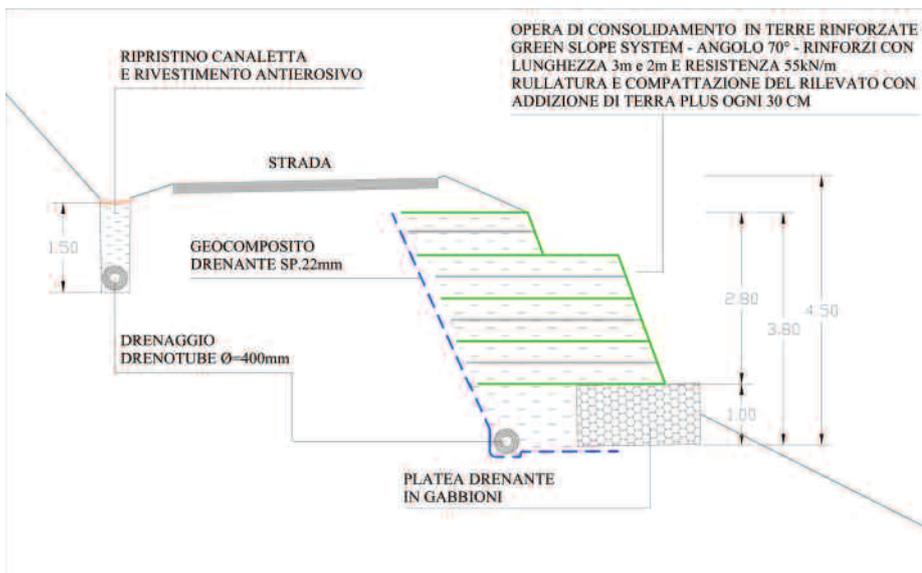


# Impiego di tecniche innovative nel consolidamento e ricostruzione del piano viabile a seguito di frane

MASSIMO SALMI, CLAUDIO GARBARI - Full Service S.r.l.



1

Si illustra l'utilizzo di una tecnica costruttiva innovativa di terre rinforzate a paramento inclinato rinverdibile e del contestuale miglioramento geo-

tecnico - in termini di portanza e di lavorabilità - delle argille utilizzate nella realizzazione del rilevato mediante utilizzo di un agente stabilizzatore ecocompatibile liquido permanente, alternativo alla addizione a calce; si rimarca infine l'importanza fondamentale del corretto drenaggio nelle opere di sostegno e consolidamento.

Il caso applicativo illustrato nell'articolo è rappresentato da una classica e frequente tipologia di frana di sottoscampa stradale, particolarmente rappresentativo dei dissesti in ambito infrastrutturale, di viabilità primaria e secondaria. Molto spesso, soprattutto in ambito di viabilità secondaria, si sviluppano dissesti di sottoscampa dovuti principalmente a: adeguamento nel tempo dell'infrastruttura mediante allargamento della carreggiata stradale con materiale di riporto di sottoscampa non adeguatamente trattato e lavorato; assenza di drenaggi e conseguente scadimento dei parametri geotecnici del rilevato; mancata manutenzione delle canalette e della regimazione delle acque superficiali e

meteoriche; piogge intense e concentrate, anche e soprattutto a seguito di lunghi periodi di scarse precipitazioni con apertura di fessurazioni da disseccamento del suolo; concomitanza dei precedenti fattori preparatori con eventi sismici.

Il dissesto interessa una strada provinciale dell'Appennino settentrionale e presenta caratteristiche morfologiche e gravitative riferibili ad una frana rototraslazionale. La frana interessa terreni di copertura pliocenici data da alternanze di litologie di natura argillo - limosa o limoso - sabbiosa, poggianti sulla parte superiore più alterata di un substrato argilloso - pelitico. All'interfaccia di passaggio tra le due litologie non è raro che si sviluppino della fasce di scollamento - a profondità mediamente variabili tra i 3 e 5 metri - dove, a causa dell'accumulo di



2



3

acque di infiltrazione, si sviluppano pressioni neutre all'interno del terreno che tendono così a "scollare" la copertura dal substrato, facendole scivolare gravitativamente verso valle. Tali fenomeni provocano inizialmente un detensionamento dell'ammasso con la rottura dell'asfalto e ulteriori infiltrazioni di acque meteoriche: ciò porta spesso ad una evoluzione del dissesto con rottura generalizzata del rilevato o di parte di esso. Questi fenomeni sono tanto più frequenti quanto ingenti si fanno gli accumuli di materiali inerti che formano il rilevato stradale. Il rilevato stradale stesso induce un sovraccarico



4 che tende a peggiorare il quadro generale di stabilità del compresso pendio/strada.

