

Andora: un intervento di ingegneria ambientale, una lotta contro il tempo e... contro la burocrazia

ABSTRACT This paper contains an overview of the works for slope protection, after the landslide occurred on the Genova-Ventimiglia railway, near the town of Andora. As the main purpose of the work was to open railway traffic as soon as possible, the distinctive feature is the timeliness of its planning and construction phases, although administrative and operative difficulties, as well as impending danger were challenging features.



L'evento

Il giorno 17 gennaio 2014 al km 95+320 della linea ferroviaria Genova-Ventimiglia, nel Comune di Andora, in occasione di un fenomeno meteorico di grande intensità, si verificò un evento litorale che interessava una superficie del pendio retrostante la ferrovia per un'estensione di circa 600 m², su un fronte di 30 m di lunghezza.

Nella zona a monte della ferrovia, 20 m sopra il sedime ferroviario, si trovano alcuni edifici destinati a civile abitazione, prospicienti il pendio. Uno di essi, un manufatto isolato, destinato a parcheggio, trasportato dal terreno in scorrimento, scivolava lungo il pendio e si fermava, in bilico, a pochi metri dalla ferrovia. Il terreno smosso piovava sulle rotaie in concomitanza con l'arrivo di un convoglio ferroviario, che, travolto, deragliava arrestandosi sul ciglio della scogliera.

Dal punto di vista della circolazione ferroviaria la Liguria si trovava così 'spaccata' in due ed era inoltre interrotto anche il collegamento con la Francia.

La programmazione per il raggiungimento degli obiettivi

Gli obiettivi primari che dovevano essere raggiunti con la massima celerità erano: la messa in sicurezza del pendio, e la riapertura alla circolazione ferroviaria. Ed erano obiettivi ostacolati da molti fattori, quali:

- il protrarsi delle condizioni atmosferiche avverse;

- la situazione di pericolo per gli edifici a monte, le cui fondazioni erano prospicienti il ciglio di frana;
- il sequestro dell'area da parte della Magistratura;
- le difficoltà nell'intervenire in una situazione di grave instabilità;
- la difficoltà di raggiungere con mezzi operativi il piede della frana, occupato dal locomotore e dalle quattro carrozze intrappolate tra i detriti.

La tempestività degli interventi, voluta da RFI (Rete Ferroviaria Italiana), fu resa possibile dalla volontà congiunta di tutte le parti coinvolte, impegnate a collaborare in sintonia per il raggiungimento del risultato.

La realizzazione degli interventi era affidata da RFI all'impresa «Micos S.p.A.», che si avvaleva della società di progettazione «Archimede s.r.l.» di Genova per la progettazione strutturale e geotecnica, e del dott. Fulvio Epifani per gli aspetti geologici e idrogeologici.

L'allestimento del cantiere fu tempestivamente effettuato, approvigionando mezzi compatibili con i limitati spazi e necessariamente di tipo "leggero" e mano d'opera capace di operare con sistemi alpinistici.

Nel frattempo la progettazione era iniziata, sulla base delle limitate informazioni disponibili fino a quel momento, ma tenendo presenti i vincoli esecutivi dettati dalle difficoltà cantieristiche.

Furono dapprima identificati gli interventi da eseguire, con verifiche prelimina-







ri di stabilità del pendio. Gli studi condotti permisero di programmare la sequenza degli interventi, articolati secondo due fasi successive: la prima finalizzata alla messa in sicurezza e al ripristino della circolazione; la seconda finalizzata alla sistemazione definitiva del pendio, e alle opere di completamento.

La messa in sicurezza e la riapertura del traffico

Per mettere in sicurezza gli edifici, e arrestare il movimento franoso, veniva progettata e realizzata, ai piedi degli edifici di monte, una palatia con micropali collegati in sommità mediante un cordolo in calcestruzzo armato nel quale erano fissate le testate di una serie di tiranti ancorati in roccia.



I dati necessari per le verifiche progettuali venivano acquisiti in tempo reale, mentre la realizzazione delle opere era in corso, e il progetto via via adeguato, in funzione della posizione dello strato roccioso in cui ancorarsi, delle caratteristiche della coltre, della posizione delle fondazioni dei manufatti e dei conseguenti pesi gravanti a tergo della paratia.

Il progetto prevedeva l'impiego di pali di acciaio, con diametro di 101,6 mm o 76,1 mm a seconda della posizione, di spessore 10 mm.

