



*I meccanismi e le modalità dei geosintetici
nell'azione di rinforzo e di stabilizzazione della sovrastruttura stradale*

GEOTESSILI TESSUTI IN POLIPROPILENE PER LA STABILIZZAZIONE DI STRADE SU TERRENI SOFFICI

Pietro Rimoldi*
Lorenzo Frigo**

Ogni volta che è necessario realizzare un rilevato su terreni con bassa capacità portante si deve creare uno strato di base con adeguate proprietà meccaniche (c' , ϕ' , γ) e idoneo spessore (h) al fine di ripartire il carico. Per poter progettare lo strato di base occorre innanzitutto considerare i possibili meccanismi di collasso e le modalità con cui i geosintetici contribuiscono all'azione di rinforzo e di stabilizzazione della sovrastruttura stradale.

Un rilevato o una base stradale si considera giunto a collasso quando i suoi cedimenti siano tali da non consentire l'esercizio del medesimo. Il collasso della struttura può avvenire per:

- ◆ l'applicazione di un carico concentrato eccedente la capacità portante della fondazione;
- ◆ l'accumulo di deformazioni permanenti di tipo plastico che, sommandosi, provocano cedimenti complessivi incompatibili con la vita dell'opera;
- ◆ lo sviluppo di deformazioni di notevole entità provocate da rottura a taglio della struttura.

A seconda delle scelte del Progettista, un geosintetico può consentire di:

- ◆ ridurre lo spessore h dello strato di base (a parità di c' , ϕ' , γ e di numero di cicli);
- ◆ aumentare la vita utile della struttura (a parità di spessore h , c' , ϕ' , γ);
- ◆ ridurre la qualità del materiale necessario (a parità di numero di cicli e di spessore h).

Un geosintetico di rinforzo migliora così le proprietà dello strato di base:

- ◆ riduce le deformazioni orizzontali (l'incastro e l'attrito delle particelle di terreno con il geosintetico limitano il deterioramento e allo stesso tempo preservano lo spessore dello strato);
- ◆ evita la contaminazione (limitata possibilità di formazione di fratture nella parte inferiore dello strato di base);
- ◆ evita la perdita di resistenza del materiale (attraverso una riduzione delle deformazioni; questo meccanismo è più importante se il materiale è di bassa qualità).



Figura 1 - Un geosintetico di rinforzo può cambiare le condizioni al contorno del sottofondo, migliorandone le prestazioni

Un geosintetico di rinforzo può cambiare le condizioni al contorno del sottofondo, migliorandone le prestazioni attraverso:

- ◆ l'azione di confinamento;
- ◆ la distribuzione del carico;
- ◆ l'effetto della membrana tesa;
- ◆ la funzione di separazione.

I geotessili tessuti in polipropilene Propex

I prodotti Propex sono una famiglia di geotessili tessuti in polipropilene, appositamente studiati per applicazioni nel settore delle costruzioni civili nonché nei lavori di bonifica, di sterro, di drenaggio, di rinforzo dei terreni e di protezione contro le erosioni.

Essi permettono di scegliere fra una gamma di prodotti con resistenze a trazione che vanno da 15 kN/m a 150 kN/m (Figura 2). Sono costituiti da bande di polipropilene stabilizzato ai raggi ultravioletti per poter resistere all'irraggiamento solare e agli ambienti più aggressivi. Alcuni tipi sono dotati di una buona permeabilità verticale all'acqua.



Figura 2 - I geotessili tessuti polipropilene Propex



In particolare, nelle applicazioni di rinforzo di base possono essere utilizzati per:

- ◆ la realizzazione di ripartitori di carico: l'appoggio su materiali a diversa rigidità, per esempio nei rilevati su pali;
- ◆ le strade non pavimentate: la riduzione dello spessore di stabilizzato necessario (Figura 3);
- ◆ le strade pavimentate: l'eliminazione di fenomeni di fessurazione;
- ◆ i rilevati su suolo compressibile: l'aumento della capacità portante.