A seguito della frana, che ha interrotto la viabilità, si è intervenuti sulla ricostruzione del versante e del corpo stradale stesso attraverso la realizzazione di un rilevato armato con terre rinforzate a paramento rinverdito. La tecnologia utilizzata è data da elementi completamente preassemblati Green Slope System™. I pannelli preassemblati sono realizzati in stabilimento e giungono in cantiere con caratteristiche tecniche definite in fase di progetto, per assolvere alle specifiche prestazioni richieste dalle verifiche di stabilità statica e sismica, in ottemperanza della normativa vigente (NTC 2008 cap. 6.5: Norme da applicare a tutte le opere geotecniche atte a sostenere in sicurezza un corpo di terreno, tra questi: muri per i quali la funzione di sostegno è affidata al proprio peso ed a quello del terreno agente su di essi e strutture miste come terre rinforzate e muri cellulari). A seguito delle analisi di stabilità condotte e del modello geotecnico adottato, gli elementi in terre rinforzate giungono sul cantiere con angolo frontale scelto dal progettista (tra 50° e 80°), con lunghezza delle code di rinforzo strutturale variabili tra 2 e 8 metri lineari e resistenza a trazione compresa da 35 a 300 kN/m. Gli elementi preassemblati con geogriglie polimeriche ad elevata tenacità con marcatura CE risultano particolarmente leggeri, versatili e di grande estensione frontale (3,04 m<sup>2</sup> ciascuno). Questo permette lavorazioni di cantiere veloci e semplici e una realizzazione costruttiva ottimale. Il sistema preassemblato Green Slope System™ è formato da una coppia di reti elettrosaldate - alla base dell'elemento e sul paramento

esterno - con idonee caratteristiche di passo e rigidità connesse tra loro a formare uno snodo angolare di apertura "a libro". Lo snodo angolare semplifica il montaggio e le reti conferiscono rigidità frontale al sistema. Internamente alla rete frontale è presente un elemento in biorete di cocco - come ritentore del terreno vegetale fine - posto immediatamente dietro il paramento esterno. La biorete in fibra di cocco tessuto da 700 g/m<sup>2</sup> protegge e impedisce lo svuotamento del frontale; offre elevate prestazioni di resistenza ai raggi UV ed elevata durabilità nel tempo. E' formata interamente da fibre vegetali naturali intrecciate a trama/ordito a maglia aperta per favorire - attraverso l'effetto grimpante - l'adesione dell'idrosemina rendendone massima l'efficacia. La fibra di cocco naturale - contrariamente alle fibre sintetiche - agisce come idroritentore, migliorando la germinazione e lo sviluppo vegetazionale. Altri materiali di ritenzione frontali sono possibili, come ad esempio biostuoie in fibre di legno, biostuoie ignifugate o preseminate.

Nello specifico caso applicativo la terra rinforzata a 70° di angolo - con

code strutturali di ancoraggio di lunghezza 4 metri e resistenza nominale a rottura pari a 55 kN/m - è stata fondata su una platea drenante in gabioni e drenata a tergo - all'interfaccia tra rilevato e terreno in posto - con un geocomposito drenante tridimensionale di 22 mm di spessore steso in parete. Le acque convogliate da questi elementi drenanti sono state raccolte a tergo da una trincea drenante preassemblata Drenotube® con riempimento in polistirolo (in sostituzione della classica trincea tessuto + ghiaia + tubo). Questo drenaggio innovativo - con marcatura CE - comprende un tubo corrugato fessurato a doppia parete circondato da un volume di particelle sintetiche in EPS, che sostituisce la ghiaia. Il materiale drenante è trattenuto da un geotessile non tessuto in polipropilene agugliato che agisce da filtro/separatore. Tutto il sistema preassemblato è contenuto da una rete romboidale plastica fles-