I tiranti, costituiti da barre Dywidag di diametro di 32 mm, sono posti a interasse di 3 m e hanno lunghezza complessiva di 12 m, di cui la metà costituisce il bulbo di ancoraggio.

Per evitare il distacco e lo scorrimento del materiale sciolto nel fronte di frana veri-



8. Esempio di verifica della stabilità del pendio a fianco la sezione strutturale dell'intervento.

va inoltre sistemata una protezione superficiale di reti, costituenti parte integrante del rafforzamento corticale, il cui completamento sarebbe avvenuto successivamente.



9. La stesa delle reti per il rafforzamento corticale.



10. La regolazione provvisoria delle acque



11. La pista realizzata sul vecchio ferroviario per le operazioni di demolizione e riduzione del manufatto



12. La ferraglia in azione demolisce il manufatto.

Inoltre veniva realizzato un sistema di drenaggio provvisorio per l'allontanamento delle acque e per la loro regolazione, con collegamento alla tombatura esistente sulla sede.

Una fase particolarmente delicata dell'intervento fu la demolizione e la rimozione del manufatto scivolato a valle. Per realizzare tale operazione si procedette dal basso, allestendo una pista sul sedime ferroviario e impiegando un mezzo cingolato, dotato di tenaglie, per il taglio dei setti in cemento armato, e di benne, per il carico su carrello dei detriti.

Dopo avere demolito la terrazza e liberato il convoglio dai detriti, si crearono le condizioni per il suo allontanamento e la liberazione della linea, mediante un'operazione congiunta da terra e da mare, a seguito della quale poteva essere ripristinato il traffico sulla linea, se pure con limitazioni sulla velocità.

Per scongiurare eventuali distacchi di materiale lapideo proveniente da monte, la prima fase veniva completata con l'installazione di barriere paramassi ad assorbimento di energia (si veda la Figura 19).





14a.-14b). Le fasi di demolizione e rimozione dei detriti.



La sistemazione finale del pendio

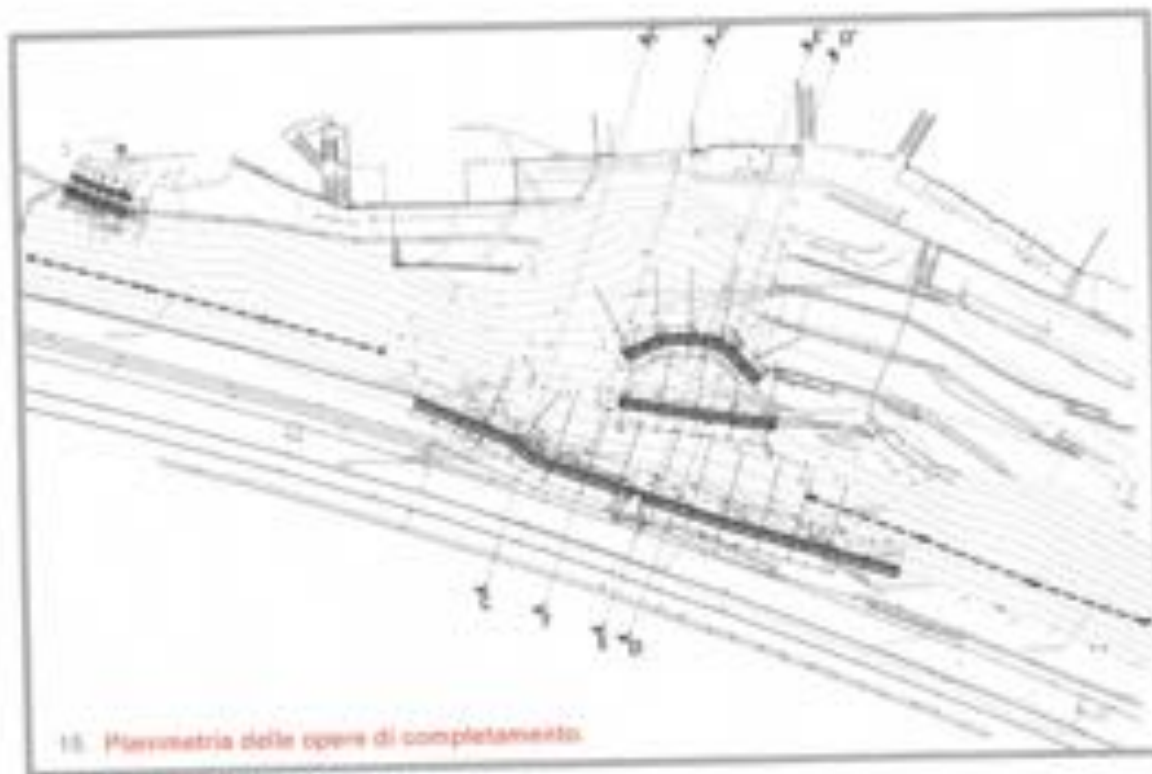
La seconda fase dell'intervento era progettata per assicurare la completa stabilità del versante, sotto le azioni sia statiche sia sismiche. La soluzione individuata prevedeva la realizzazione di tre paratie di pali, intertante, poste lungo il pendio, che si sviluppavano su curve di livello a quote differenti.

