



Nel Comune di Anfo (BS), una nuova rotatoria con la tecnica delle terre rinforzate. Il fronte a monte della strada è stato interamente rafforzato con le geogriglie Viganò Pavitex

LE GEOGRIGLIE PAVIROCK TVP PER IL RINFORZO DEI TERRENI

Laura Sala*

Si chiama Pavirock TPV il prodotto che ha permesso di realizzare le terre rinforzate per la riorganizzazione della viabilità all'altezza del km 47+800 lungo l'ex Strada Statale 237 "Del Caffaro", nel comune di Anfo, per conto dell'Amministrazione Provinciale di Brescia, punto in cui è stata realizzata la nuova rotatoria situata a Sud del centro abitato.

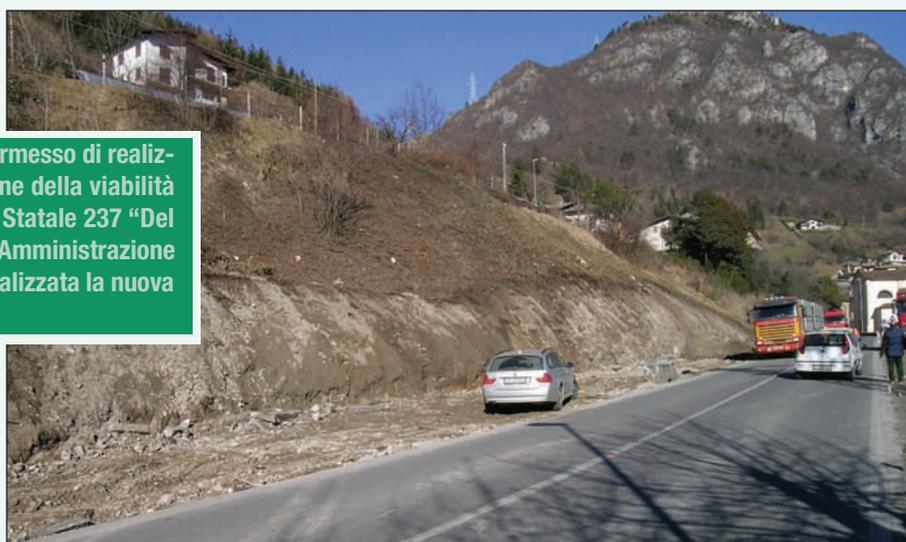
L'intervento

L'intervento viabilistico ha richiesto l'arretramento della scarpata a monte con la conseguente realizzazione di un muro di controripa in terra rinforzata dell'altezza di oltre 20 m.

L'opera è stata realizzata utilizzando il Pavirock TPV, geogriglia prodotta da Viganò Pavitex di Curno (BG) e utilizzata come rinforzo del terreno, in diverse tipologie di resistenza.

Nella tabella seguente è possibile osservare le otto differenti varianti del Pavirock disponibili.

In generale la geogriglia Pavirock TPV è utilizzata come elemento di



rinforzo del terreno, per realizzare manufatti in terra con pendenze molto elevate, di altezza notevole e di basso impatto ambientale. In questo modo è possibile eseguire opere di sostegno di strade, ferrovie, piazzali, giardini oppure bonifiche di frane, argini fluviali e barriere antirumore.

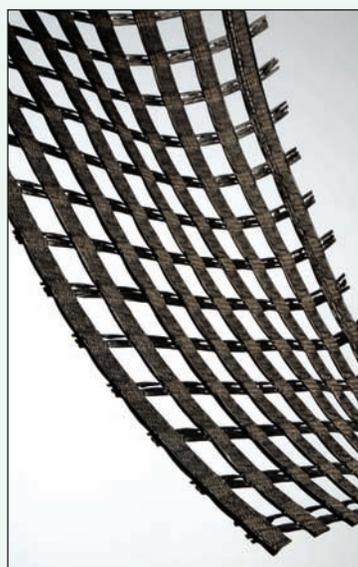


TABELLA RIEPILOGATIVA: Rev 20070501
DESCRIZIONE: Geogriglia tessuta (GGR)
COMPOSIZIONE: Poliestere con rivestimento in PVC nero

