

IL RILIEVO LASER SCANNER PER IL MONITORAGGIO DI CAVE

Maurizio Barbarella, Stefano Gandolfi, Michaela De Giglio, Andrea Meffe

DISTART – Topografia – Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna –
Viale Risorgimento, 2 - 40136 Bologna, tel. 051-2093106, fax. 051-6448073,
e-mail: (maurizio.barbarella@mail.ing.unibo.it, stefano.gandolfi@mail.ing.unibo.it)

Riassunto

Lo scopo del progetto, all'interno del quale si colloca il presente lavoro, è quello di valutare aspetti e problematiche legati all'utilizzo di laser scanner a lunga portata. A tal fine sono stati realizzati alcuni rilievi laser di una cava di arenaria, situata nei pressi di Firenzuola (FI), attualmente oggetto di uno studio sul monitoraggio in cava per scopi di sicurezza. Oltre a fondamentali operazioni preliminari di inquadramento topografico, di punti di stazione e di marker opportunamente collocati lungo la parete, sono stati eseguiti rilievi laser a differenti distanze e con strumenti diversi. I dati, in corso di analisi, dovranno fornire indicazioni sulla utilizzabilità del sistema nell'ambito della sicurezza nei cantieri.

Abstract

The monitoring of yards and quarry is a topic very important mainly for security reasons. In order to evaluate the possibility to use long range laser scanner, a test in a quarry of Firenzuola (FI), as been performed. For the finality of the work some preliminary action has been performed and particularly some ad hoc custom 3D marker has been realized, installed on the front of the quarry and measured using a total station. Successively some survey has been performed from different distances (200m and 800m) and using different instruments. The collected data can contribute to understand the capability of laser scanner method for the monitoring on these subjects.

Introduzione

Di grande interesse ed attualità è il tema della sicurezza nei cantieri. Nonostante le vigenti normative, volte a definire come operare in sicurezza, la cronaca è spesso densa di notizie relative a incidenti sul lavoro, con statistiche che anche negli ultimi anni continuano ad essere allarmanti. Dato che la prevenzione rimane comunque lo strumento più efficace per la sicurezza, il poter disporre di sistemi in grado di individuare eventuali situazioni di pericolo può risultare decisivo per tale scopo.

Considerando un ambiente dinamico come quello di una cava, spesso ci si trova ad operare in aree sottostanti fronti sub verticali già coltivati che però, a causa delle detonazioni usate per spezzare grandi blocchi di materiale, possono subire fratture o distacchi di massi potenzialmente pericolosi. In questo caso le tecniche di rilievo non vengono dunque utilizzate per la descrizione dell'oggetto, ma per consentire un monitoraggio capace di evidenziare in breve tempo quali siano le zone che, a seguito di qualche evento anche di natura antropica, hanno subito significative variazioni. Tra le tecniche oggi presenti, considerando la tipologia di oggetto da rilevare e gli scopi del rilievo, il laser a scansione è sicuramente uno degli strumenti che meglio interpreta queste esigenze. L'alta densità dei punti che questi dispositivi riescono a rilevare consente infatti una mappatura uniforme dell'area, in grado di individuare anche movimenti isolati di piccoli massi. Tale capacità è definita principalmente dall'accuratezza del rilievo, dipendente a sua volta da diversi parametri, tra i quali la

distanza tra strumento ed oggetto, è uno dei più importanti. Più ci si avvicina all'oggetto da rilevare più le misure di distanza saranno attendibili e la ripetibilità del rilievo più elevata. Si sottolinea però che, nell'ottica di monitoraggio quasi continuo, la presenza di uno strumento in area di cantiere può costituire un ostacolo ed un intralcio per le operazioni di scavo. Inoltre, dato che le cave sono ambienti continuamente in evoluzione, la possibilità di individuare punti stabili non risulta semplice. Se lo strumento fosse quindi collocato all'esterno dell'area di cava, in una posizione tale da poter rilevare le parti sensibili, la logistica, sia di chi opera all'interno del cantiere che di chi è preposto al monitoraggio, ne trarrebbe grandi vantaggi.

In tale contesto si colloca la sperimentazione volta a verificare sul campo le effettive prestazioni di laser a 'lunga' portata: in particolare si vogliono analizzare le differenze nel rilievo indotte dalla distanza e l'effetto prodotto da target lontani, ai fini della qualità della georeferenziazione delle scansioni, fattore critico in un problema di monitoraggio. Si è quindi realizzato in cava un 'poligono' di prova, da utilizzare anche in future sperimentazioni con altri tipi di sensori.

Descrizione dell'area test

Considerate le esigenze dello studio è stato condotto un test in una cava di arenaria ("Pietra Serena") localizzata nei pressi di Firenzuola (FI), la cui morfologia è tale da consentire il rilievo della stessa porzione d'area sia da distanze relativamente vicine (200 metri) che da distanze considerevoli (circa 800 metri).