Le numerose elaborazioni di calcolo condotte tenevano conto sia delle diverse situazioni che si venivano a determinare durante l'esecuzione dei lavori, sia delle azioni in condizioni di esercizio, con riferimento alla vita prevista per le opere.

Per ciascuna situazione tipo furono condotte verifiche distinte, utilizzando i software di seguito richiamati.

- Verifica di stabilità del pendio (programma di calcolo Stap Full 11.0, programma distribuito dalla società «Artec Informatica»).
- Verifica statica paliata (programma di calcolo IS-Paratie, programma distribuito dalla società «CDM Dolmen»).

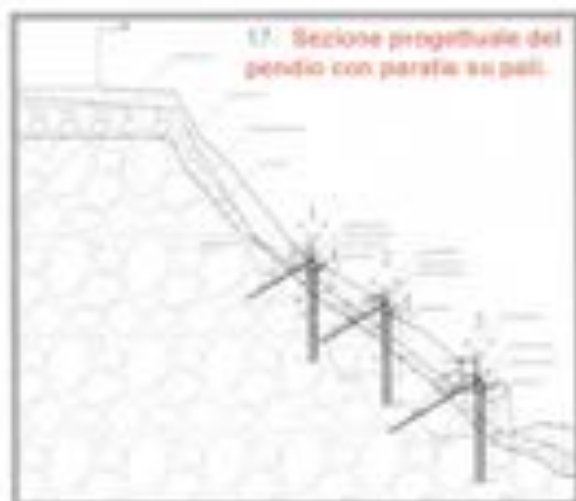
A titolo esemplificativo, nella Figura 16 sono qui illustrati, per due sezioni significative, i modelli software di verifica di stabilità del pendio; mentre in Figura 17 è rappresentata la soluzione strutturale messa in opera.

