

Monitoraggio e mitigazione dei dissesti con tecniche tradizionali e innovative - esperienze e prospettive

Lanfranco Zanolini

Regione Emilia-Romagna - Servizio Tecnico dei Bacini degli affluenti del Po - sede di Piacenza

PREMESSA

Tra i compiti istituzionali del Servizio da sempre sono annoverati la progettazione e l'esecuzione di lavori di pubblico interesse finalizzati alla difesa del territorio dal Rischio Idraulico e da quello Idrogeologico. Nell'ambito delle manifestazioni organizzate dalla Regione durante il "Mese della Terra", nel convegno tenutosi a Castell'Arquato (Piacenza) il 5 ottobre 2007 e relativo al "Dissesto Idrogeologico in Emilia-Romagna", sono stati illustrati sei interventi ritenuti significativi, realizzati dal Servizio nel territorio piacentino, nel settore del consolidamento e monitoraggio dei dissesti. Per ragioni di spazio, si riporta una sintesi di tre interventi dei quali verranno brevemente approfonditi quegli aspetti relativi all'utilizzo di tecnologie meno convenzionali (rispetto a quelle considerate più di uso comune), e la parte riguardante l'elaborazione dei dati dei monitoraggi.

IL CONSOLIDAMENTO DELLA FRANA CHE INTERESSA GLI ABITATI DI MISSANO E MURLO IN COMUNE DI BETTOLA (PC)

Una colata di materiale argilloso lunga oltre 2 Km interessa due centri abitati, per richiamo laterale, e la viabilità d'accesso agli stessi, traslata verso valle di oltre 40 m.

Gli interventi di consolidamento, attualmente nella fase iniziale, sono essenzialmente finalizzati alla ricostruzione del reticolo idrografico e del tratto di strada che si sviluppa trasversalmente alla colata ed alla posa in opera di strumentazione geognostica di controllo e si sviluppano secondo le seguenti fasi:

1. Esecuzione d'indagini geognostiche e geofisiche di dettaglio e posa in opera d'Inclinometri e Piezometri;
2. Captazione ed allontanamento delle acque superficiali e profonde che gravitano sulla colata, mediante la ricostruzione del reticolo idrografico superficiale che si sviluppa al centro e sui fianchi della frana, attualmente inesistente ed in ogni caso largamente insufficiente. Realizzazione di drenaggi in trincea e rimodellamento del corpo di frana;
3. Realizzazione di "brigliette filtranti" nei tratti di maggior dislivello ed erosione, mediante l'utilizzo di sistemi paravalanghe;
4. Ricostruzione del tratto di strada (oltre 100 m) mediante utilizzo di sistemi paravalanghe.

Le "barriere paravalanghe" (fig. 1-2) sono così identificate perché questi elementi prefabbricati sono stati ideati ed utilizzati inizialmente per tale scopo. Successivamente sono



Fig. 1

state modificate ed impiegate anche nella stabilizzazione dei versanti e nella realizzazione di brigliette filtranti. Ogni elemento standard, assemblabile in loco, è formato da una croce di S. Andrea d'acciaio di sviluppo pari a circa 4,6 x 4,6 m, alla quale è attaccato un pannello di rete rettangolare di circa 3,1 x 3,6 m. Alla piastra di collegamento dei bracci della croce è attaccato un tirante centrale di lunghezza variabile da 4 a circa 6 m, al cui lato opposto è ancorata una piastra di calcestruzzo controventata con i bracci della croce.

Le motivazioni che hanno portato a privilegiare l'utilizzo di questi sistemi di contenimento si è basato sui seguenti parametri:

- Versatilità della struttura ed adattabilità ai movimenti locali del terreno;
- Tempi di posa molto ridotti ed immediata efficienza strutturale;
- Elevata capacità drenante;
- Utilizzo del materiale terroso preventivamente asportato;
- Miglioramento del contrasto nei confronti delle spinte tangenziali legate al movimento della frana, dato dal combinato del peso proprio del materiale posto sopra la struttura e l'effetto del tirante.

Nel caso specifico, al fine di ottenere un inserimento globa-



Fig. 2

le nell'ambiente circostante, le parti visibili della struttura, sotto strada, saranno rinverdite mediante infissione di talee arboree autoctone.

IL CONSOLIDAMENTO DEI MOVIMENTI FRANOSI CHE INTERESSANO GLI ABITATI DI PERPIANO, MAZZASCHI E BARONI E LA VIABILITA' D'ACCESSO IN COMUNE VERNASCA (PC)

In una zona di crinale un complesso di frane interessa tre centri abitati e la viabilità più importante della zona, che praticamente si sviluppa quasi completamente all'interno dei movimenti franosi, dai quali è completamente dipendente e condizionata.

