

MODELLAZIONE DELL'INNESCO DI ALCUNI MOVIMENTI FRANOSI SUPERFICIALI INDOTTI DA PIOGGE NELL'APPENNINO PARMENSE

Roberto Valentino, Lorella Montrasio

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura

Università degli Studi di Parma

roberto.valentino@unipr.it, lorella.montrasio@unipr.it

Sommario

Presso l'Università di Parma è stato recentemente sviluppato un modello semplificato per la valutazione del fattore di sicurezza di pendii potenzialmente soggetti a movimenti franosi della coltre di terreno superficiale (Valentino e Montrasio, 2005). Tale modello è stato utilizzato in una procedura di back-analysis per verificare la capacità di cogliere alcuni fenomeni franosi verificatisi recentemente nell'Appennino Parmense.

Il metodo, che permette una correlazione diretta tra il fattore di sicurezza del pendio e l'andamento delle precipitazioni piovose, mostra come il modello per l'analisi dell'innesco sia in grado di rilevare in modo soddisfacente la riduzione del fattore di sicurezza fino all'unità in corrispondenza temporale al verificarsi degli eventi considerati.

Introduzione

Il territorio della Regione Emilia Romagna risulta essere un'area notevolmente soggetta a fenomeni franosi; particolarmente frequenti sono diventati, negli ultimi anni, fenomeni di instabilità che hanno coinvolto porzioni superficiali della coltre detritica dei pendii collinari e che hanno provocato notevoli danni a strutture ed infrastrutture. In particolare, nel territorio della Provincia di Parma si sono recentemente verificati numerosi fenomeni franosi superficiali riconducibili alla tipologia dei "soil slip". Per condurre un'analisi del fenomeno mediante l'utilizzo del modello semplificato messo a punto presso l'Università di Parma (Montrasio, 2000; Montrasio et al., 2002; Montrasio e Valentino, 2003a, 2007a), sono stati presi in considerazione quattro siti-campione per i quali fosse nota la data dell'evento di instabilità: Località "Badia Cavana", nel Comune di Lesignano de'Bagni (28 ottobre 2004); "Frana Madoni" in Località "Monteremo", nel Comune di Tizzano Val Parma (4 marzo 2004); Località "Ca' Bernini", Comune di Neviano degli Arduini (5 ottobre 2005); Località "Cento Pozzi", Comune di Salsomaggiore Terme (ottobre 2005). Lo scopo principale dell'intera analisi è rappresentato dalla valutazione della validità del modello analitico semplificato riferita ai siti studiati. In definitiva, è stato compiuto un primo importante passo per poter attivare successivamente un lavoro di previsione e controllo sul rischio da scivolamenti superficiali esteso a livello territoriale, mediante l'utilizzo di una piattaforma di monitoraggio ambientale in tempo reale (Valentino e Montrasio, 2005), offrendo una dimostrazione delle capacità applicative della modellazione dell'innesco dei "soil slip".

Caratterizzazione geotecnica ed analisi delle piogge

Durante la fase preliminare, oltre ad un rilievo della geometria di ogni singolo pendio soggetto al dissesto, che ha permesso di determinarne l'inclinazione (β) e lo spessore dello strato instabile (H), è stata effettuata una caratterizzazione geotecnica dei terreni superficiali coinvolti nei fenomeni di instabilità, sulla base di prove di laboratorio su campioni prelevati in

sito; ciò ha permesso di determinarne la porosità (n), il peso specifico (G_s), i parametri di resistenza meccanica (ϕ' e c') e la capacità di deflusso (K_T) per ogni sito considerato, come riportato in Tabella 1.

Tabella 1. Parametri geometrici e geotecnici relativi ai quattro siti-campione.

Sito	β [°]	H [m]	n	G_s	ϕ' [°]	c' [kPa]	K_T [m/s]
Badia Cavana	27	2.25	0.4	2.45	25	0	$0.65 \cdot 10^{-7}$
Frana Madoni	35	3.50	0.4	2.65	25	0	$0.80 \cdot 10^{-7}$
Ca' Bernini	30	1.80	0.4	2.55	25	0	$2.50 \cdot 10^{-7}$
Cento Pozzi	41	2.25	0.4	2.00	26	0	$1.80 \cdot 10^{-7}$

E' stato inoltre condotto uno studio sui dati pluviometrici registrati in stazioni prossime alle quattro località individuate. I dati di pioggia a disposizione, dal 1951 al 2006, sono stati elaborati in modo tale da analizzare l'andamento della pioggia media giornaliera, con riferimento all'anno solare. Da questi andamenti (Figura 1) si evince come le precipitazioni nel corso degli anni abbiano subito una certa modifica: in un periodo più recente (1980-2006) il clima sembra essere stato caratterizzato da un minor numero di giorni piovosi ma con precipitazioni di maggiore intensità rispetto alla media riferita al periodo 1951-1980.