CARATTERISTICHE FISICHE		20/20	35/20	55/30	80/30	110/30	150/30	200/30	300/30	NORMA
Apertura della maglia	mm	20 x 20	15 x 15							
CARATTERISTICHE MECCANICHE										
Resistenza a trazione longitudinale MD	kN/m	21	41	60	88	114	156	212	325	EN ISO 10319
Resistenza a trazione trasversale CMD	kN/m	21	21	31	31	33	33	33	46	EN ISO 10319
Allungamento a carico max MD	%	12,0	12,0	11,1	10,2	10,8	11,9	9,4	12,8	EN ISO 10319
Allungamento a carico max CMD	%	12,0	12,0	11,3	9,9	11,8	11,3	11,3	9,7	EN ISO 10319
PARAMETRI CARATTERISTICI										
Resistenza a trazione MD al 2% di allungamento	kN/m	3,2	6,2	9,0	13,2	17,1	23,4	31,8	48,8	EN ISO 10319
Resistenza a trazione MD al 5% di allungamento	kN/m	7,4	14,4	21,0	30,8	39,9	54,6	74,2	113,8	EN ISO 10319
Coefficiente di riduzione per danneggiamento meccanico @ CL	RF _{CL}	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	BS 8006
Coefficiente di riduzione per danneggiamento meccanico @ SP	RF _{SP}	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	BS 8006
Coefficiente di riduzione per danneggiamento meccanico @ GC	RF _{GC}	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	BS 8006
Coefficiente di riduzione per danneggiamento meccanico @ GM	RF _{GM}	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	BS 8006
Coefficiente di riduzione per danneggiamento meccanico @ GP	RF _{GP}	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	BS 8006
Coefficiente di riduzione per danneggiamento meccanico @ GW	RF _{GW}	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	BS 8006
Coefficiente di riduzione per danneggiamento chimico	RF _{CH}	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	BS 8006
Coefficiente di riduzione per il comportamento al creep	RF _{CR}	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	GRI TESTING
Coefficiente di riduzione per la resistenza delle giunzioni	RF _J	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	GRI TESTING

NOTE
Sono indicati i valori medi ottenuti dalla elaborazione statistica delle prove di laboratorio eseguite sui singoli prodotti.
Il livello di confidenza dei dati è del 95% (ISO 2602), in accordo con le tolleranze espresse sulle schede di marcatura CE.
Altre informazioni sono disponibili nelle schede tecniche dei singoli prodotti.

La tabella riepilogativa dei valori caratteristici del Pavirock TPV



L'elevata resistenza di questa geogriglia, unita alla flessibilità del sistema di costruzione, permette di eseguire opere stabili, durevoli e molto resistenti alle azioni sismiche. Le opere possono quindi sviluppare le geometrie più idonee al cantiere, mostrando un aspetto sempre gradevole e ben inserito nella natura circostante.

Inoltre, in funzione della geometria dell'opera, delle caratteristiche dei terreni e di alcuni altri parametri di progetto, è possibile determinare la resistenza a trazione da richiedere alla geogriglia e la sua lunghezza di ancoraggio.



La scelta della Pavirock TPV è stata supportata da considerazioni tecniche relative alla qualità del prodotto: essa infatti, oltre che da elevate resistenze a trazione e bassi allungamenti a rottura, è caratterizzata da un elevato modulo elastico che consente al prodotto di offrire buoni contributi di resistenza già alle basse deformazioni e da un ottimo comportamento alla durabilità. Per quest'ultimo aspetto si apprezzano i valori particolarmente bassi dei coefficienti di riduzione al creep, al danneggiamento meccanico e al danneggiamento ambientale (chimico e biologico) che è sempre necessario applicare nel progetto di un'opera in terra rinforzata.

Anche gli aspetti fisici della geogriglia sono importanti: la grande larghezza dei rotoli ha permesso una posa in opera particolarmente ve-

loce e con sfridi contenuti, la flessibilità del foglio ha reso più facile l'applicazione anche in corrispondenza dei risvolti, l'apertura della maglia ha consentito un ottimo incastro delle particelle di terreno con la tipica azione cerchiante che solo una geogriglia può dare.

Tornando al progetto specifico del comune di Anfo, il Dipartimento dei Lavori Pubblici della Provincia di Brescia ha avuto la necessità di creare spazio utile a realizzare la nuova rotonda e ha chiesto al Geol. Federico Mori, tramite l'Impresa appaltatrice, di compiere un'analisi di stabilità del sito, che il Professionista ha svolto attraverso uno studio geologico-tecnico effettuato in collaborazione con l'Ufficio Tecnico della Viganò Pavitex.

