

INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEI VERSANTI

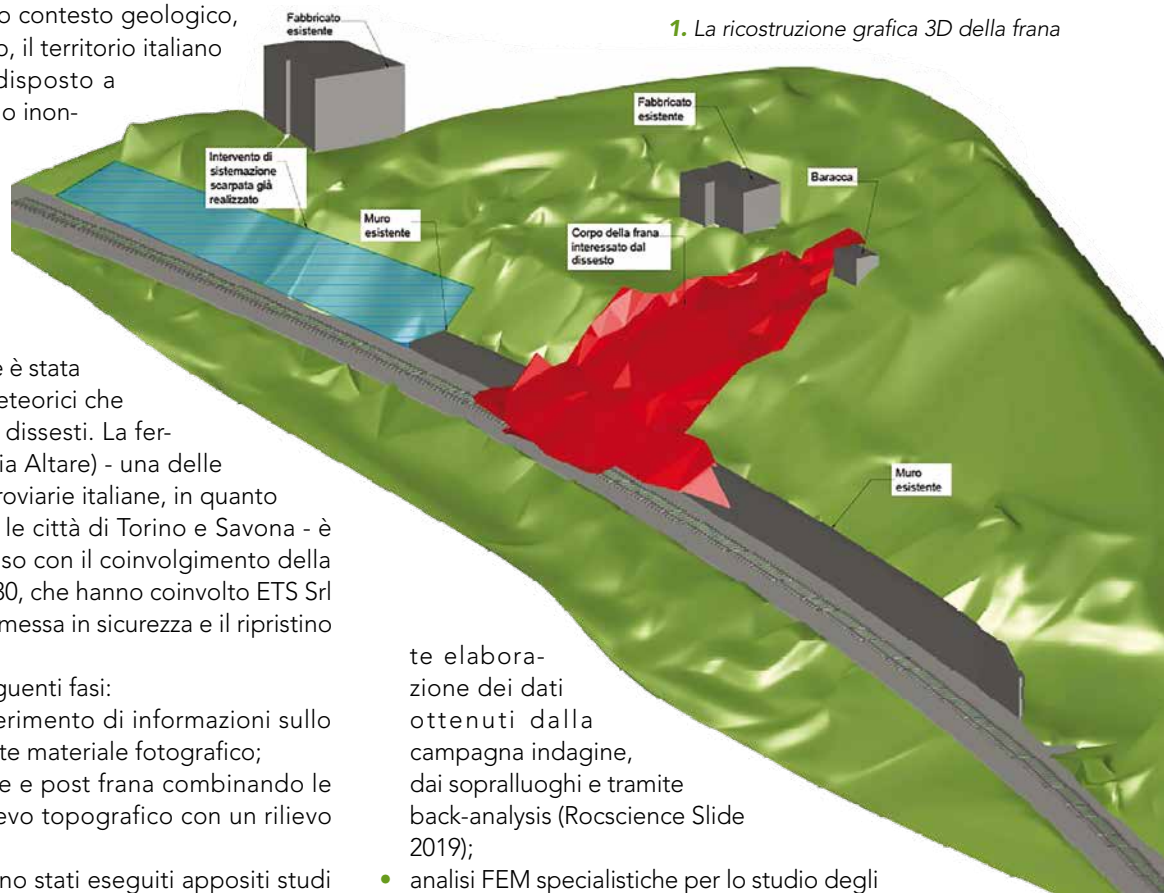
SULLA LINEA FERROVIARIA SAVONA-TORINO, ANCHE CONOSCIUTA COME VIA FERRANIA, LA TRATTA DI VALICO STRATEGICO TRA SAN GIUSEPPE DI CAIRO E SAVONA

A causa del suo complesso contesto geologico, morfologico e idrologico, il territorio italiano è particolarmente predisposto a fenomeni di dissesto quali frane o inondazioni. In particolare, il territorio ligure è esposto a un elevato rischio idrogeologico che comporta, in prossimità delle aree antropizzate, ingenti problematiche all'uomo, alle strutture e alle infrastrutture, presenti. Nel Novembre 2019, l'area ligure è stata colpita da una serie di eventi meteorici che hanno innescato diversi crolli e dissesti. La ferrovia Torino-Fossano-Savona (Via Altare) - una delle più antiche e principali linee ferroviarie italiane, in quanto si occupa del collegamento tra le città di Torino e Savona - è stata colpita da un evento franoso con il coinvolgimento della linea tra il km 2+220 e il km 2+330, che hanno coinvolto ETS Srl (Progettista) e Micos SpA per la messa in sicurezza e il ripristino della stabilità dei versanti.