Figura 1 - Ubicazione dei due punti di stazione rispetto all'area oggetto di studio (sinistra), area oggetto del rilievo (destra)

Nell'ottica di voler eseguire più rilievi nel tempo, da posizioni differenti e a diversa distanza, si sono materializzati, in prossimità della parete e in corrispondenza dei gradoni, alcuni vertici tridimensionali riconoscibili dai laser scanner anche da distanze dell'ordine di 800 metri. Dopo alcuni studi, a partire dalle caratteristiche tecniche dei laser a lunga portata, sono state progettate due tipologie di marker, di forma cilindrica (di altezza 60 cm e diametro 40 cm) e sferica (di diametro 45 cm). Non essendo disponibili sul mercato marker così grandi è stato necessario realizzarli artigianalmente e ricoprirli di materiale altamente riflettente (nastri di classe di riflettanza pari a 1 e 2); successivamente sui solidi è stato applicato un reticolato necessario per la collimazione di punti con metodi topografici classici (figura 2).

La quantità di marker installati (5 cilindri e 5 sfere), superiore al minimo richiesto per la referenziazione, risponde all'esigenza di avere a disposizione un numero sufficiente di campioni, per valutare la precisione con la quale sono rilevati, per determinarne la forma e per ricostruirne il centro geometrico sia tramite i rilievi a terra che quelli laser. Comunque il numero dei target è tale che la referenziazione può avvenire sia utilizzando le sole sfere che i soli cilindri. Inoltre, per l'orientamento del laser scanner, sono stati disposti, nell'intorno dei punti stazione, 6 target standard (3 cilindrici e 3 a parete) forniti dal costruttore, in attesa di testare il riconoscimento e l'affidabilità dei marker di dimensioni maggiori

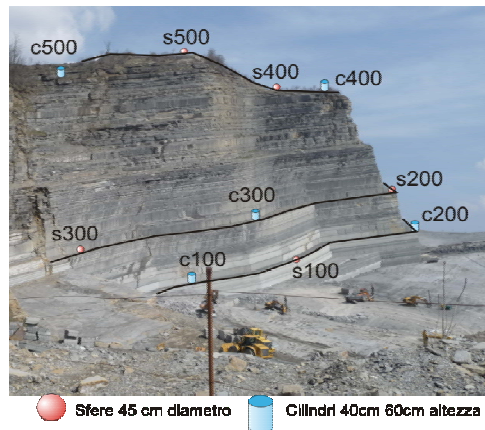


Figura 2 – Fronte di cava con ubicazione dei marker per l'inquadramento lungo la parete

Rilievo per via topografica dei marker

L'inquadramento del rilievo è stato eseguito determinando la posizione di tre punti di stazione, opportunamente materializzati su roccia. Non si è ricorso a pilastrini perché non richiesto dalla precisione cercata, per non ingombrare il cantiere e per contenere i costi. Questi tre punti sono stati rilevati tramite sessioni statiche GPS e le basi calcolate rispetto alla stazione permanente di Bologna, appartenente alla Rete sperimentale Bo_POS., dato che non erano disponibili Stazioni Permanenti vicine e l'area non è coperta da reti NRTK. Il rilievo GPS è stato condotto in una fase precedente, facendo stazione per 2 ore sul primo punto ed un'ora sul secondo e sul terzo. Quest'ultimo, collocato in prossimità della cava, molto vicino alla zona oggetto del rilievo, non è stato mai utilizzato nelle fasi successive soprattutto per la presenza di mezzi mobili che inficiavano la qualità delle misure. Si sottolinea che ai fini della ricerca il rilievo non ha richiesto precisioni elevate e l'uso di una sola stazione per l'inquadramento, abbinato all'intervallo di acquisizione scelto, ha comunque consentito di raggiungere precisioni centimetriche. L'elaborazione del dato è stata eseguita con Trimble Geomatic Office e gli strumenti usati per il rilievo erano Topcon GB-1000. Due di questi punti sono diventati punti di stazione per il successivo rilievo topografico dei target, sia quelli in prossimità del Laser scanner che quelli distribuiti lungo la parete.: in tal modo tutti i punti determinati a terra sono riconducibili ad un unico sistema. Data la vicinanza a pareti a picco di alcuni marker, sono stati rilevati tutti con una stazione totale. Per i rilievi è stata utilizzata una Smart Station (Leica) messa in stazione sui punti determinati con GPS, dei quali erano quindi disponibili le coordinate nel sistema WGS84, per cui il software interno alla stazione ha provveduto ad integrare le posizioni ottenute con angoli e distanze e le posizioni GPS in un unico sistema. Questa caratteristica strumentale ha evitato di fare elaborazioni a parte. Per semplificare e razionalizzare le operazioni di rilievo, due dei punti materializzati sono stati utilizzati come punti di stazione del laser scanner. Il rilievo è stato eseguito con la modalità per polari, posizionando lo strumento sulla stazione 2, orientandolo sulla stazione 1 ed attribuendo alle stazioni 1 e 2 le coordinate geocentriche predeterminate per via GPS. L'intero rilievo è stato successivamente inquadrato nel sistema geocentrico utilizzato l'ITRF05. Al fine di poter ricostruire il centro geometrico di sfere e cilindri, sono stati collimati, per ogni marker, un considerevole numero di punti. La definizione dei centri geometrici con l'uso di queste misure è argomento tuttora sotto analisi per alcuni aspetti inattesi riscontrati nella fase di misura.