Al termine dello studio si è deciso di intervenire con l'arretramento della scarpata a monte e la relativa progettazione di un muro di 20,20 m composto da tre bancate.

La prima e la seconda alte 7,20 m e la terza alta 6 m, tutte con un'inclinazione di 72° e realizzate con strati misti granulari di spessore da 60 cm alla base dei quali è stata inserita la geogriglia di rinforzo necessaria alla stabilità.

L'indagine geotecnica, svolta attraverso un rilievo geologico integrato con scavi geognostici e prove penetrometriche dinamiche, ha permesso di attribuire ai terreni presenti in loco un angolo di attrito pari a 34°, coesione a lungo termine nulla e peso volume di 20,0 kN/m³. Gli altri parametri di calcolo adottati sono stati un coefficiente di accelerazione sismica orizzontale di $K_h = 0,04$, in accordo con quanto indicato nel Decreto Ministeriale del 16.01.1996 per le zone di terza categoria sismica, un parametro della pressione interstiziale pari a zero in accordo con la scelta di realizzare a tergo dell'opera idoneo drenaggio.

Il dimensionamento dell'opera

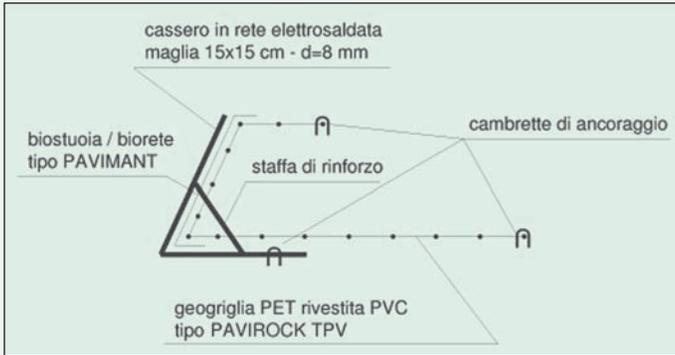
Il dimensionamento dell'opera è condotto a partire dalle geometrie previste dal progetto e dalla valutazione dei parametri meccanici del terreno con il codice di calcolo americano Reslope[®] basato sull'algoritmo di Leschinsky, che sviluppa la teoria dell'equilibrio limite globale.

Il programma risolve le seguenti verifiche:

- ◆ verifica di stabilità interna per sfilamento delle geogriglie (pullout);
- ◆ verifica di stabilità interna per rottura delle geogriglie con superfici interne (tieback);
- ◆ verifica di stabilità interna per rottura delle geogriglie con superfici miste (compound);
- ◆ verifica di stabilità esterna per scivolamento diretto (direct sliding);
- ◆ verifica di stabilità esterna per scorrimento rotazionale nell'intorno dell'opera (Bishop).

La stabilità globale per valutare gli effetti dell'introduzione dell'opera nel contesto generale del pendio è stata verificata con il metodo di Bishop utilizzando un diverso programma di calcolo. Al fine di determinare la stabilità globale della porzione di versante sul quale insisterà l'opera prevista, è stata eseguita la verifica di stabilità globale nelle condizioni di equilibrio limite sulla sezione più rappresentativa della situazione presente, inserendo nel calcolo l'intervento proposto con l'incremento di carico che questo determina, ricercando le possibili superfici di rottura nell'intervallo che va dalla zona a monte dell'opera alla sede stradale.

Il coefficiente di sicurezza "Fs" ottenuto dopo l'introduzione dell'opera in terra rinforzata in corrispondenza delle superfici di rottura ipotizzate è sempre stato superiore alle richieste di legge. La verifica dell'opera è risultata positiva applicando geogriglie Pavirock TPV con resistenza a trazione variabile tra 55 e 200 kN/m e con lunghezze di ancoraggio variabili tra 4,00 e 7,20 m.



Le fasi di posa in opera

La preparazione dello scavo di sbancamento

Lo scavo di sbancamento va preparato in funzione dei valori di lunghezza di ancoraggio e di inclinazione indicati nel foglio di dimensionamento: il terreno di fondazione deve essere stabile e compatto; è comunque buona norma immergere per almeno 30 cm il primo cassero nel terreno di sottofondo o realizzare un saccone di fondazione in terreno granulare rinforzato; il terreno che costituisce la scarpata dovrà essere in grado di sopportare a breve termine le pendenze richieste dal progetto. Se sono previsti drenaggi a tergo dell'opera, è bene posizionarne gli elementi al termine della fase 1.