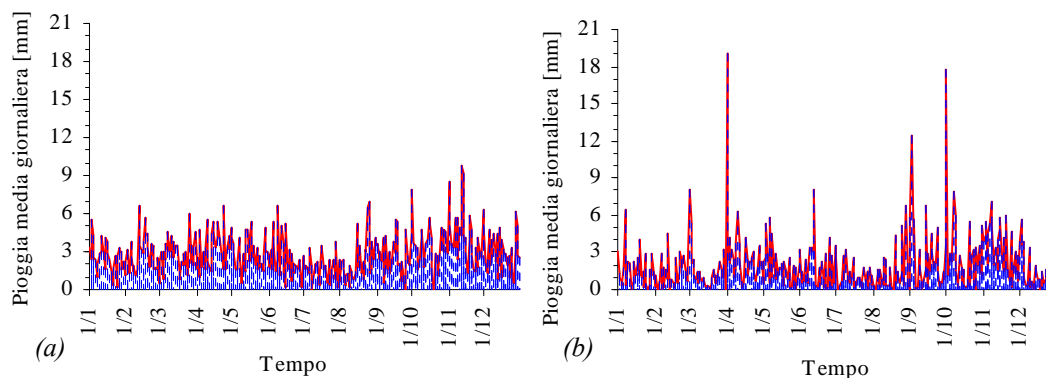


Figura 1. Andamenti medi giornalieri su base annua dell'altezza di pioggia caduta in prossimità delle località "Frana Madoni" e "Ca' Bernini" in due differenti periodi di osservazione: 1951-1980 (a) e 1980-2006 (b) [Dati ARPA-SIM Emilia Romagna].

Applicazione del modello d'innescò semplificato

Come già espresso in altre sedi (Valentino e Montrasio, 2005; Montrasio e Valentino, 2003b, 2007b), il metodo messo a punto per la descrizione dell'innescò dei soil slip è stato concepito come un mezzo semplificato di analisi: si considera un pendio infinito, costituito da uno strato di terreno di spessore relativamente modesto, la cui permeabilità è più elevata rispetto a quella del substrato. L'innescò del fenomeno viene modellato attraverso una riduzione della resistenza a taglio del terreno, legata, a sua volta, alle iniziali condizioni di parziale saturazione ed alla saturazione di parte dello spessore instabile a seguito di una precipitazione piovosa, la cui intensità critica è strettamente connessa al contenuto iniziale d'acqua del terreno stesso.

Il fattore di sicurezza (F_s), valutato mediante il metodo dell'equilibrio limite, è dipendente dalla geometria del pendio, dalle proprietà fisiche, dai parametri di resistenza al taglio e dalla capacità di drenaggio del terreno della coltre superficiale, oltre che dalle piogge. I risultati ottenuti mediante l'applicazione del modello semplificato, sulla base dei dati geotecnici e pluviometrici relativi ad ogni evento considerato, permettono di visualizzare l'andamento del fattore di sicurezza nel tempo, evidenziando la condizione di instabilità ($F_s=1$) solo in corrispondenza di determinati eventi meteorici critici. Come dato di input del modello è stato considerato l'apporto di pioggia in termini di altezza d'acqua giornaliera, relativa ad un periodo di 12 mesi nell'intorno della data corrispondente a ciascun evento.