Il servizio si è articolato nelle seguenti fasi:

- sopralluoghi in sito con reperimento di informazioni sullo stato dei luoghi e conseguente materiale fotografico;
- ricostruzione dello stato ante e post frana combinando le informazioni ottenute da rilievo topografico con un rilievo fotografico di dettaglio;
- campagna indagini da cui sono stati eseguiti appositi studi specialistici (geologia, geotecnica, idrologia, idraulica, sismica);
- ricostruzione di un modello geotecnico del sottosuolo trami-

1. La ricostruzione grafica 3D della frana



te elaborazione dei dati ottenuti dalla campagna indagine, dai sopralluoghi e tramite back-analysis (Rocscience Slide 2019);

- analisi FEM specialistiche per lo studio degli interventi di progetto;
- redazione di elaborati tecnici e grafici 2D-3D.

L'area oggetto di studio è rappresentata da un versante con direzione NNE-SSW e una pendenza variabile tra i 20° e i 50°. Nel tratto compreso tra il km 2+270 e il km 2+310 si è manifestato il movimento franoso principale, che ha causato l'interruzione della circolazione ferroviaria e richiesto un intervento temporaneo di messa in sicurezza tramite la disposizione di blocchi in calcestruzzo a sostituzione di un muro in pietrame danneggiato posto a protezione della sede ferroviaria.

Tale movimento franoso si è originato nelle adiacenze di un fabbricato esistente, in una fascia di terreno a verde, puntualmente caratterizzata da muretti a secco e gradonature antropiche. Il corpo di frana, largo tra 10 e 16 m circa e lungo complessivamente circa 40 m, ha interessato la sede ferroviaria, dilavando il muro di contenimento in pietrame a protezione della linea. La superficie di scorrimento è caratterizzata da un meccanismo "composto", con un andamento pseudo-curvilineo nelle zone di monte e valle (a ridosso del muro in pietrame danneggiato) e lineare nella zona centrale. Sempre lungo la stessa scarpata, tra le p.k. 2+220-2+270 e 3+210-2+330 circa, si sono manifestati ulteriori dissesti caratterizzati da segni di instabilità superficiale con fenomeni di erosione diffusi.

Alla base dell'unità detritica superficiale è presente la Formazione di Murialdo, granulometricamente riconducibile a una ghiaia con sabbia limosa, a tratti debolmente argillosa, con alternanza di livelli scistososi semilitoidi con un elevato grado di alterazione. Gli interventi previsti da progetto sono stati i seguenti:

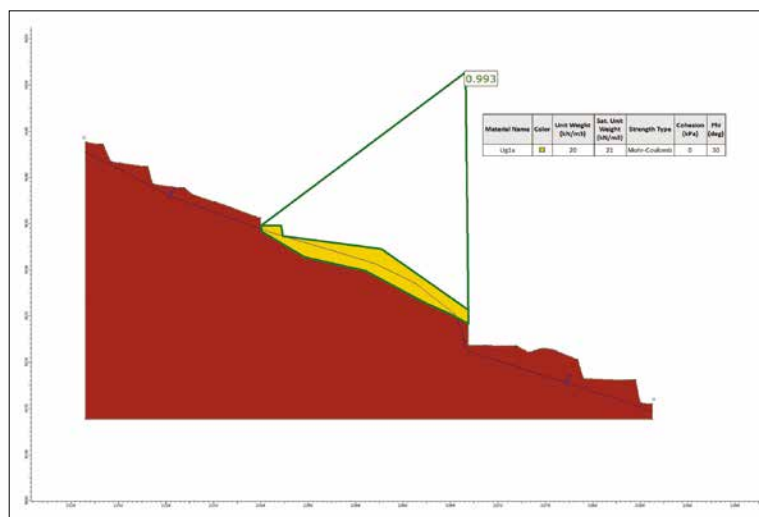
- interventi di consolidamento su un muro esistente tramite iniezioni di miscele leganti e chiodature con barre di ancoraggio autoperforanti;
- realizzazione di una paratia di micropali disposta lungo il perimetro superiore di frana;
- realizzazione di un muro di controscarpa in c.a. con fondazione su micropali, disposto centralmente rispetto al versante;
- realizzazione di una paratia di micropali inferiore a tergo della linea;

- realizzazione di un muro in c.a. con drenaggi sub-orizzontali del paramento alla base del versante;
- interventi di pulizia, riprofilatura e soil nailing lungo il versante;
- interventi di regimentazione delle acque superficiali tramite posa in opera di canalette a cielo aperto, interrate e pozzetti.