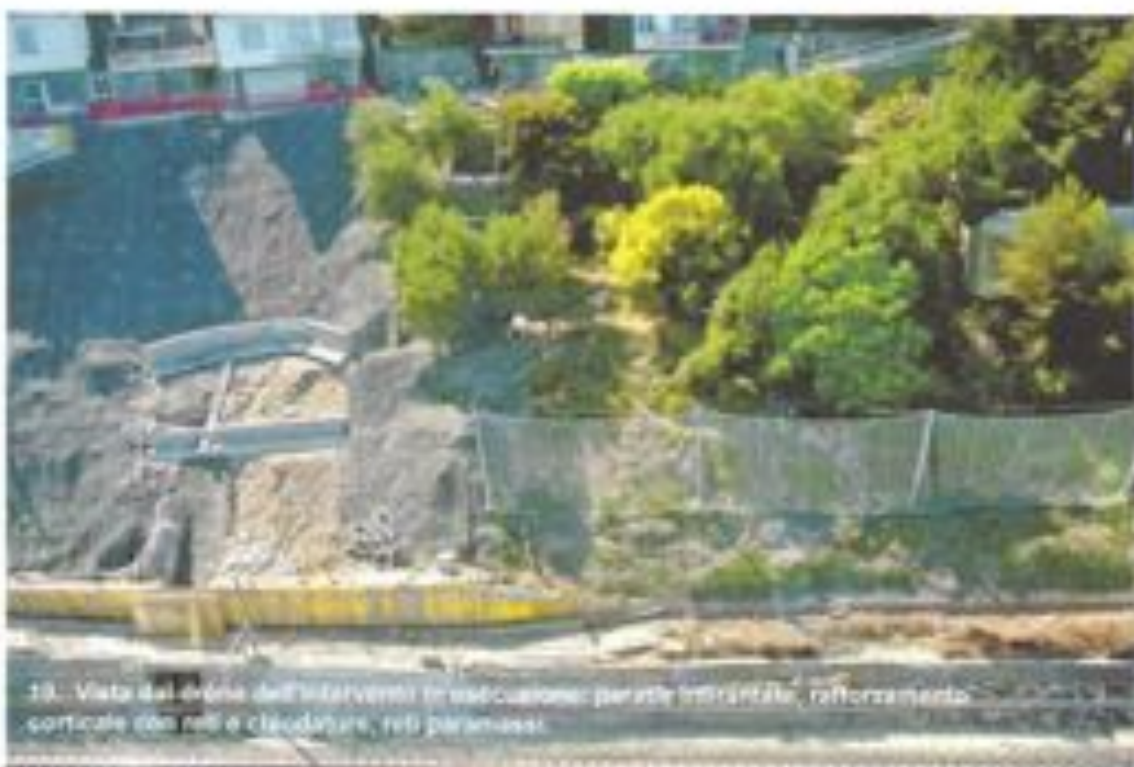




Al pali e ai tiranti era affidato il compito di stabilizzazione globale, sia lungo le superfici fra strati di terreno e roccia, sia lungo le superfici curve attraverso più strati.

Per quanto riguarda le eventuali instabilità locali della coltre, esse erano scongiurate mediante le opere di rafforzamento corticale costituito da rete e chiodature. Per queste ultime le lunghezze, e il passo, erano dimensionate in funzione della potenza della coltre da stabilizzare. In Figura 18, a titolo esemplificativo, sono illustrate le modellazioni impiegate per le verifiche delle instabilità locali.





19. Vista del fronte dell'intervento in escavazione per stile ininterrotto, rafforzamento corticale con reti e claudature, reti paramassi.

Conclusioni

La peculiarità dell'opera è rappresentata dalla tempestività nella redazione della progettazione e nell'esecuzione dei lavori, nonostante il compito fosse reso arduo da difficoltà concomitanti e interagenti.

Occorre infatti richiamare l'attenzione sui seguenti fattori:

- difficoltà di natura amministrativa, con coinvolgimento di diverse figure ed Enti, con interessi non sempre coincidenti (RFL, Comune di Andora, Provincia di Savona, proprietari degli edifici), e ricordare che erano in corso indagini legate a un'inchiesta da parte della Magistratura, per cui le necessarie modifiche ai luoghi dovevano essere poste in essere a conclusione delle indagini;
- difficoltà legate alla necessità di condurre rilievi, accertamenti in situ, indagini geologiche-geotecniche per l'acquisizione delle informazioni su cui formulare una progettazione coerente, ma che il tempo a disposizione e l'inaccessibilità rendevano proibitive;
- situazione di grave pericolo imminente: il pendio presentava ancora il rischio di scivolamento, e tale rischio era accentuato dal perdurare delle condizioni



meteorologiche avverse e dalla presenza del manufatto in posizione instabile sulla superficie di scivolamento;

- timori forti legati alla situazione fondazionale degli edifici posti sul ciglio della frana;
- allestimento del cantiere da realizzarsi in spazi ristretti, inaccessibili ai comuni mezzi di cantiere, con interventi che richiedevano l'impiego di sistemi alpinistici, e quindi di personale qualificato e mezzi adeguati.

Nonostante ciò, l'intervento di prima fase, iniziato a distanza di circa due settimane

dall'evento franoso, si completava il giorno 4 marzo e il primo convoglio transitava sulla linea il 5 marzo 2014, ristabilendo così i collegamenti che si erano interrotti il 17 gennaio.

Donatella Mascio *

* Ha conseguito la Laurea in Ingegneria civile - Trasporti presso la facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Genova, dove è docente di «Costruzioni navali». Inoltre svolge attività di consulenza tecnica e progettazione per opere di edilizia pubblica e privata, è iscritta all'Albo dei Periti e all'Albo dei Consulenti tecnici del Tribunale di Genova, fa parte del Comitato Tecnico Amministrativo del Provveditorato interregionale alle Opere Pubbliche della Lombardia e della Liguria.



21. Fotomontaggio: una volta ricostituitasi la vegetazione naturale il pendio si presenterà come nell'immagine.