Gli interventi di consolidamento, di carattere estensivo, sono stati essenzialmente finalizzati alla ricostruzione del reticolo idrografico; alla captazione ed allontanamento delle acque profonde ed alla ricostruzione del tratto di strada interessato dai movimenti franosi e si è sviluppato secondo le seguenti fasi:

1. Captazione ed allontanamento delle acque superficiali che gravitano sulle frane, mediante la ricostruzione del reticolo idrografico superficiale, attualmente inesistente ed in ogni caso largamente insufficiente e regimazione dei corsi d'acqua minori con modeste opere d'ingegneria naturalistica.
2. Realizzazione di drenaggi in trincea sul lato Est mediante utilizzo di ghiaia e condotta di fondo e sul lato Ovest, mediante utilizzo di "pannelli drenanti e guaina sottostante" (fig. 3-4);
3. Ricostruzione dei tratti di strada interessati dalle frane.

Il pannello drenante a forma di parallelepipedo, delle dimensioni di: L 2,00 m; l 0,30 m; h 1 o 0,50 m, è composto di una rete metallica (tipo quella utilizzata per i gabbioni), foderata di geotessile e riempita di polistirolo imputrescibile. La guaina di rivestimento, in materiale sintetico, si sviluppa come un nastro della larghezza di 0,90 m e, fissata sul fondo e sui fianchi per 0,30 m, non



Fig. 3



Fig. 4

consente all'acqua captata di ritornare nel terreno, ma svolge le stesse funzioni della condotta di collettamento dei dreni tradizionali. Questi pannelli drenanti, che hanno il vantaggio della leggerezza, trasportabilità e maneggevolezza, consentono altresì agli operatori di lavorare in sicurezza, essendo assemblabili completamente (guaina compresa), fuori dello scavo, nel quale sono calati successivamente come un nastro. Questo consente, oltre tutto, l'apertura di scavi a sezione più ristretta e la chiusura degli stessi, con l'avanzamento del lavoro, che avvantaggia in modo particolare nel caso di scavi particolarmente profondi. Scavare meno significa altresì ridurre i riporti sulla sponda e quindi ridurre le possibilità di collasso dello scavo e delle conseguenti opere di riapertura e risagomatura degli stessi. Per aumentare la sezione drenante, sulla base della tipologia del terreno o della presenza di falde freatiche a più livelli, possono essere posti ove necessario, dei "camini drenanti" realizzati con pannelli collocati ed assemblati, sempre fuori terra, sopra il nastro principale, in modo da sviluppare un efficace richiamo verticale dell'azione drenante. In ogni caso, al fine di non interferire con alcuna pratica agricola futura, lo strato di terreno sovrastante i drenaggi in generale e questa tipologia, in particolare, non sarà mai inferiore a 1 m.

Le motivazioni che hanno portato a privilegiare l'utilizzo anche di questi nuovo sistema drenante si è basato sui seguenti parametri:

- Minore accessibilità della zona Ovest rispetto a quella Est (servita dalla strada poi ricostituita) e quindi minor traffico pesante su una viabilità particolarmente stretta e prossima ad abitazioni;
- Realizzazione in sicurezza dei nastri drenanti fuori dello scavo e quindi scavi (anche profondi), a sezione più ridotta; tempi di posa estremamente ridotti ed immediato ritombamento degli scavi e ripristino dei luoghi;
- Possibilità di verificare nelle medesime condizioni la capacità drenante di sistemi diversi. Questa opportunità sarà oggetto di sperimentazione condotta dalla Ditta produttrice e fornitrice dei pannelli e l'Università di Bologna, con la collaborazione del Servizio.

IL MONITORAGGIO SPERIMENTALE DELLE FRANE (gli esempi di Casale-Colla in Comune di Ferriere - PC e di Gallare-Pradello in Comune di Farini - PC)

A seguito degli eventi alluvionali che dalla metà degli anni 90 hanno colpito il territorio piacentino ed in particolare la fascia appenninica, si è assistito alla riattivazione di quelle che la letteratura individua come "frane storiche", come ad esempio le due indicate.

Su queste frane, di dimensioni e volumetrie che rendono impensabili consolidamenti definitivi, e che ospitano centri abitati ed infrastrutture e che minacciano di occludere corsi d'acqua anche di notevole importanza, sono stati realizzati consolidamenti parziali e localizzati, ma sono stati anche compiuti degli studi ed indagini approfondite, finalizzate alla individuazione di eventuali soglie di allarme ai fini di Protezione Civile. Attraverso le indagini geognostiche e geofisiche di dettaglio e di una serie di letture strumentali manuali realizzate nel tempo, si è riusciti a ricostruire un modello geometrico delle frane. Restava comunque l'incognita che ogni tipo di spostamento e fluttuazione della falda erano riferibili al momento della misurazione e quindi, anche se parametrati con letture di pluviometri posti nelle vicinanze, era impossibile risalire al momento esatto dello "spostamento" e dell'eventuale innesco di una soglia di allarme.