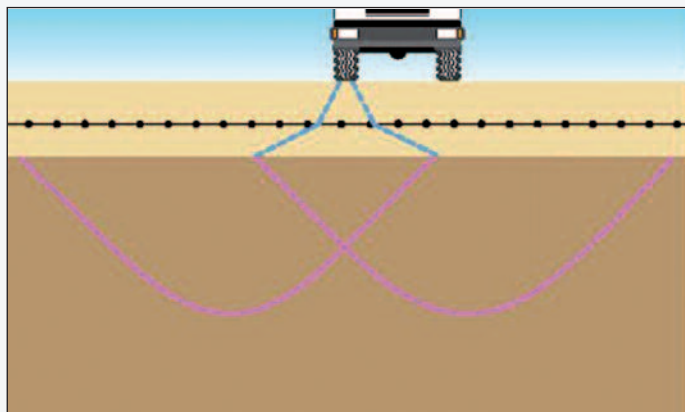


Figura 3 - L'introduzione di un geosintetico di rinforzo consente di aumentare l'ampiezza dell'angolo di distribuzione del carico

I rilevati rinforzati su terreni molto soffici

Per la stabilizzazione di rilevati rinforzati su terreni molto soffici è possibile utilizzare due categorie di tecniche:

- ◆ l'uso del rinforzo per controllare le condizioni di stabilità;
- ◆ l'uso del rinforzo come parte di un sistema per il controllo delle condizioni di stabilità e per la limitazione dei cedimenti.

Nel secondo caso, la limitazione dei cedimenti è ottenuta per mezzo di pali o di altri metodi di stabilizzazione profonda (deep mixing, colonne di ghiaia, jet grouting, ecc.) e un geosintetico di rinforzo viene steso sulle teste dei pali o delle colonne per limitare i cedimenti tra un palo e l'altro, distribuire il carico e prevenire i meccanismi di rottura che coinvolgono le colonne di stabilizzazione profonda. La resistenza a trazione per i geosintetici di rinforzo può variare da 50 kN/m a 1.000 kN/m.

I geotessili tessuti Propex, con resistenze a trazione fino a 150 kN/m, elevatissimo modulo elastico ma di costo contenuto, costituiscono la miglior soluzione tecnica ed economica nella maggior parte dei casi di interesse pratico.

Un esempio di impiego del geotessuto con funzione di rinforzo sull'Autostrada A31, nel tronco Vicenza-Rovigo

Il progetto di completamento a Sud dell'Autostrada A31 è stato redatto dalla GIRPA SpA (Mandataria), Studio di Ingegneria Idroesse, RPA SpA, Typsa S.A. - Studio Valle Progettazioni - Metropolitana Milanese SpA, Norconsult - Pool Infrastrutture Srl, Proger SpA, Silec SpA e commissionato dalla Società Autostrade BS-VR-VI-PD SpA. Grazie alle analisi geotecniche eseguite in sito e in laboratorio - riportate nella relazione geotecnica redatta per la progettazione esecutiva (dalla quale sono state prese le seguenti informazioni) -, in modo unitario e dettagliato sono stati caratterizzati i terreni di fondazione interessati dall'intera tratta, richiamando ed esaminando le problematiche geotecniche connesse alla realizzazione della linea: fondazioni delle opere d'arte, verifiche di stabilità dei rilevati, stima

dei cedimenti e loro decorso nel tempo, interventi da realizzare in corrispondenza dei piani di imposta (bonifiche, uso di geotessuti), inclusi i miglioramenti dei terreni di fondazione finalizzati ad assicurare la stabilità dell'opera o a ridurre i cedimenti. Il progetto è stato eseguito in ottemperanza alla Ordinanza n° 3274 del 20.03.2003 nonostante, per quanto riguarda le opere d'arte principali e in accordo alla prescrizione della Commissione VIA, si utilizzi la seconda categoria sismica della vecchia Normativa (D.M. 16.01.1996). Il tracciato del completamento inizia in corrispondenza dello svincolo di interconnessione con l'Autostrada A4 e termina in prossimità dello svincolo con la S.S. 434 "Transpolesana", per uno sviluppo totale di circa 54 km. La nuova tratta si sviluppa essenzialmente in rilevato, con alcune opere d'arte principali (viadotti) per il superamento delle interferenze con il reticolo idrografico e altre minori (cavalcavia, sottovia) connesse con la viabilità secondaria.

Da un punto di vista geotecnico, una notevole variabilità stratigrafica, longitudinale e trasversale è la peculiarità intrinseca del tracciato, che risulta caratterizzato da una continua alternanza "caotica" di sabbie, limi e argille.