Il posizionamento del cassero

Il cassero ha la funzione di sorreggere il terreno di riempimento durante la fase di compattazione: può essere in tondino di ferro (a perdere) oppure composto da tubi tipo Innocenti e tavole di legno (a recuperare); il cassero a perdere è il più comune ed è composto da una rete metallica in tondino di ferro da 8-10 mm di diametro con maglie di 15 x 15 cm, sagomata con l'inclinazione prevista dal progetto: l'altezza del cassero è funzione dell'inclinazione prevista: il cassero va fissato al terreno mediante picchetti di lunghezza utile non inferiore a 25 cm nella misura non inferiore a 1 ogni metro. E' anche utile infilare sui ferri del cassero sporgenti in sommità un tubo in PVC o in metallo tagliato per evitare che i ferri stessi possano infilarsi nelle maglie dei geosintetici.

La stesura della geogriglia

La geogriglia è il vero elemento di rinforzo del terreno: il suo dimensionamento è finalizzato a calcolare la lunghezza di ancoraggio L_2 e la resistenza a trazione T che dipendono dalla geometria dell'opera, dalle caratteristiche meccaniche dei terreni e dalla distribuzione dei sovraccarichi di progetto. La geogriglia va tagliata a misura in pannelli di lunghezza $L_2 = +2,30$ m, va posata sul fondo dello strato con la direzione di massima resistenza a trazione parallela alla sezione trasversale dell'opera, partendo dall'interno dell'opera a una distanza pari a L_a e procedendo verso il fronte; va fissata alle estremità con picchetti in tondino di ferro di lunghezza utile superiore a 25 cm, nella misura di sei per ogni telo (due all'estremità inferiore, due sul cassero, due all'estremità superiore). In sommità la geogriglia va ripiegata temporaneamente verso l'esterno del cassero. I teli contigui vanno sormontati per almeno 10 cm.

La stesura della biostuoia

Sul paramento di facciata dell'opera deve essere posizionata una geostuoia sintetica o una biostuoia in juta, cocco, paglia o fibre miste, con la funzione di trattenere il terreno fine e fornire all'idrosemina un supporto su cui germogliare: la biostuoia deve essere ripiegata per almeno 10 cm sia alla base sia alla sommità dello strato; anche i teli contigui devono sormontarsi per almeno 10 cm.

Il fissaggio della staffa di rinforzo

Dopo la stesura della geogriglia e della biostuoia, va fissata una staffa di rinforzo in tondino di ferro analogo a quello usato per il cassero, per evitare l'apertura del cassero sotto le pressioni che si svilupperanno nella fase di compattazione: è buona norma inserirne in ogni cassero almeno una ogni 60 cm.

La posa in opera del terreno di riempimento

Il terreno di riempimento dovrà avere caratteristiche di resistenza al taglio conformi a quanto indicato nel foglio di dimensionamento; andrà steso in strati da 20 cm circa e compattato con rulli di adeguato peso fino a ottenere l'altezza dello strato prevista: sarà necessario porre attenzione a non utilizzare rulli di peso eccessivo per non deformare il cassero; nella zona più vicina al fronte bisognerà aver cura di posare uno spessore di almeno 20 cm di terreno adatto alla crescita della vegetazione.

Il risvolto in sommità della biostuoia e della geogriglia

Raggiunta l'altezza prevista dal progetto si devono rivoltare verso l'interno la geogriglia e la biostuoia che erano state temporaneamente rivoltate sul cassero avendo cura di stenderle bene, va fissata alle estremità con chiodi in tondino di ferro di lunghezza utile non inferiore a 25 cm, come indicato in precedenza.

Dopo la fase 7 è possibile procedere alla preparazione di un nuovo strato in sommità, ripartendo dalla fase 2 e procedendo fino all'altezza indicata in progetto.

La Ditta appaltatrice ha realizzato l'opera seguendo le sette fasi di posa indicate.



Conclusioni

L'impiego del Pavirock TPV applicato alla tecnica delle terre rinforzate rinverdibili ha permesso di realizzare un'importante opera di sostegno che si è resa essenziale per creare lo spazio occorrente alla costruzione della nuova rotatoria, con una tecnica che offre garanzie di stabilità e di durabilità, un facile approccio progettuale, una veloce posa in opera, un contenimento dei costi e un gradevole impatto ambientale. ■

* Ufficio Stampa della Viganò Pavitex SpA