Prima a Casale-Colla e successivamente a Gallare-Pradello (ove peraltro è tuttora installato), sono stati impiantati in fori di sondaggio due colonne DSM (fig. 5) formate da una serie di cilindri di acciaio di lunghezza pari a un metro, contenenti una serie di sensori (inclinometrici, piezometrici, assestometrici, o altri che si ritenga di posizionare), in grado di registrare in continuo i dati relativi agli spostamenti del terreno alle varie profondità, altezza della falda, ecc., anche in seguito ad eventi sismici, su una centralina alimentata con un pannello fotovoltaico e trasmettendoli in automatico al Servizio, tramite GSM.

I dati registrati ed elaborati insieme alla ditta produttrice (Casale-Colla) ed all'Università di Milano (Gallare-Pradello), opportunamente implementati dai dati pluviometrici delle stazioni più vicine e da quelli geo-litologici e geometrici desunti dalle indagini eseguite, hanno portato ad una serie



Fig. 5

di risultati sperimentali finalizzati alla correlazione, ai fini di Protezione Civile, del dato più facilmente misurabile: la quantità di pioggia, con lo spostamento della frana. Di seguito si riporta un sintetico quadro dei risultati ottenuti.

Casale - Colla

Lo studio dell'evoluzione dello spostamento complessivo dell'intera colonna nel periodo di monitoraggio di un anno (02/04/03 - 22/03/04), evidenzia una sostanziale concordanza tra la cumulata delle precipitazioni misurate alla stazione di Selva e la cumulata degli spostamenti che individuano un primo andamento, fino a fine luglio, con $V1_{med} = 4,5$ mm/mese, seguita da un periodo di rallentamento nella stagione estiva, con $V2 = 2$ mm/mese; un nuovo incremento si verifica nel periodo novembre - dicembre, con $V3 = 22$ mm/mese. Tra gennaio/04 e marzo si assiste ad una attenuazione progressiva del movimento con $V4 = 10$ mm/mese.

Lo spostamento complessivo, a circa - 31 m dal p.c., è stato di 108 mm/anno. Il movimento si è attenuato ed approfondito in virtù dei lavori di consolidamento eseguiti. Questo grafico (fig. 6) è relativo all'evento di precipitazione del 31/10 - 01/11/2003. Si osserva come l'incremento più

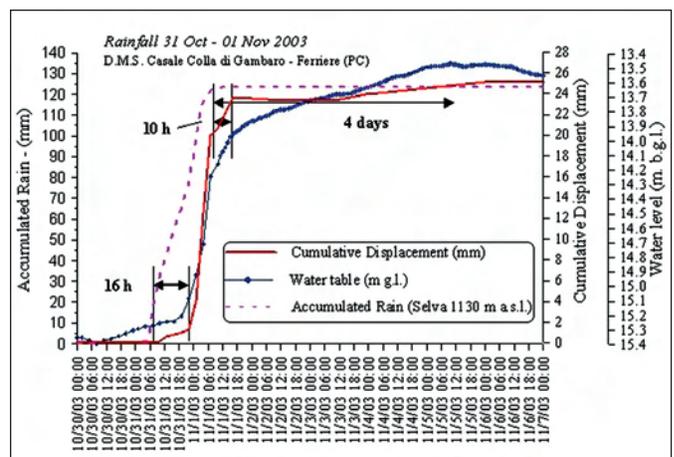


Fig. 6

significativo degli spostamenti si è verificato con un ritardo di circa 16 ore dall'inizio delle precipitazioni (stazione di Selva), in concomitanza con il picco di sovrappressione di falda. Si rileva anche il ritardo di 10 ore tra l'interruzione delle piogge intense e la riduzione degli spostamenti. Il picco di falda - 13,5 m dal p.c. è raggiunto con un ritardo di 4 giorni dall'interruzione delle precipitazioni. La risalita del livello di falda è attenuato dalla rete di dreni suborizzontali eseguiti.

Gallare - Pradello

Lo studio dell'evoluzione dello spostamento complessivo dell'intera colonna nel periodo di monitoraggio di circa 2 anni (12/07/04 - 03/05/06), che a - 10 m è di complessivi 27 mm, evidenzia un incremento dei microspostamenti in concomitanza dei periodi più sfavorevoli dal punto di vista delle precipitazioni ed un rallentamento (fino a fermarsi), nei periodi meno piovosi. Da rilevare l'andamento costante dei movimenti nel corso di un anno di rilievi: 14 mm il primo e 13 mm il secondo.

