



La S.S. 51 "di Alemagna" in località Termine di Cadore (BL), in corrispondenza del tratto compreso tra il km 63+090 e il km 63+163, è stata interessata da un crollo parziale del muro in pietra di sottoscarpa

## RIPRISTINO CON TERRE RINFORZATE DI UN TRATTO FRANATO SULLA S.S. 51 "DI ALEMAGNA"

Davide Pistolato\*  
Luis Eduardo Russo\*\*  
Alberto Simini\*\*

Nella primavera del 2004 un tratto della Strada Statale 51 "di Alemagna" è stata interessata da un crollo parziale del muro in pietra di sottoscarpa, causando il cedimento di parte della sede stradale e costringendo di conseguenza l'ANAS a deliberarne la chiusura attivando una procedura di somma urgenza per il risanamento dell'arteria stradale stessa.

Il tratto interessato dal fenomeno franoso è stato oramai da qualche anno by-passato da una variante che ne ha fortemente ridotto il numero di veicoli in transito.

Prima della realizzazione della variante in galleria, l'arteria, che collega Ponte nelle Alpi a Cortina d'Ampezzo, è stata per molti anni percorsa da un traffico molto intenso e pesante, sia di tipo locale, legato alle attività lavorative, sia correlato agli spostamenti turistici.



Vista panoramica a intervento ultimato



Il piano di imposta della terra rinforzata e la vista della frana

Attualmente, nel corso dei periodici interventi di manutenzione della galleria, tutto il traffico stradale è nuovamente deviato lungo il vecchio tracciato che deve quindi essere in grado di sopportare grossi volumi di traffico con elevati standard di sicurezza.

Le cause che hanno portato al cedimento di parte del muro di sostegno della strada sono da individuarsi in forti infiltrazioni d'acqua provenienti sia dal piano viabile sia dal terreno roccioso a tergo del muro. Inoltre, a causa di temporanei eventi di piena del vicino fiume Piave, si erano anche verificati fenomeni erosivi al piede del muro che ne hanno ulteriormente compromesso la stabilità.

Circa quindici anni fa, cause analoghe avevano provocato il crollo del muro di sottoscarpa preesistente e di parte della sede stradale in una zona adiacente a quella recentemente franata. In quella circostanza, il risanamento fu effettuato realizzando un muro in cemento armato - tutt'ora di forte impatto visivo nell'ambiente circostante - che richiese lunghi tempi di esecuzione con conseguenti disagi alla circolazione.

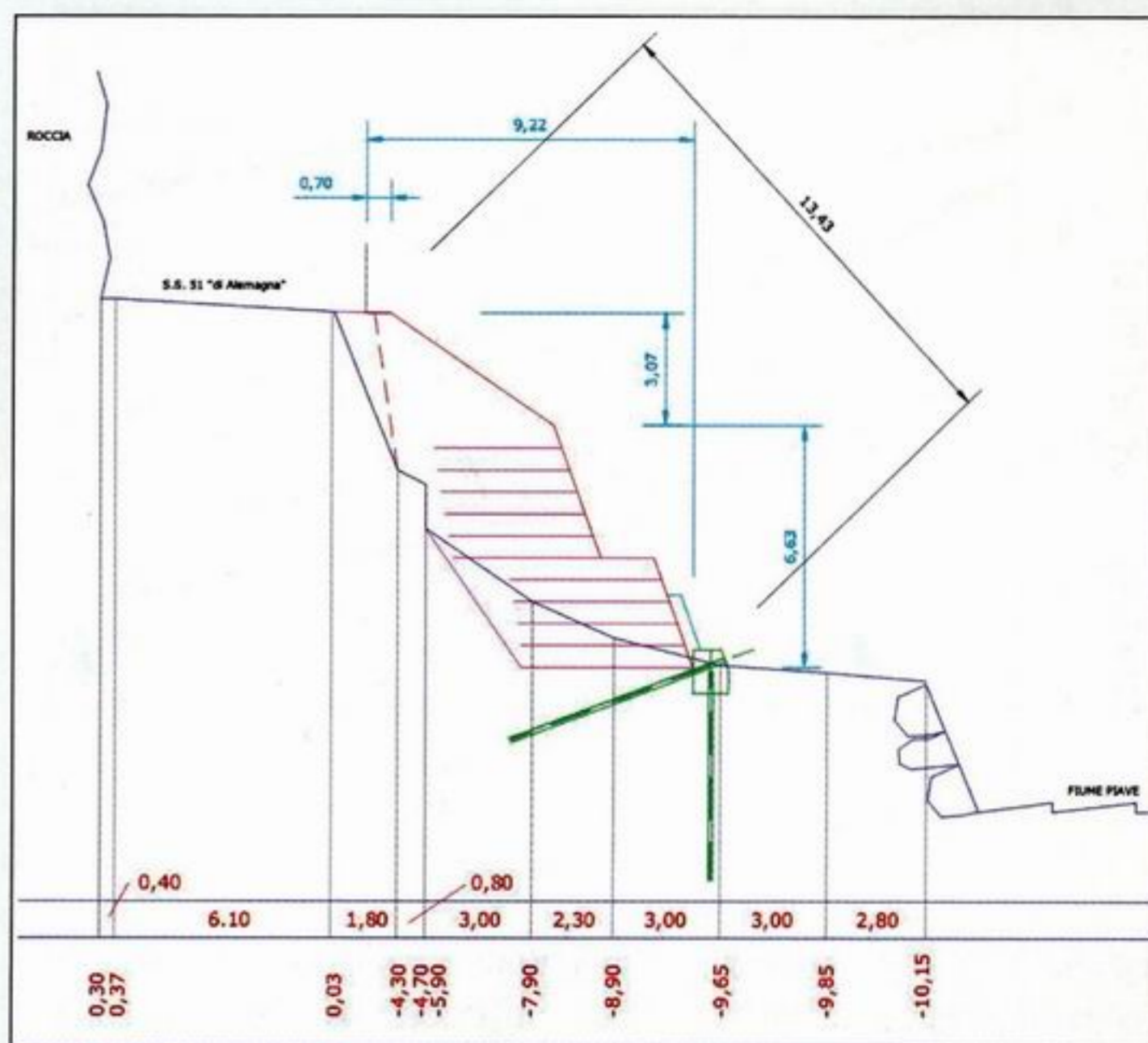
A seguito del dissesto prontamente l'ANAS si era attivata mediante una procedura di somma urgenza per ripristinare l'arteria.