1. Sezione tipologica intervento
2. inizio lavori
3. Dreno a monte strada
4. Prosecuzione lavori
5. Posa di elemento terre armate



sibile in polipropilene. Il peso ridotto di Drenotube® ha facilitato notevolmente il trasporto e la movimentazione in cantiere; l'installazione è stata rapida e semplice; l'estrema leggerezza ha evitato qualunque rischio per gli operai e la movimentazione dell'intero drenaggio è stata svolta da un solo operatore. Ogni elemento della trincea preassemblata è stato montato molto facilmente grazie al connettore esterno all'estremità del dreno. Drenotube® è fabbricato utilizzando in larga parte materiali riciclati ed è completamente riciclabile e sicuro per l'ambiente; non rilascia sostanze nelle acque e non soffre di invecchiamento per idrolisi o calcificazione del nucleo drenante. Il drenaggio è testato in condizioni di reale utilizzo

6 fino ad una pressione equivalente di 160 kPa (equivalente ad una  $\sigma_v$  pari a circa 8 metri di terreno). Rispetto al tradizionale drenaggio con ghiaia, il sistema Drenotube® è ecocompatibile in quanto evita lo sfruttamento di centri estrattivi di inerti e cave, preservando il paesaggio. Riduce i volumi di scavo e l'impiego superfluo di mezzi per movimento terra risparmiando emissioni di CO<sub>2</sub>. Al fine di abbattere efficacemente le acque di infiltrazione è stato realizzato, a monte, parallelamente all'asse stradale, un ulteriore drenaggio Drenotube® alla profondità di due metri e ripristinata l'efficienza idraulica della canaletta attraverso pulizia e stesa di materiale antierosivo; tutto il sistema di drenaggio è stato successivamente convogliato e le acque allontanate a valle.

La presenza in sito di materiale terrogeno con forte tenore argilloso (A6-A7 ASSHTO-CNR UNI10006), e l'esigenza di riutilizzarlo in posto hanno portato alla necessità di considerare tecniche per il miglioramento dei parametri geotecnici delle argille. E' stato quindi utilizzato il prodotto tecnico Terra Plus, uno stabilizzatore permanente di argille che, grazie ad una reazione di scambio ionico, forma uno strato impermeabile attorno ai minerali che compongono l'argilla. Questa reazione è permanente e quindi il risultato ottenuto è che l'argilla perde la sua naturale affinità per l'acqua mantenendo stabilità anche in condizioni di bagnato.

Il Terra Plus è stato applicato per

## 6. Applicazione Terra Plus su materiali argillosi

### 7. Opera a fine lavori



6 semplice aspersione sopra ogni strato di rilevato da 30 centimetri prima della compattazione - in ragione di 8/10 millilitri diluiti in 2,5 litri di acqua per metro quadrato per ogni strato. Questo trattamento ha permesso di rendere immediatamente lavorabili le argille per rullatura e compattazione, aumentandone la portanza e la possibilità di un adeguato addensamento. Esperienze di cantiere nell'applicazione di questo prodotto per argille hanno messo in evidenza un aumento fino a 9/10 volte dell'indice CBR su una argilla A6 (Tabella AASHTO 10006-A6) portandola da un indice iniziale pari a 13 MPa, a 60 MPa dopo 48 ore fino a 111 MPa, misurate con prove in sito, dopo 10 giorni. L'agente stabilizzatore ha fornito tempi di maturazione estremamente rapidi e progressioni di aumento di resistenza per compressione sorprendentemente elevati. La formulazione liquida rende l'utilizzo semplice e l'ambiente di lavoro salubre senza polveri in cantiere, inoltre - a differenza delle classiche tecniche di addizione a calce - non si

verificano reazioni chimiche fortemente alcalinizzanti ( $pH > 12$ ) che possono indurre danneggiamenti a carico degli elementi strutturali. La diffusa copertura vegetativa sul paramento della terra rinforzata rappresenta un elemento di integrazione ambientale e paesaggistica e soprattutto un fondamentale elemento strutturale che, nel lungo periodo, preserva dallo svuotamento della terra dal frontale dell'opera a causa del dilavamento meteorico.

In conclusione l'esperienza ha evidenziato quanto possa essere risolutivo e vincente un approccio tecnico d'insieme che prenda in esame tutti i componenti dei sistemi geotecnici applicati e le loro reciproche interazioni. Tale approccio, seppur basato su concetti progettuali ormai consolidati, attuati però attraverso tecnologie innovative ed ecocompatibili ha consentito la realizzazione di opere "complessive" in cui ogni componente collabora a migliorare il comportamento degli altri; ne risultano interventi fortemente resilienti, efficaci, duraturi ed ecocompatibili.