I rilievi laser scanner

Approntata l'area test si è proceduto al rilievo laser utilizzando due strumenti Riegl aventi diversa portata (LMS Z420i e LMS Z620). I punti di presa sono stati due, quello posto a circa 800 m dalla parete precedentemente denominato punto di stazione 1 e l'altro, a circa 200 m, denominato punto di stazione 2 (Figura 1). Ciascuna scansione è stata orientata e collocata utilizzando opportuni marker forniti dalla stessa ditta e collocati in prossimità del laser, la posizione dei quali è stata misurata per via celerimetrica dai punti di inquadramento precedentemente rilevati. E' da sottolineare infatti che la collocazione di marker a parete è un aspetto ancora in via di sperimentazione e dunque si è preferito mantenere intatte, in fase di rilievo, le procedure consolidate; infatti si è proceduto secondo le metodiche suggerite dal costruttore e consentite dal software di gestione del laser: in particolare una scansione rapida con apertura orizzontale di 360° ed apertura verticale di 80°, individuazione automatica dei marker, scansione di dettaglio di ognuno di essi per determinarne con la maggior accuratezza possibile il baricentro. Dal punto di stazione 1 (più lontano) sono state eseguite due scansioni, una con lo strumento a maggiore portata (LMS Z620) e l'altra con lo strumento a portata minore (LMS Z420i, limite dichiarato 1200 m), mentre dal punto di stazione 2 si è operato con un solo strumento, lo LMS Z620, che si voleva in particolare testare. Le operazioni hanno richiesto complessivamente due giornate di lavoro; nella prima sono stati installati i marker a parete e sono stati rilevati per via topografica, nella seconda giornata sono state acquisite le scansioni laser e rilevati mediante la SmartStation Leica i target prossimi alle stazioni laser. Scopo dei test è il confronto del risultato ottenuto da 800 metri con i due laser rispetto al rilievo laser di riferimento realizzato da 200 m. Tra gli aspetti interessanti vi sono anche i tempi di rilievo che, a seconda della distanza, della tipologia di strumento e della risoluzione richiesta, possono cambiare considerevolmente. Nel caso in oggetto è importante considerare come, a parità di risoluzione, all'aumentare della distanza la strumentazione risulti decisamente più lenta e tale aspetto allunga considerevolmente i tempi di rilievo; la sperimentazione ha richiesto sessioni di scanning della durata di circa 2 ore per la presa da lontano (800 m) e di circa 45 minuti per la presa da vicino (200 m). L'ordine di grandezza per l'area oggetto di studio può essere sintetizzata con circa 2 ore di rilievo per i rilievi a 800 m e circa 45 minuti per quelli a 200 m. Una scansione effettuata dal punto lontano ma con passo più largo di quello usato ha peraltro richiesto meno di un quarto d'ora: il passo di scansione è ovviamente il fattore critico per i tempi di rilievo.

Elaborazione dei dati

L'elaborazione è stata eseguita con il software RiscanPro V.1.5.11.b11 seguendo le usuali procedure.