Le problematiche che si sono dovute affrontare e risolvere sono state le seguenti:

- ◆ gli interventi sui manufatti e sulle strutture esistenti, sia per quanto riguarda i muri di sostegno nelle zone adiacenti sia per quanto riguarda il piano stradale, avrebbero dovuto essere ridotti al minimo. In particolare, gli interventi sul piano stradale sarebbero stati molto problematici a causa della presenza di una tubazione di gas metano situata a circa 1-1,5 m dal ciglio della strada. La tubazione, fortunatamente, non è stata interessata dal crollo del muro, ma solamente lambita dall'evento franoso;
- ◆ la riduzione al minimo dei tempi di intervento in modo da riaprire il tratto stradale al traffico nel più breve tempo possibile;
- ◆ il perfetto inserimento della nuova opera di sostegno nell'ambiente montano circostante in modo da mitigare l'impatto ambientale;
- ◆ tenere conto dell'azione erosiva dell'acqua al piede dell'opera durante gli eventi di piena e, nel contempo, contenere l'ingombro della nuova struttura di sostegno della strada in modo da non influenzare sensibilmente la sezione idraulica del Piave;
- ◆ l'intervento di risanamento doveva essere affidabile e realizzato per un importo di progetto non superiore ai 200.000 Euro.

## La soluzione

Dopo essere state analizzate diverse tipologie di intervento, la soluzione progettuale finale si è orientata verso l'adozione di una struttura in terra rinforzata appoggiata al piede su cordolo in c.a. tirantato e fondato su micropali, soluzione che soddisfaceva i requisiti strutturali, funzionali e ambientali elencati, permettendo nel contempo di realizzare l'opera in tempi brevi e con costi contenuti.