Tale andamento stratigrafico è spiegabile con le diverse condizioni di deposizione dei corsi d'acqua che interessano il tracciato. I sedimenti potevano quindi essere suddivisi in tre grandi categorie: depositi a tessitura prevalentemente sabbiosa, depositi a tessitura prevalentemente limosa e depositi a tessitura prevalentemente argillosa. Considerando l'evoluzione geologica dei terreni in oggetto, era evidente che - esclusi sporadici episodi di sovraconsolidazione superficiale per essiccazione - per lo spessore interessato dalle opere di progetto le alluvioni quaternarie erano costituite da depositi argillosi e limo argillosi a bassa permeabilità in una fase di normale consolidazione.

Il progetto ha quindi previsto una serie di interventi sul piano di posa di alcuni tratti dei nuovi rilevati autostradali, ritenuti necessari per assicurare, in ogni caso e in ogni fase di lavoro, il rispetto dei coefficienti di sicurezza minimi richiesti per le analisi di stabilità o per permettere che il decorso nel tempo dei cedimenti si esaurisse in tempi omogenei e prefissati lungo tutto il tracciato.

Nei tratti maggiormente esposti a rischio, tanto per cedimenti significativi quanto per possibili rotture del piano di posa del rilevato - ove le valutazioni di stabilità effettuate hanno indicato un grado di sicurezza inferiore a quello richiesto - è stato quindi previsto un intervento di consolidamento volto a migliorare le caratteristiche meccaniche dei terreni in posto, in termini di resistenza e di deformabilità: sono stati progettati trattamenti colonnari di stabilizzazione profonda (con tecnologia tipo "deep mixing", ossia miscelazione in profondità con leganti, a secco o per via umida, senza asportazione di terreno), abbinati a rinforzi di ripartizione con geotessile tessuto di resistenza a trazione pari a $T = 100$ kN/m in entrambe le direzioni (tipo il Propex 6088 fornito dalla Geosintex).

Grazie alla presenza del trattamento, i valori di cedimento finale sono stati raggiunti in modo più uniforme e con tempi di evoluzione alquanto inferiori rispetto a quelli del terreno naturale, a parità di geometrie ed entità dei carichi. Per soddisfare le caratteristiche prestazionali richieste (in termini di deformabilità) per il rilevato autostradale tipo in progetto è stato previsto dai Progettisti un pacchetto di scotico/bonifica così composto:

- ◆ per rilevati di altezza inferiore o uguale ai 2 m (Figura 4):
 - ◆ uno scavo di circa di 80 cm, per altezze di rilevato inferiori a 1,40 m e di circa 40 cm per altezze di rilevato maggiori o uguali a 1,40 m;



- ◆ un consolidamento superficiale (circa 30 cm) del piano di posa, mediante stabilizzazione a calce al 3% in peso (scarificazione, spandimento, miscelazione e rullatura/finitura);
- ◆ la stesa di un geotessile tessuto in polipropilene tipo Propex 6088;
- ◆ un cassonetto di bonifica (materiali A1 e A2-4) fino al piano campagna originario;
- ◆ il corpo del rilevato con terre tipo A1 e/o A2-4.
- ◆ per rilevati di altezza superiore ai 2 m (Figura 5):
 - ◆ trattamenti colonnari di stabilizzazione profonda con tecnologia tipo "deep mixing";
 - ◆ uno scavo di circa 50 cm dal piano campagna originario;
 - ◆ stesa di un geotessile tessuto in polipropilene di resistenza a trazione pari o maggiore di 100 kN/m;
 - ◆ un cassonetto di bonifica (materiali A1 e A2-4) fino al piano campagna originario;
 - ◆ stesa di un geotessile tessuto in polipropilene di resistenza a trazione pari o maggiore di 100 kN/m;
 - ◆ uno strato con funzione anticapillare;
 - ◆ il corpo del rilevato con terre tipo A1, A2-4, A2-5, A2-6.

