

DESCRIZIONE ED ANALISI DINAMICA DELLA VALANGA DI ROCCIA DI PUNTA THURWIESER (ALPI CENTRALI, ITALIA)

Marina Pirulli, Claudio Scavia

Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Politecnico di Torino, Italia

e-mail: marina.pirulli@polito.it, claudio.scavia@polito.it

Giovanni Mortara

CNR-IRPI, Torino, Italia

e-mail: giovanni.mortara@irpi.cnr.it

Andrea Tamburini

CESI S.p.A., Milano, Italia

e-mail: tamburini@cesi.it

Sommario

La valanga di roccia della parete sud-est della Punta Thurwieser, presso Santa Caterina Valfurva (Italia), è avvenuta il 18 Settembre 2004. L'area di distacco si localizza a circa 3600 metri di altitudine e il volume di roccia mobilitatosi è di circa $3 \cdot 10^6$ m³. Durante la fase di propagazione la massa di roccia è transitata sulla superficie del ghiacciaio dello Zebrù, coprendone la fronte, e si è arrestata dopo un percorso di circa 3000 m. Il principale fattore scatenante l'evento si ipotizza che sia stato la degradazione del permafrost a seguito di un periodo di temperature eccezionalmente elevate. La dinamica della frana viene studiata mediante il codice di calcolo RASH3D, basato su un approccio di meccanica dei continui. Al fine di riprodurre l'inaspettatamente grande distanza di propagazione è stato necessario utilizzare una reologia di tipo Voellmy con angoli di attrito ridotto in corrispondenza del ghiacciaio.

Introduzione

La crescente antropizzazione delle aree alpine, principalmente legata al turismo estivo ed invernale, richiede che, al fine di ridurre la pericolosità derivante dalle possibili instabilità di versante, la gestione del territorio sia opportunamente pianificata.

La degradazione del permafrost e la riduzione dell'estensione dei ghiacciai, associate al riscaldamento globale, contribuiscono in modo significativo all'ulteriore riduzione della stabilità delle pareti rocciose, aumentando conseguentemente la pericolosità da frana. Inoltre, le elevate velocità che la massa può raggiungere durante la propagazione, dovute al tipo di materiale coinvolto (roccia, detrito, ghiaccio, neve) e al tipo di substrato (ghiacciai), permettono che distanze dell'ordine di chilometri siano rapidamente percorse.

Il presente lavoro intende sottolineare il contributo della modellazione numerica alla previsione della propagazione di frane di ingente volume. Per sottolineare la complessità dei fenomeni analizzati è stata presa a riferimento la frana della Thurwieser verificatasi nel 2004 sulle Alpi Centrali Italiane. La fase di propagazione di tale fenomeno è stata analizzata con l'ausilio del codice di calcolo RASH^{3D} (Pirulli, 2005), basato su un approccio della meccanica del continuo ampiamente descritto in Audusse et al. (2000), Mangeney et al. (2003) e Pirulli (2005). I risultati conseguiti attraverso l'impiego di una reologia di tipo Voellmy ed una attritiva sono stati messi a confronto e hanno evidenziato l'importanza della scelta della reologia.

La frana di Punta Thurwieser

La Punta Thurwieser (3652 m) in Val Zebrù segna il confine tra Lombardia e Trentino Alto Adige e più in particolare delimita il territorio della Provincia di Sondrio da quello della Provincia di Bolzano (Dei Cas et al., 2004).