Sezione tipo

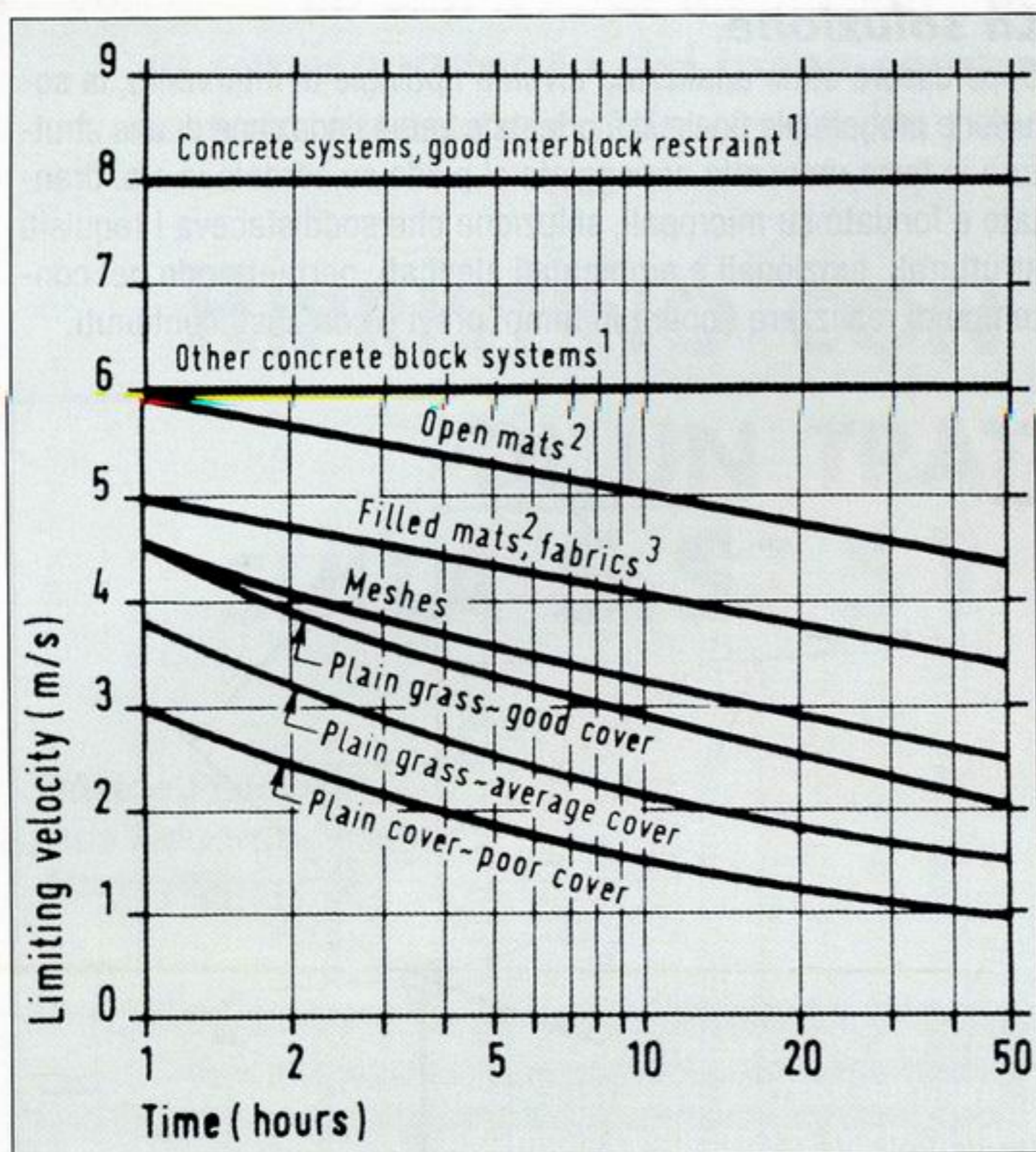
La terra rinforzata, di altezza complessiva di 6,6 m, è stata realizzata con due rilevati separati da un piccolo terrazzamento di 1,5 m di larghezza a 3 m dal piano di fondazione per spezzare la linea del fronte e favorire così l'accesso in caso di interventi di manutenzione. L'inclinazione del fronte, fissata in 70°, ha consentito di minimizzare l'ingombro dell'opera garantendo anche una buona esposizione del paramento al sole e all'acqua piovana in modo da favorire l'attecchimento e la permanenza della vegetazione. In sommità, la terra rinforzata è stata raccordata al piano stradale con una scarpata più dolce.

La terra rinforzata è stata realizzata impiegando geogriglie Fortrac® in fibre di poliestere a elevato modulo, di resistenza a rottura pari a 110 kN/m nella parte bassa e pari a 55 kN/m nella parte superiore, disposte a strati di 60 cm e con lunghezza di ancoraggio variabile da 5 a 3 m (partendo dalla base, verso la sommità).

La struttura di sostegno appoggiava sull'area golenale del Piave, quindi avrebbe potuto essere investita occasionalmente dall'acqua del fiume durante gli eventi di piena.

Pertanto, per favorire l'inerbimento ed evitare eventuali dilavamenti, sul fronte di ogni strato è stata utilizzata una rete antierosiva sintetica di tipo permanente. Si è preferito evitare l'utilizzo di stuoie biodegradabili per avere la sicurezza che, in caso di rinverdimento tardivo o parziale, il paramento fosse comunque in grado di resistere alla piena.

Per analizzare la resistenza all'erosione del paramento della terra rinforzata soggetta a un flusso d'acqua tangenziale alla superficie di durata limitata nel tempo (comportamento tipico della piena di un corso d'acqua), si è fatto riferimento al seguente grafico, tratto da "Design of reinforced grass waterways, CIRIA, 1987, Report 116".



