

Utilizzo integrato di misure GPS in continuo e rilievi laser scanner per il controllo del fenomeno di crollo di Le Ayas (Bardonecchia - Torino)

Giorgio LOLLINO, Marco BALDO, Daniele GIORDAN, Franco GODONE

CNR – IRPI Strada delle Cacce, 73 – 10135 – Torino; E-Mail: Giorgio.lollino@irpi.cnr.it

Riassunto

Il monitoraggio delle frane di crollo in alta montagna rappresenta da sempre un problema tecnologico non sempre di facile soluzione.

Per il monitoraggio di un fenomeno appartenente a tale tipologia di dissesto è stato progettato un sistema di monitoraggio integrato attualmente in fase di sperimentazione avanzata.

Tale sistema, installato presso la frana di Le Ayas (Comune di Bardonecchia – TO), è costituito da una rete di GPS, con controllo in remoto, alla quale viene affiancato il rilevamento periodico del fronte instabile mediante tecniche a scansione laser terrestre.

La metodologia d'indagine prevede lo scarico e l'analisi giornaliera dei dati GPS e, in base all'evoluzione del fenomeno, la pianificazione dell'esecuzione dei rilievi laser scanner.

Dai primi dati raccolti risulta che tale approccio possa essere considerato una valida soluzione per il monitoraggio di siti difficilmente raggiungibili.

Abstract

The monitoring of rockfall landslides in high mountain sites represents always a big technical and logistic problem. To control this rockfall phenomenon was designed an integrated monitoring system currently in advanced experimental phase.

This system, installed on the “Le Ayas” landslide (located in high Susa valley – close to Bardonecchia town) is constituted by 3 automatic L1 GPS sensors, controlled by a GSM connection, and by a periodically ground-based LIDAR surveys.

The architecture of this system provide daily download of GPS raw data and post-processing phase to analyze potential displacements and to plan, if a considerable evolution of phenomenon is detected, improvement of LIDAR surveys.

Form the beginning of the installation until today, this approach can be considered a reliable solution for the monitoring of very difficult accessible sites.

La frana di Les Ayas

In destra idrografica della valle di Rochemolles (Comune di Bardonecchia - TO) si attivò, nel gennaio 2001, un fenomeno di crollo del substrato roccioso (figura 1). Il CNR IRPI fu incaricato dal comune di Bardonecchia di eseguire un primo sopralluogo e di progettare un sistema di monitoraggio del fenomeno franoso. Data l'elevata difficoltà di accessibilità del sito, raggiungibile quasi esclusivamente in elicottero, si decise di progettare un sistema di monitoraggio sperimentale automatizzato. Per valutare l'evoluzione del fenomeno fu deciso di utilizzare un sistema di monitoraggio composito che prevedesse l'utilizzo integrato di una rete GPS fissa e di rilevamenti LIDAR effettuati a cadenza regolare. La scelta di utilizzare GPS fissi è legata alla notevole distanza tra il fondovalle e il fronte della zona instabile (più di 900 metri) che non permetteva l'utilizzo di altre strumentazioni di tipo topografico convenzionale.

Per questo motivo fu inizialmente realizzata una configurazione minima composta da tre stazioni GPS, gestite dalla sede del CNR-IRPI tramite connessione GSM.