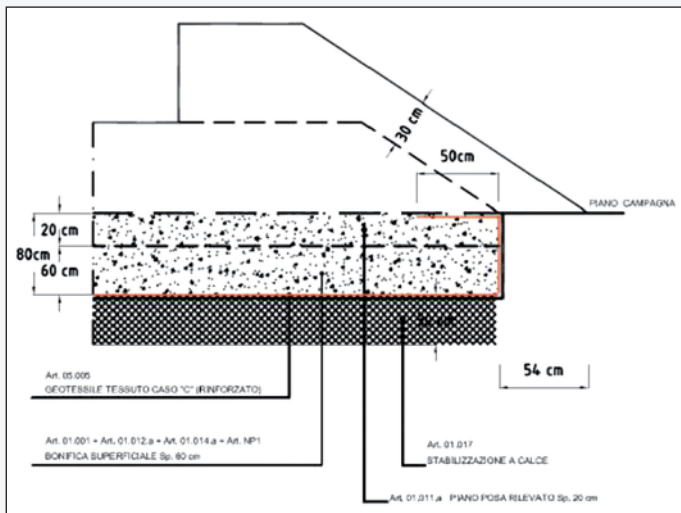


Figura 4 - Sezione tipo per rilevati di altezza inferiore o uguale a 2,0 m

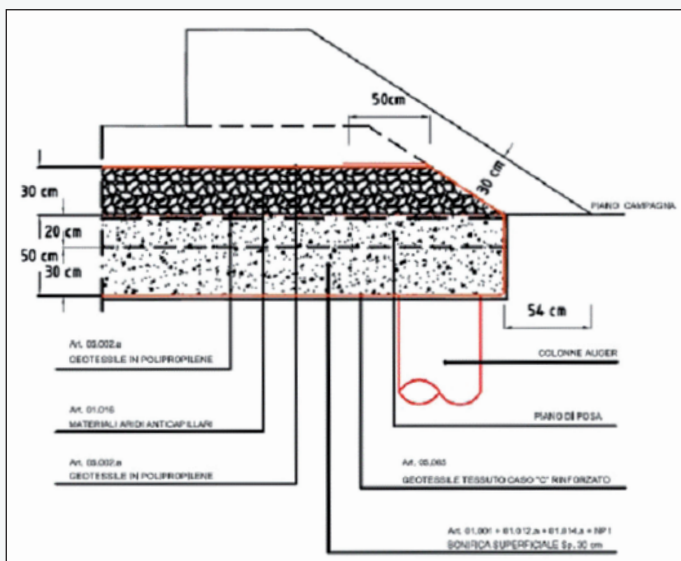


Figura 5 - Sezione tipo per rilevati di altezza superiore a 2,0 m con trattamenti colonnari di stabilizzazione profonda tipo "deep mixing"

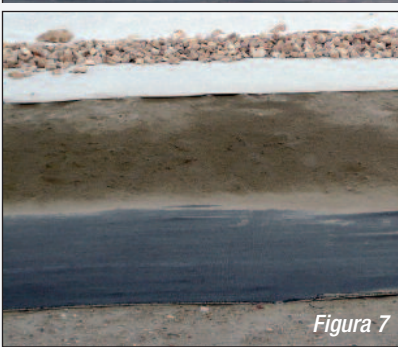


Figura 8

Figura 7

sona dell'inerte al di sopra del geotessile (Figura 8).

* *Ingegnere Civile e Idraulico della World Tech Engineering Srl*

** *Ingegnere Civile e Geotecnico della Geosintex Srl*

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Autostrada A31 Valdastico, Tronco Vicenza-Rovigo - Elaborato "Rilievi studi e indagini - Geotecnica - Relazione Geotecnica".
- [2]. Convegno AGI - IGS Val di Peio, Atti, 12 Luglio 2007.
- [3]. Giornate di Studio - "L'impiego dei geosintetici nella realizzazione degli interventi infrastrutturali e delle opere di difesa e tutela ambientale", Venezia, 22-23 Maggio 2008.

Ringraziamenti

La Geosintex Srl desidera ringraziare i Progettisti e la Società Autostrade BS-VR-VI-PD SpA per la disponibilità accordata e il materiale dell'opera qui descritta fornito.

Si precisa che parte del presente articolo è stata tratta dalla corposa ed esaustiva relazione tecnica che accompagna il progetto e che è stata gentilmente concessa su autorizzazione di Autostrade BR-VR-VI-PD SpA, Committente e Concessionario di ANAS SpA.