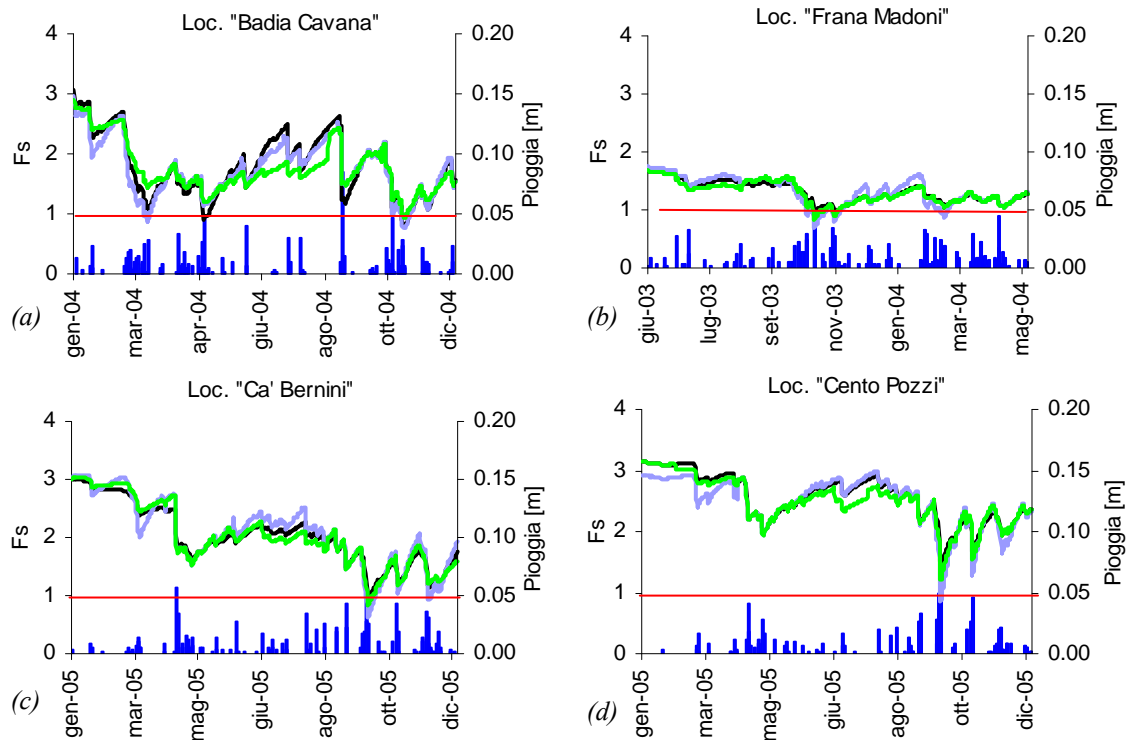


Figura 2. Pioggia giornaliera registrata ed andamento del fattore di sicurezza in funzione del tempo, su base annua, in località “Badia cavana” (a), “Frana Madoni” (b), “Ca’ Bernini” (c), “Cento Pozzi” (d). Le curve di diverso colore sono relative a modalità distinte per la valutazione del grado di saturazione.

La Figura 2 mostra il risultato dell’applicazione del modello ai quattro siti-campione, evidenziando l’andamento nel tempo del fattore di sicurezza in funzione delle piogge giornaliere. E’ possibile notare come per i siti “Badia Cavana” (a) e “Frana Madoni” (b) il modello colga una situazione di instabilità, oltre che in corrispondenza della data attesa (rispettivamente 28 ottobre 2004 e 4 marzo 2004), anche in corrispondenza di altre precipitazioni, precedenti al periodo di reale accadimento degli eventi. Nel primo caso si tratta di un sito notoriamente soggetto ad un’alta frequenza di fenomeni di instabilità superficiale: si può supporre che durante i periodi più piovosi della primavera 2004 si fossero verificati fenomeni analoghi a quelli dell’ottobre dello stesso anno, ma che probabilmente non siano stati segnalati all’autorità competente (Comunità Montana Parma Est). Anche per la “Frana Madoni” si tratta di un fenomeno di instabilità con frequenza quasi stagionale, ma le sue caratteristiche sono solo parzialmente assimilabili a quelle di un soil-slip, a partire dallo spessore dello strato coinvolto rispetto al suo sviluppo in superficie; perciò, in tal caso, il modello potrebbe non essere adatto all’analisi del fenomeno. Per i siti “Ca’ Bernini” (c) e “Cento Pozzi” (d), invece, si può osservare come il modello riesca a cogliere in maniera soddisfacente la drastica riduzione del fattore di sicurezza fino all’unità, in corrispondenza degli eventi accaduti, in entrambe le località, nell’ottobre 2005.