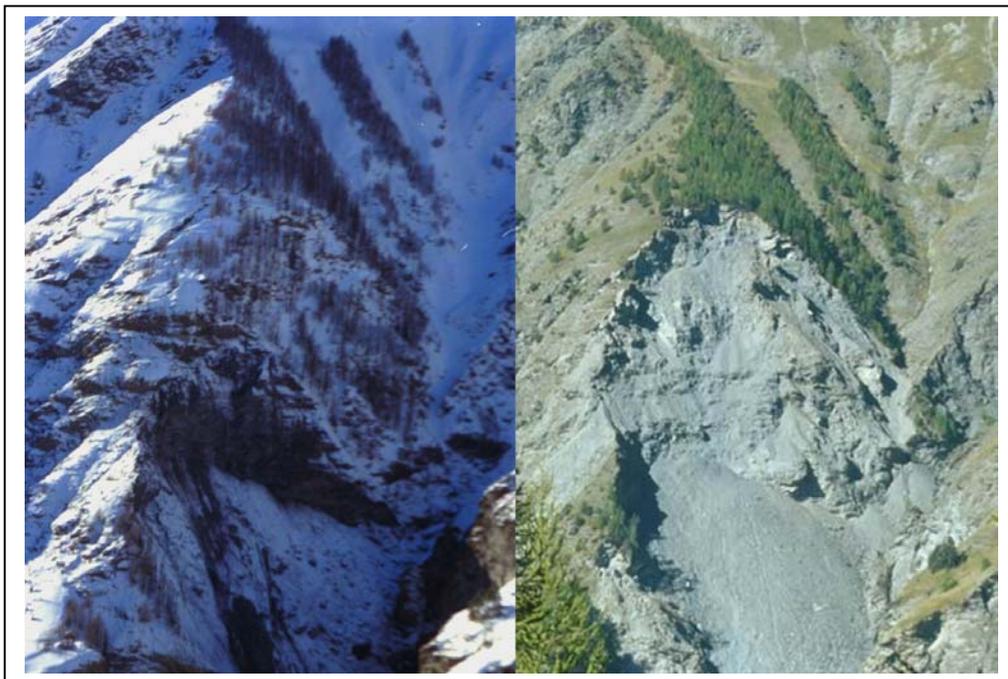


Fig. 1 - Confronto fotografico tra la situazione del gennaio 2001 e del 2004.

Inquadramento Geologico

L'area coinvolta ricade nel settore medio-superiore del Rio Chanteral (affluente in destra idrografica del Torrente Rochemolles); la nicchia di distacco, di forma semicircolare, si trova sul lato destro dell'incisione del Rio, tra i 2055 ed i 1960 m s.l.m., mentre l'accumulo ha in parte

colmato la profonda incisione provocata dall'azione erosiva del Rio stesso, arrivando a lambire il Torrente Rochemolles.

La zona in cui si è verificato il distacco è costituito da scisti carbonatici a patina di alterazione oca, appartenenti al *Complesso del Lago Nero* (F° Bardonecchia, 1999), con scistosità per lo più immergente verso N -NW.

La giacitura a reggipoggio, visibile chiaramente negli affioramenti presenti sul versante destro della valle di Rochemolles, crea le condizioni favorevoli per la creazione di una morfologia caratterizzata dalla presenza di pareti verticali, talora aggettanti, sulle quali è possibile scorgere segni di fenomeni di crollo più o meno recenti.

La frana attualmente attiva, è sicuramente favorita da una serie di sistemi di discontinuità in grado di isolare anche porzioni considerevoli di substrato roccioso instabile.

Dopo il primo e più importante evento del gennaio 2001, il fronte instabile venutosi a creare è stato continuamente soggetto a limitati fenomeni di crollo che ne hanno modificato il profilo.

La parte sommitale del fronte, inizialmente aggettante, è stata progressivamente smantellata alcuni settori maggiormente instabili nella zona del

coronamento sono precipitati a valle. va poi sottolineata la tendenza retrogressiva del fenomeno franoso evidenziata dalla presenza di numerose fratture (con apertura metrica) presenti nella zona posta a monte dell'attuale coronamento.

Il sistema di monitoraggio

La rete GPS fissa è costituita da tre apparati operanti in singola frequenza ingegnerizzati in box a tenuta stagna, corredati di modem GSM per la trasmissione dei dati, per la ricezione dei parametri di acquisizione delle sessioni statiche ed alimentati da pannelli solari che ne assicurano il funzionamento in piena autonomia.

La rete è costituita da due sensori di riferimento, collocati in area stabile e da un sensore installato su corpo frana.



Fig. 2 - Vista del fenomeno di crollo di Le Ayas (giugno 2005): il deposito ha progressivamente colmato il rio Chanteral e sta invadendo anche la zona di conoide.

In considerazione delle evidenti limitazioni dovute all'utilizzo di sensori operanti in singola frequenza, tenendo però conto delle difficoltà logistiche legate all'installazione di tali sensori in aree soggette ad una non trascurabile occultazione della costellazione GPS dovuta alle vicine pareti rocciose, le baselines reciproche risultano avere una lunghezza massima di 4 km.