Nel grafico (fig. 7), sono indicate le precipitazioni giornaliere, le cumulate mensili ed i microspostamenti della frana. Nell'esplosivo si può rilevare lo scostamento tra evento meteorico estremo ed inizio dell'accelerazione del movimento. Riportando in un diagramma logaritmico la durata degli eventi e la loro intensità è stata individuata una retta definita dall'equazione: $Intensità = 10,86 \cdot Durata^{-0,6}$ che può essere definita come "l'equazione sperimentale della frana di Gallare-Pradello", che determina il $FS = 1$, per cercare di individuare una prima soglia di innesco del movimento conoscendo il solo dato di pioggia.

La retta definita in precedenza, riportata su un diagramma sperimentale (linea rossa marcata di fig. 8) realizzato a seguito di studi "a posteriori" di eventi parossistici, si colloca proprio alla base delle soglie di innesco definite dagli altri studiosi.

Elaborazione delle soglie di equilibrio limite

Lo studio cinematico dei dissesti di Casale-Colla e Farini, condotti insieme alla Ditta produttrice ed all'Università degli Studi di Milano - Bicocca, attraverso la Tesi di Laurea del Dott. Lorenzo Baldesi "Studio cinematico dei dissesti ed analisi dei fattori di innesco nella media e alta Val Nure (PC); i casi di monitoraggio in continuo di Farini e Casale-Colla" - Corso di Laurea in Scienze Geologiche Milano 2006, ha consentito il raggiungimento dei seguenti risultati:

- valutazione cinematica dei microspostamenti e la determinazione dei tempi di ritardo intercorrenti tra evento pluviometrico e attività del dissesto;
- determinazione sperimentale di una curva che identifica le soglie di equilibrio limite partendo da precipitazioni

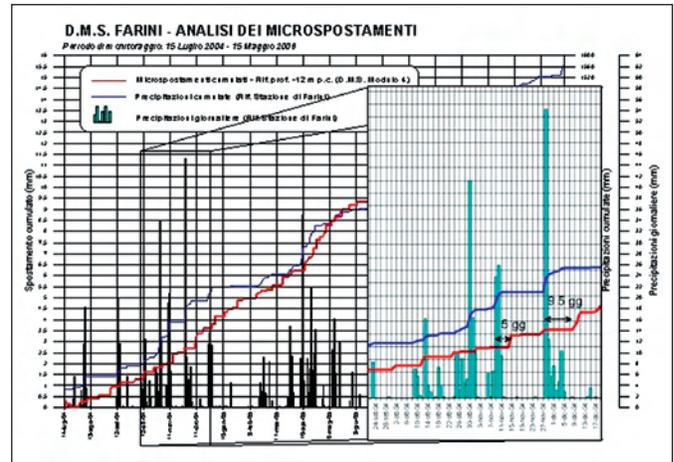


Fig. 7

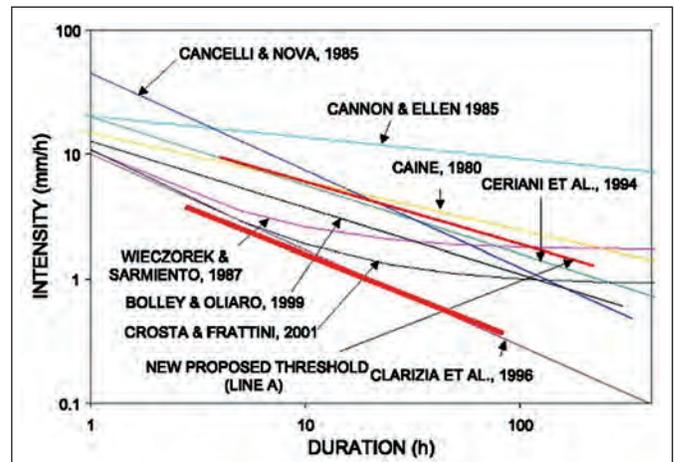


Fig. 8

anche ordinarie che hanno caratterizzato il periodo di monitoraggio;

- possibilità di attivare soglie di "early warning" con finalità di Protezione Civile specifiche del singolo dissesto ed esportabili a scala di bacino;
- possibilità di affinare ulteriormente il modello mediante la prosecuzione del monitoraggio in corrispondenza di eventi meteo di maggiore intensità e durata.

CONCLUSIONI

Lo sviluppo tecnologico, anche nel settore del dissesto idrogeologico, offre una serie di soluzioni in continua evoluzione spesso scarsamente conosciute e quindi inapplicabili. Negli esempi illustrati si è cercato di impostare delle semplici sinergie con Università (Ricercatori e tesisti) e ditte produttrici (senza oneri aggiuntivi per il Servizio e la Regione), finalizzate alla raccolta ed elaborazione dei dati tecnici ricavabili da ogni cantiere ed alla "sperimentazione sul campo" di una serie di soluzioni (peraltro già ampiamente testate sperimentalmente), sia nel settore dei materiali e tecnologie cosiddetti "alternativi", sia in quello dello studio dei fenomeni d'innesco delle frane.