Il grafico riporta in ascissa il tempo di esposizione all'azione erosiva dell'acqua (in ore) e in ordinata la velocità critica del flusso in direzione tangenziale alla superficie (in m/s). Le curve descrivono, a seconda del tipo di rivestimento adottato, la condizione di limite di erosione. Nella zona inferiore alla curva corrispondente al rivestimento considerato non si hanno fenomeni erosivi, mentre al di sopra questi fenomeni sono presenti.

Per quanto riguarda la terra rinforzata, si è utilizzata una rete antierosione di maglia 3,5 x 3,5 mm in fibre di poliestere con rivestimento polimerico posizionata all'interno di ogni strato. La curva relativa a questo tipo di rivestimento è quella definita come "Meshes".

Dal grafico emerge che per un tempo di esposizione pari a un'ora, la velocità dell'acqua al di sopra della quale si verificano fenomeni erosivi è pari a circa 4,5 m/s, velocità che si riduce fino a 2,5 m/s circa nel caso di un'esposizione prolungata di 50 ore.

Anche se il sistema antierosione adottato era sufficiente a resistere alle azioni idrauliche previste, si è ritenuto opportuno proteggere ulteriormente il piede per avere una maggiore sicurezza contro eventi di piena eccezionali, realizzando un piccolo muro rivestito in pietra alto 1,5 m collegato al cordolo in c.a..

Per il terreno di riempimento della terra rinforzata è stato impiegato un misto granulare di buone caratteristiche geotecniche grazie al quale, considerando inoltre la natura rocciosa del terreno a tergo della terra rinforzata, è stato possibile contenere la lunghezza dei rinforzi. Il terreno di fondazione era anch'esso di natura granulare e di conseguenza non vi erano problemi di capacità portante.

La verifica di stabilità interna e composta, effettuata considerando che l'area è classificata come zona sismica di 2ª categoria, è stata realizzata utilizzando il metodo di Janbu che meglio si adattava, in questo caso, ai potenziali meccanismi di collasso. La stabilità globale è stata affidata ai pali e ai tiranti realizzati al piede.

Le verifiche di stabilità sono state realizzate anche considerando l'effetto delle pressioni interstiziali generate dalla situazione di rapido abbassamento del livello del fiume.

L'opera è stata calcolata per una vita utile di centovent'anni, basandosi sulla tensione di progetto a lungo termine delle geogriglie Fortrac® (secondo il BS8006), avvallata da certificati emessi da Enti accreditati.



Il cordolo di fondazione tirantato e la terra rinforzata in fase di esecuzione

Sul cordolo di fondazione sono stati realizzati tiranti con trefoli d'acciaio di 7,5 t di resistenza con interasse di 2 m, inclinati di 20° rispetto all'orizzontale e profondi 12 m. I micropali, di 22 cm di diametro e con interasse di 70 cm, sono stati spinti fino ad una profondità pari a 7,5 m. A intervento ultimato si è effettuata l'idrosemina su tutto il fronte in modo da ottenere un rapido inerbimento e sono stati montati i guardrail lungo il ciglio superiore.

L'intervento ha richiesto trentadue giorni lavorativi con un costo complessivo dell'opera pari a 148.000 Euro.



La sede stradale ripristinata

La vicinanza della terra rinforzata a vecchie opere di sostegno in c.a. permette di apprezzare, in modo evidente, la validità di questi tipi d'intervento dal punto di vista dell'inserimento ambientale.

Inoltre, i brevi tempi di esecuzione e i costi contenuti confermano la bontà di questa tecnica ormai consolidata nell'arco degli ultimi decenni con interventi di successo diffusi in tutto il mondo.

\* Ingegnere del Compartimento ANAS di Venezia e Capo della Sezione distaccata di Belluno

\*\* Ingegnere della Huesker Srl

# Geosintetici Huesker: La strada migliore

Terre rinforzate - Stabilizzazione rilevati - Pali Ringtrac - Drenaggi  
Rinforzo asfalti - Controllo dell'erosione - Impermeabilizzazione



Ingegneria con geosintetici

Fortrac® - HaTelit® - Fornit® - Stabilenka® - Comtrac®  
Incomat® - HaTe® - NaBento® - Ringtrac®  
Deckdrain - Pozidrain - GeoSil - Bionet - Biocover

# # HUESKER

HUESKER S.r.l.

Piazza della Libertà 3 - 34132 - Trieste

Tel: +39 040 363605 - Fax: +39 040 3481343

www.huesker.com - info@huesker.it



0410019870064 01



0799-CPD-17