Fig. 3: Sensori di riferimento **A** (Bardonecchia); **B** (Rochemolles); **C** (Rover su frana)

Un approfondito test di controllo effettuato nella nostra sede e avente lo scopo di simulare il funzionamento dei sensori nell'area oggetto dei nostri studi, ha evidenziato come tale sistema possa ritenersi affidabile solo in caso di soluzioni fixed e con osservazioni sovrabbondanti e comunque ben oltre la soglia del fissaggio degli interi in L1. Inoltre, la mancanza di informazioni inerenti l'eccentricità del centro di fase per l'antenna a corredo (*multipulse L1*) fa ritenere plausibile che le soluzioni ottenibili siano comunque di ordine centimetrico.

Il sistema, così costituito, effettua osservazioni giornaliere, concentrate durante le ore notturne, al fine di aumentare l'affidabilità delle stesse e di diminuire i disturbi di carattere elettromagnetico dovuti alle normali attività antropiche, della durata di 1,5 ore con un *rate* di acquisizione di 2 secondi. Il software di gestione e controllo, provvede al download automatico dei file raw per la successiva fase di post-processamento e compensazione. Tale fase avviene in modalità semi-automatizzata.

I dati analizzati, a partire dal 10 luglio 2004 fino ad oggi, non evidenziano significativi movimenti nelle tre componenti E,N,H. Le oscillazioni riscontrate sui vettori di spostamento di ciascuna acquisizione sono imputabili principalmente alle relazioni esistenti tra il numero di satelliti visibili (mediamente 5), alle loro geometrie con i relativi indici DOP (*Dilution of precision*), ed al raggiungimento di soluzioni affidabili, riscontrate solamente nel caso di geometria di compensazione a partire da tutti e due i vertici di riferimento. Le osservazioni, sono infatti state

riprocessate utilizzando differenti software di post-processamento, al fine di ottenere un quadro il più affidabile sulla reale affidabilità dei risultati forniti dal software in dotazione.