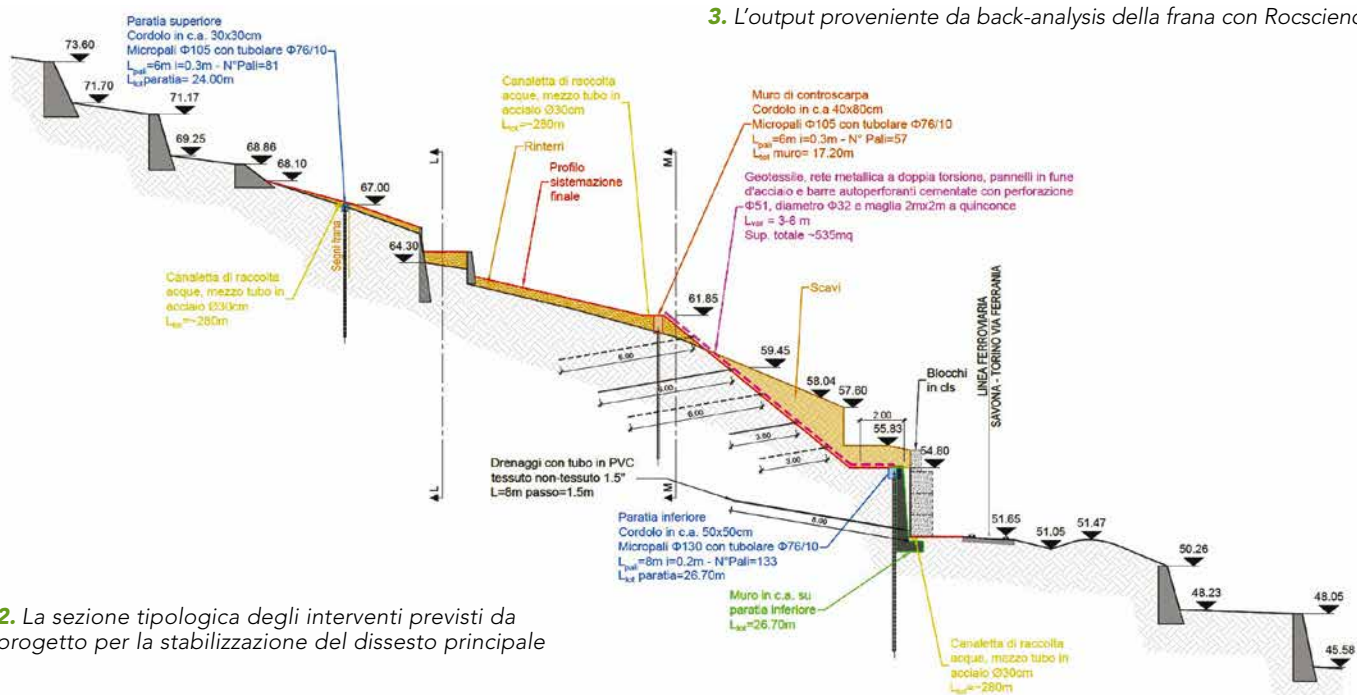
LA TECNOLOGIA ROCSCIENCE SLIDE

Per lo studio degli interventi progettuali sono state condotte delle analisi di calcolo specialistiche tramite differenti software sia interni che commerciali LE e FEM. Per le back-analysis e le verifiche di stabilità globali dello stato di progetto si è ricorso a Rocscience Slide. Le analisi e le verifiche sono state effettuate secondo le NTC 2018 in condizioni statiche e sismiche.

Per la caratterizzazione dell'unità detritica dell'area di dissesto sono state effettuate delle apposite back-analysis tramite il software Rocscience Slide, in condizioni statiche, per valutare i parametri di resistenza a taglio residui lungo la superficie di scorrimento con coefficiente di sicurezza minimo.



3. L'output proveniente da back-analysis della frana con Rocscience



2. La sezione tipologica degli interventi previsti da progetto per la stabilizzazione del dissesto principale

Le analisi sono state eseguite nell'ipotesi di problema piano, schematizzando il terreno come un mezzo rigido plastico e adottando il criterio di rottura di Mohr Coulomb con il metodo GLE/Morganstern-Price.

Le nicchie di distacco presenti a monte sono state modellate come Tension Crack, considerandole dunque come zone a resistenza a taglio nulle. Le condizioni idrauliche, invece, nonostante dalla campagna indagine non sia stata rilevata una falda acquifera, sono state modellate considerando un livello di falda prossimo a quello del piano campagna, alla luce dell'elevata piovosità manifestata durante i giorni in cui si sono verificati i dissesti.

Sono state studiate tre sezioni di calcolo, secondo le superfici di scivolamento ipotizzate a seguito della ricostruzione morfologica e stratigrafica del versante, ottenendo così un angolo di resistenza a taglio residuo ϕ'_r compatibile con le prove di laboratorio svolte durante la campagna di indagine. La caratterizzazione, così svolta, ha permesso di tenere in conto in sede progettuale del reale comportamento del materiale nella sua attuale configurazione quando sottoposto agli eventi che coinvolgono l'area.