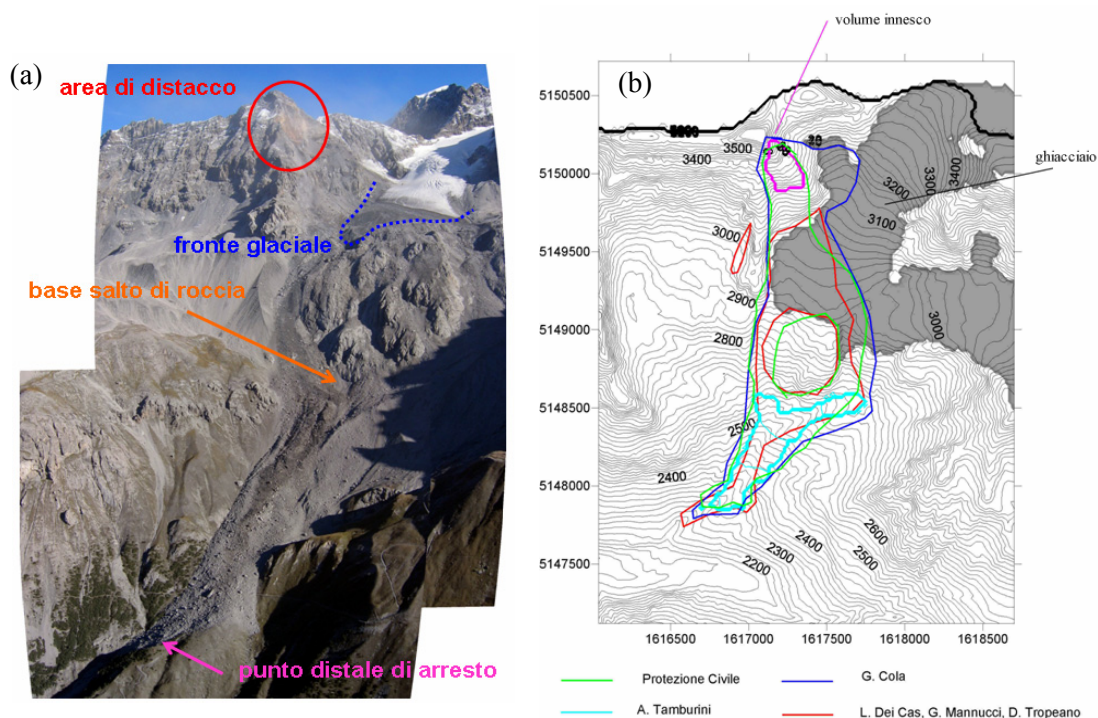


Figura 1 – a) La valanga di roccia di Punta Thurwieser (foto: Regione Lombardia). Ben riconoscibili la nicchia di distacco ed il punto di arresto; b) delimitazione dell'area coinvolta secondo l'interpretazione di vari Autori.

Il 18 settembre 2004 il collasso di un volume di roccia, stimato nell'accumulo in circa $3 \cdot 10^6$ m³ (rilievi CESI e CNR-IRPI), ha interessato parte del versante Sud della Punta Thurwieser, tra le quote 3250 e 3600 m. circa. La pendenza elevata della zona di distacco e la presenza di una lingua glaciale (Ghiacciaio dello Zebrù) nella zona immediatamente sottostante hanno determinato uno scarso accumulo di materiale detritico lungo il percorso (Cola, 2005). Superato un "salto di roccia", la massa si è rapidamente portata verso le quote inferiori evolvendo in una valanga di roccia incanalata all'interno dell'alveo del Rio Marè e ricoprendo gran parte dell'apparato morenico storico depositato dal ghiacciaio (Figura 1a).

Analisi numerica di propagazione

Per potere individuare quale fosse la migliore ricostruzione dell'evento franoso di Punta Thurwieser, i risultati ottenuti con il codice RASH3D sono stati sistematicamente confrontati con l'involuppo di propagazione e deposizione della massa dato dalla sovrapposizione delle informazioni derivanti da rilievi aerei e sopralluoghi di autori diversi (Figura 1b).

Le analisi numeriche sono state condotte cercando di utilizzare reologie semplici (Pirulli, 2005), così da ridurre al minimo il numero di parametri da tarare.

Una prima ipotesi (Hp.1 Tab.1) ha previsto il ricorso ad una reologia attritiva con un unico valore di angolo di attrito (ϕ), da utilizzare sia in corrispondenza del ghiacciaio che al di fuori di questo. I risultati ottenuti hanno evidenziato la cruciale importanza del ghiacciaio sulla propagazione della massa. L'utilizzo di un unico valore di angolo di attrito non ha infatti permesso di riprodurre correttamente il deposito, in quanto la maggior parte del volume roccioso si arresta in corrispondenza dell'area che nella realtà è ricoperta dal ghiacciaio. Una

riduzione del valore dell'angolo di attrito, per far sì che la massa transiti sul ghiacciaio ma senza depositarsi, determina una eccessiva propagazione del fronte.

La fase successiva ha previsto di continuare ad utilizzare la reologia attritiva ma con due valori diversi di angolo di attrito (Hp. 2 Tab.1): uno in corrispondenza del ghiacciaio (φ_1) e l'altro al di fuori di questo (φ_2). Il valore di φ_1 è stato tratto dalla letteratura (Bottino et al., 2002) e tenuto fisso in tutte le analisi. Questa nuova configurazione ha comportato l'eliminazione della deposizione di materiale in corrispondenza del ghiacciaio ma non ha permesso di pervenire alla corretta rappresentazione dell'area di propagazione e del deposito.