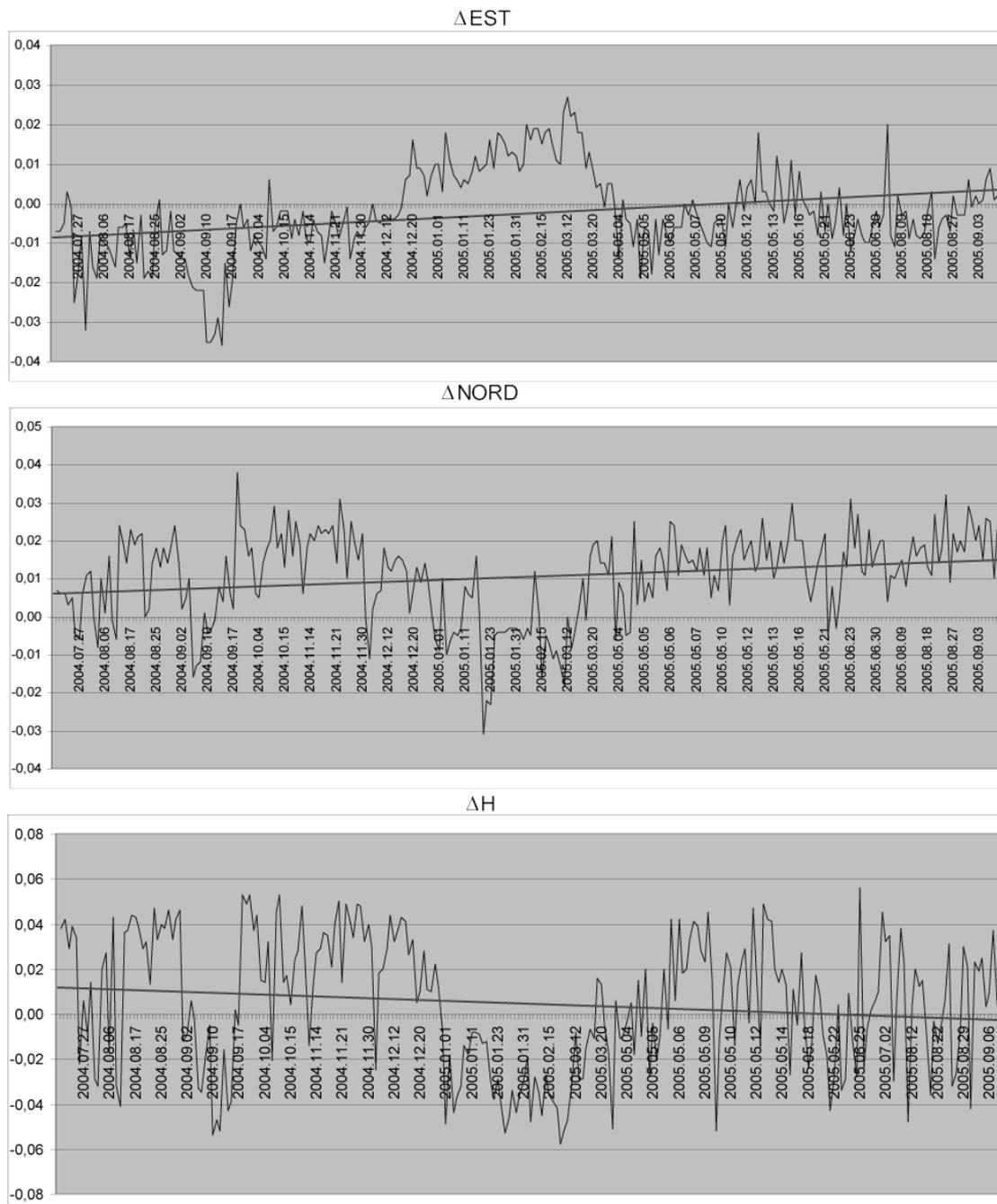


Fig 4: Grafico illustrante le componenti spaziali E,N,H e retta di regressione lineare

Rilevamenti LIDAR

Oltre al controllo con i GPS, si è ritenuto opportuno utilizzare anche un laser scanner terrestre.

La frequenza delle scansioni è legata ai dati provenienti dai rilevamenti GPS: in caso di indicazioni di movimenti importanti si provvede nel giro di qualche giorno all'esecuzione della scansione; se, invece,

non sono rilevati movimenti significativi, le scansioni vengono eseguite con frequenza minore per poter monitorare l'evoluzione dei crolli diffusi che interessano il fronte.

Lo strumento utilizzato è un sensore RIEGL LPM 420i che consente la ripresa contestuale di immagini digitali, successivamente ortorettificate (Beraldin *et al.*, 2000), al fine di poter meglio valutare, tramite analisi interpretativa, le zone soggette a maggior evoluzione.

Per garantire condizioni di ripetibilità alle campagne di rilevamento temporalmente spaziate, è stato realizzato, sul versante opposto, un poligono di calibrazione costituito da 4 capisaldi a centramento forzato e materializzati su corpo stradale. E' così possibile orientare reciprocamente le varie prese e valutare, sia visivamente che quantitativamente, grosse variazioni volumetriche del fenomeno franoso.

Conclusioni

L'utilizzo del sistema di monitoraggio integrato proposto ha permesso di valutare l'evoluzione spazio-temporale del fenomeno in esame.

Il sistema GPS installato ha dimostrato una buona affidabilità in condizioni meteorologiche tipiche di localioni di alta montagna, ma v'è tuttavia sottolineato, come, la scelta per motivi di budget di sistemi monofrequenza abbia influenzato l'affidabilità dei risultati che ne derivano.

Abbinare inoltre campagne con tecniche a scansione laser terrestri ha permesso di prendere in considerazione anche il fenomeno secondario dei crolli diffusi che interessano il fronte; la combinazione dei due sistemi ha sin ora consentito studiare il comportamento di questo fenomeno per poter eventualmente riconoscere dei segni precursori di un nuovo crollo del settore instabile a monte del fronte attivo. La tipologia e l'architettura del sistema integrato di monitoraggio al momento non prevede la possibilità di un utilizzo in tempo reale per il monitoraggio in continuo, finalizzato alla definizione di soglie di allarme; esso ha invece dimostrato un buon potenziale per definizione di un sistema di allertamento basato sul riconoscimento di possibili segni precursori.

Bibliografia

- A. Cina, (2000) "GPS: Principi, modalità e tecniche di posizionamento" Libreria Celid, Maggio 2000.
- M. Baldo, A. Cina, A. Manzino, M. Roggero, (2002) "Utilizzo geodetico e in tempo reale di ricevitori gps di basso costo" – Asita 2002 – Verona - Vol I pp.273-278.
- Beraldin J-A., Blais F., Boulanger P., Cournoyer L., Domey J., El-Hakim S.F., Godin G., Rioux M., (2000) "Real world modelling through high resolution digital 3D imaging of objects and structures" - ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 55, pp.230–250.