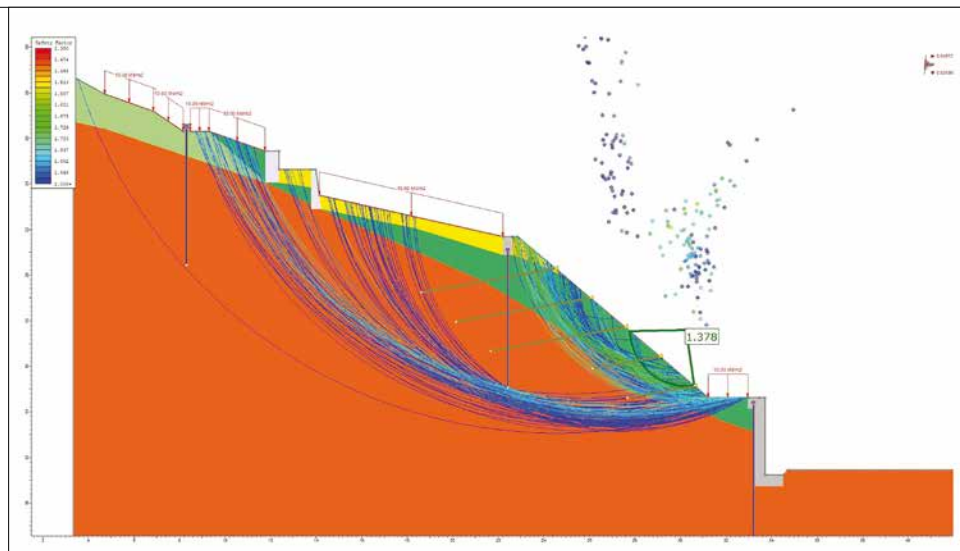
Per lo studio degli interventi di progetto sono state studiate due sezioni di calcolo modellando le paratie, il muro in c.a. e l'intervento in soil-nailing. L'azione sismica è stata simulata applicando una forza pseudo-statica, con componenti orizzontali e verticali. Le analisi FEM e LEM hanno evidenziato l'adeguatezza degli interventi progettati durante:

- fasi provvisorie: gli stage di analisi hanno tenuto in conto delle fasi di cantiere e di lavoro, con le difficoltà di garantire la sicurezza, sia delle Maestranze in prossimità della linea in virtù degli spazi angusti e nel rispetto dei tempi di esecuzione di una linea ferroviaria in esercizio, sia degli utenti e degli abitati circostanti alla frana;
- fase definitiva: per garantire l'adeguatezza dell'opera e della sistemazione finale nel rispetto degli eventi meteorici, dei carichi statici e del sisma.

CONCLUSIONI

La messa in sicurezza di versanti instabili gioca un ruolo fondamentale, non solo per la sicurezza delle vite umane, ma anche per il mantenimento in esercizio della regolare circolazione stradale e ferroviaria.

A valle di uno studio specialistico dei fenomeni gravitativi avvenuti lungo la linea Torino-Fossano-Savona (Via Altare), è stata scelta una linea progettuale che ha consentito dapprima il ripristino tempestivo della circolazione ferroviaria tramite degli interventi d'urgenza (disposizione di blocchi in calcestruzzo alla base del versante franato), e successivamente, tramite delle analisi specifiche con il software Rocscience Slide, è stato possibile definire le caratteristiche geotecniche dell'unità in frana e di conseguenza stabilire degli interventi di progetto. Gli interventi



4. L'output proveniente da sezione di calcolo dello stato di progetto con Rocscience Slide

sono stati inoltre sviluppati secondo delle fasi realizzative mirate all'esecuzione dei lavori in sicurezza, usufruendo dei risultati di calcolo forniti dalle analisi su Slide. ■

- (1) Responsabile Area Geotecnica, Geologia e Idraulica della Società ETS Srl
- (2) Ingegnere Geotecnico della Società ETS Srl
- (3) Geologo della Società ETS Srl
- (4) Ingegnere Idraulico della Società ETS Srl
- (5) Ingegnere Strutturista della Società ETS Srl



5. L'esecuzione del consolidamento sul muro esistente tramite chiodature con barre di ancoraggio autoperforanti

DATI TECNICI

Committente e Direzioni Lavori: RFI SpA - DTP Genova - UT GE Linee

Progettista: ETS Srl

Impresa esecutrice: Micos SpA

Importo delle opere progettate: 4.204.000,00 Euro

Periodo di svolgimento del servizio: Novembre 2019/Maggio 2020