Valutazione del grado di saturazione

A perfezionamento del modello, si è cercato di valutare in maniera semplificata l’andamento del grado di saturazione nel tempo in funzione delle piogge. Se da un lato il grado di saturazione può essere significativamente rappresentato tramite la curva di ritenzione idrica tipica per ciascuna tipologia di terreno, dall’altro numerose misure sperimentali (Quintavalla, 2006) mostrano come tale parametro, almeno nelle regioni dell’Italia settentrionale, assuma un andamento tipicamente stagionale, attestandosi attorno al valore 0.6 nei periodi estivi e 0.8 nei

periodi invernali, limitatamente agli strati più superficiali di terreno. Gli stessi dati mostrano come il grado di saturazione si possa considerare sostanzialmente costante nel tempo, per terreni di qualsiasi tipo, che si trovino oltre due o tre metri di profondità rispetto al piano campagna. Per questo motivo, per ogni sito analizzato, sono stati messi in evidenza (Figura 2) tre andamenti del fattore di sicurezza, ciascuno dei quali caratterizzato da una differente modalità di valutazione del parametro S_r : ipotizzato costante per ogni singolo mese e valutato in base all'andamento annuale delle piogge (curva verde); pari a 0.6 per i mesi estivi e 0.8 per i mesi invernali (curva grigia) oppure valutato tramite l'espressione analitica (1)

$$S_r = Z \cdot S_0 + \frac{\beta^* \cdot h}{n \cdot H} \quad (1)$$

dove:

- β^* rappresenta la quota parte di pioggia che, penetrando nella coltre superficiale, ne modifica il grado di saturazione;
- h è l'altezza di pioggia giornaliera [m];
- n è la porosità del terreno;
- H è lo spessore della coltre superficiale mobilitata [m];
- S_0 è il grado di saturazione iniziale o attuale;
- Z rappresenta il coefficiente di "essiccamento" giornaliero del terreno, che permette di poter considerare l'effetto di riduzione del grado di saturazione in assenza di pioggia.

Gli andamenti del fattore di sicurezza nel tempo in funzione dell'altezza di pioggia hanno evidenziato come le diverse modalità di valutazione del grado di saturazione risultino sostanzialmente equivalenti. La curva relativa all'ipotesi del grado di saturazione compreso nell'intervallo 0.6-0.8 mostra una maggiore tendenza, rispetto alle altre, a fornire valori più cautelativi del fattore di sicurezza, mentre le altre due presentano tratti molto simili e in grado di cogliere in modo più adeguato il singolo evento d'instabilità noto.

Conclusioni

Un metodo semplificato per la valutazione del fattore di sicurezza per pendii potenzialmente soggetti a movimenti franosi superficiali indotti da piogge è stato utilizzato, in una procedura di back-analysis, per verificare la capacità di cogliere alcuni eventi verificatisi recentemente nell'Appennino Parmense. Il metodo si è dimostrato efficace per rilevare con un certo grado di accuratezza la condizione di instabilità in corrispondenza degli eventi realmente accaduti.

Bibliografia

- Montrasio L. (2000), *Stability analysis of soil slip*, Proc. Int. Conf. Risk 2000, Wit Press, Southampton.
- Montrasio L., Re F., Valentino R. (2002), *An approach to measure soil slip risk*, Proc. of 3rd Int. Conf. On Comp. Simulation in Risk Analysis and Hazard Mitigation, Wit Press, Southampton.
- Montrasio L., Valentino R. (2003a), *Experimental analysis on factors triggering soil slip*, Proc. Int. Conf. on Fast Slope Movements, Patron Ed., Bologna.
- Montrasio L., Valentino R. (2003b), *Validation of a model for triggering mechanism of shallow landslides*, 5th Euromech Solid Mechanic Conf. (ESMC), Thessaloniki, Greece, 22-27 August 2003.
- Montrasio L., Valentino R., (2007a), *Experimental analysis and modelling of shallow landslides*, Landslides, Springer-Verlag (DOI 10.1007/s10346-007-0082-3).
- Montrasio L., Valentino R. (2007b), *A model for triggering mechanism of shallow landslides*, European Geosciences Union, General Assembly 2007, Vienna, Austria, 15 – 20 April 2007.
- Quintavalla C. (2006), *Valutazione del grado di saturazione in terreni superficiali per l'analisi di stabilità di pendii in terra*, Tesi di Laurea, Facoltà di Ingegneria, Università di Parma.
- Valentino R., Montrasio L. (2005), *Sviluppo di un sistema di monitoraggio real-time per fenomeni franosi superficiali indotti da piogge*, Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica, Ancona, IARG 2005.