A fronte dei risultati ottenuti, si è deciso di ricorrere ad una reologia di tipo Voellmy, per la quale oltre all'angolo di attrito (φ) è necessario definire anche un coefficiente di turbolenza (ξ). Con la nuova reologia si sono condotte le analisi utilizzando angoli di attrito diversi in corrispondenza del ghiacciaio (φ_1) e al di fuori di questo (φ_2) ma un unico valore di coefficiente di turbolenza (ξ) per tutto il percorso di propagazione (Hp.3 Tab.1).

Queste analisi hanno permesso di pervenire alla migliore approssimazione sia del percorso di propagazione seguito dalla massa che della zona di deposito.

Hp. 1	Hp.2		Hp. 3		
φ [°]	φ_1 [°]	φ_2 [°]	ξ [m/s ²]	φ_1 [°]	φ_2 [°]
25	0.6	28	50	0.6	16
20	0.6	30	50	0.6	14
	0.6	32	100	0.6	14
	0.6	38	150	0.6	14
			150	0.6	12
			150	0.6	10
			200	0.6	10

Tab. 1. Parametri reologici assunti per le due reologie assunte nelle analisi con RASH3D.

Al fine di capire quali siano gli aspetti che permettono alla reologia Voellmy di approssimare l'evoluzione della frana della Punta Thurwieser meglio che con la reologia attritiva, un confronto tra il miglior risultato ottenuto con l'Hp.2 ($\varphi_1 = 0.6^\circ - \varphi_2 = 30^\circ$) e il miglior risultato ottenuto con l'Hp.3 ($\xi = 200\text{m/s}^2 - \varphi_1 = 0.6^\circ - \varphi_2 = 10^\circ$) è stato quindi effettuato (Figura 2).

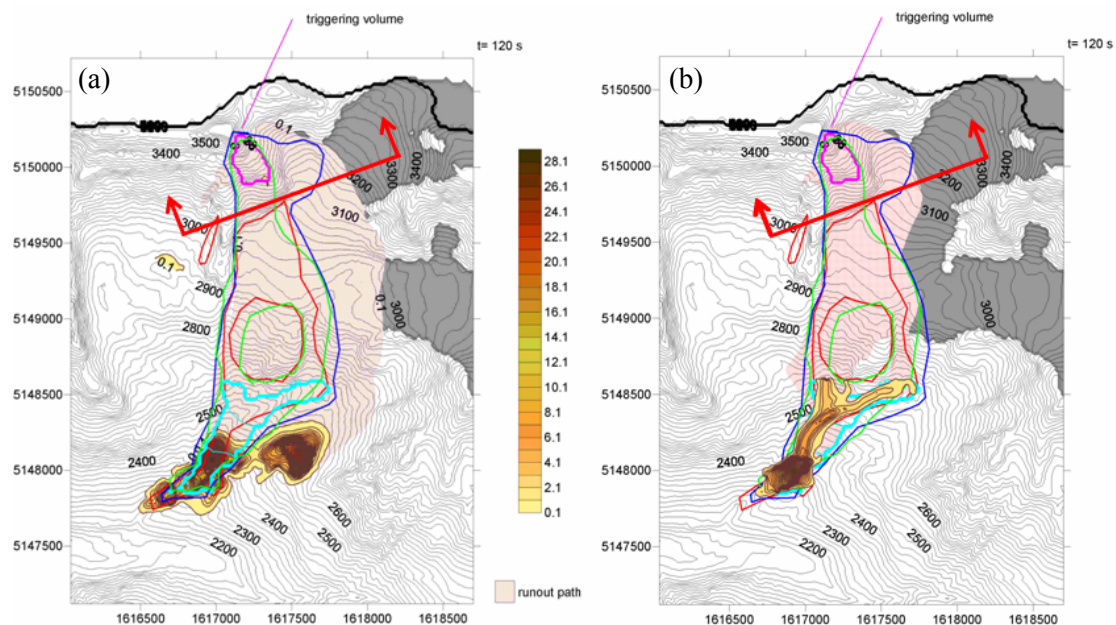
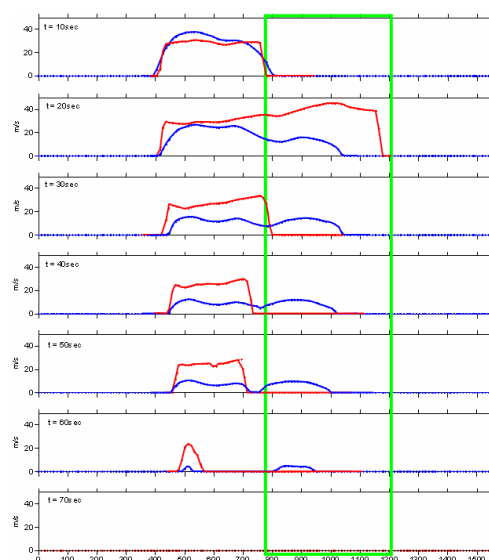


Figura 2 – Reologie a confronto (a) Attritiva ($\varphi_1 = 0.6^\circ - \varphi_2 = 30^\circ$); (b) Voellmy ($\xi = 200\text{m/s}^2 - \varphi_1 = 0.6^\circ - \varphi_2 = 10^\circ$).

Dalla sezione trasversale riportata in Figura 3, la cui posizione è indicata in Figura 2, si rileva come con la reologia attritiva la massa arrivi in corrispondenza del ghiacciaio con una velocità di circa 45m/s (162km/h) mentre con la reologia Voellmy tale velocità si riduce ad un valore di circa 15 m/s (54km/h).

Ne deriva che l'elevata velocità della reologia attritiva non permette alla massa di rimanere piuttosto compatta durante il transito sul ghiacciaio. Un percorso di propagazione molto più ampio di quello rilevabile in sito si viene così a configurare (Figura 2a). Al contrario la ridotta velocità del Voellmy riesce a determinare un corridoio di propagazione più stretto e quindi meglio corrispondente alla realtà (Figura 2b).



*Figura 3 – Profili di velocità a confronto.
 Rosso: Attritiva ($\varphi_1=0.6^\circ$ - $\varphi_2=30^\circ$); Blu:
 Voellmy ($\zeta=200\text{m/s}^2$ - $\varphi_1=0.6^\circ$ - $\varphi_2=10^\circ$).*

Conclusioni

Il confronto tra reologia Voellmy e attritiva ha messo in evidenza interessanti aspetti sul diverso comportamento che la massa può assumere in funzione della legge di comportamento scelta. In particolare, è emerso che talvolta il ricorso ad una legge troppo semplice non permette di tenere in considerazione gli aspetti complessi che un fenomeno quale una valanga di roccia può presentare, specie se in presenza, come nel caso in esame, di un ghiacciaio lungo parte del percorso di propagazione.

In conclusione, si sottolinea quanto siano importanti un'attenta analisi delle caratteristiche del sito in esame e una scelta oculata della reologia da applicare, specie quando le analisi realizzate siano di tipo previsionale.

Bibliografia

- Audusse E., Bristeau M.O., Perthame B. - Kinetic schemes for Saint-Venant equations with source terms on unstructured grids, INRIA Rep. 3989, Natl.Inst.for Res.in Comput. Sci. and Control, Le Chesnay, France, 2000.
- Bottino G., Chiarle M., Joly A., Mortara G. – Modelling rock avalanches and their relation to permafrost degradation in glacial environments, Permafrost and Periglacial Processes, 13: 283-288, 2002.
- Cola G. – La grande frana della cresta sud-est della Punta Thurwieser (Thurwieser-Spitze) 3658 m. Terra Glacialis Annali di Cultura Glaciologica, 8: 9-37, 2005.
- Dei Cas L., Mannucci G., Tropeano D. – Thurwieser, 18 settembre 2004, frana la cima in Alta Val Zebrù. SLM Rivista dell'istitutuo nazionale della montagna, 17: 16-21, 2004
- Mangeney-Castelnau A., Vilotte J.-P., Bristeau M.O., Perthame B., Bouchut F., Simeoni C., Yernini S. - Numerical modelling of debris avalanches based on Saint-Venant equations using a kinetic scheme. Journal geophys. res. 108 (B11),EPM 9 (2003), 1-18.
- Pirulli M. Numerical modelling of landslide runout, a continuum mechanics approach, Tesi di Dottorato in Ingegneria Geotecnica, Politecnico di Torino, Italia, 2005
- Savage S.B, Hutter K. The motion of a finite mass of granular material down a rough incline. Journal of Fluid Mechanics, 199: 177-215, 1989