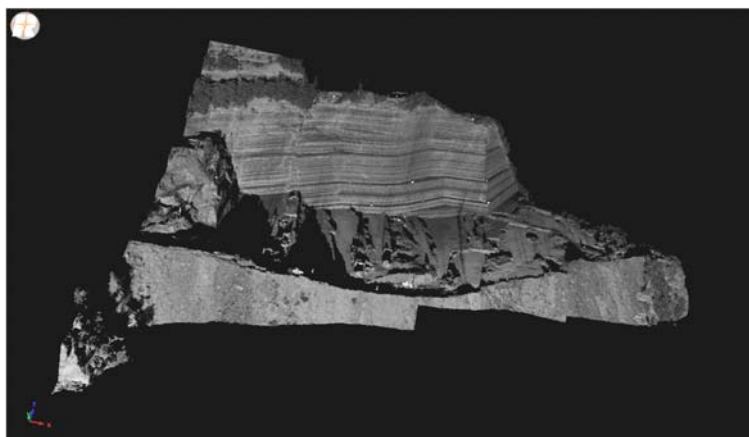


Figura 3: Scansione dalla posizioni 1 ottenuta dal laser LMS Z620

In particolare è stato eseguito l'inquadramento di ciascuna scansione utilizzando i valori misurati delle coordinate dei centri dei target prossimi alla stazione: il riconoscimento automatico dei target da parte del laser scanner fornisce altrettanti punti doppi che consentono l'inserimento della scansione nel sistema geodetico scelto. In tale fase, l'uso di metodi ai minimi quadrati per la stima dei parametri di trasformazione consente di valutare la bontà della trasformazione con gli usuali parametri statistici. Nel caso in oggetto i residui delle trasformazioni sono stati inferiori a 3 centimetri per tutte le coordinate pur essendo stato necessario eliminare un punto della stazione 2 che presentava una coordinata con un residuo di circa 10 cm considerato inaccettabile. Lo scarto quadratico medio per unità di peso dichiarato dal software è stato di circa 2 cm, (per la scansione 2 di 10.8 cm prima dell'eliminazione dell'*outlier*). Al momento attuale è ancora in fase di analisi il confronto tra le scansioni acquisite a diversa distanza e con strumenti diversi. Il confronto risulta comunque non immediato ma la fusione delle due scansioni ha dato risultati buoni (non emergono particolari zone di mismatching).

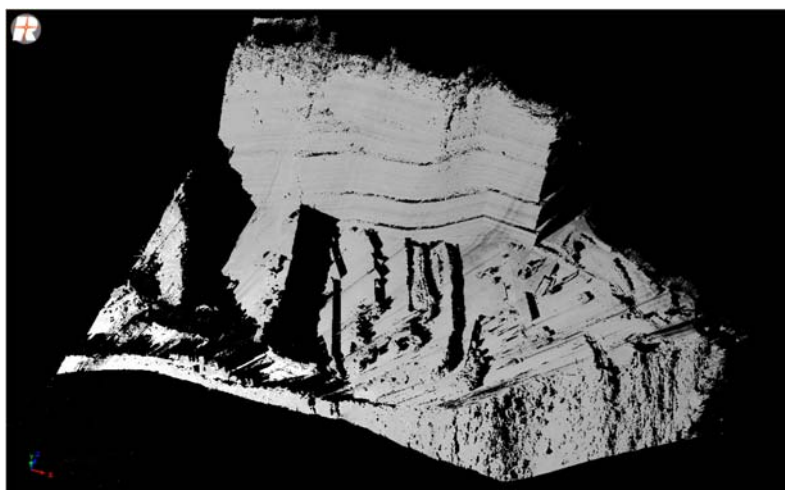


Figura 4: Scansione dalla posizione 2 ottenuta dal laser LMS Z620

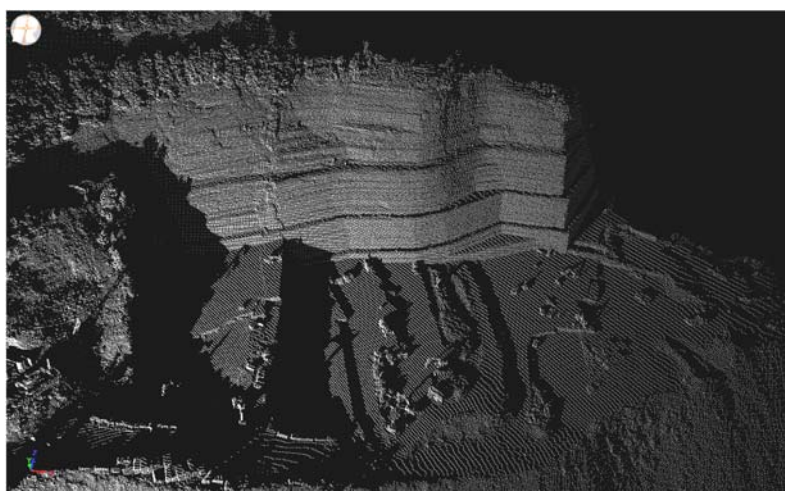


Figura 4: risultato dopo la fusione delle due scansioni ottenute dal laser LMS Z620

Un prodotto del rilievo al quale è stata data priorità al momento della elaborazione è consistito nella realizzazione di un modello digitale della zona di cava in esame. Infatti le misure laser sono state eseguite in contemporanea a rilievi effettuati dall'Università di Firenze con l'impiego di strumentazione Radar terrestre, allo scopo di verificarne l'applicabilità per il monitoraggio e la messa in sicurezza dell'area.

I *corner reflector* indispensabili al rilievo SAR sono stati collocati in aderenza ai target posizionati in parete: come noto la precisione richiesta al posizionamento dei riflettori è dell'ordine dei metri e quindi non è stato richiesto un rilievo terrestre più specifico. Viceversa, per l'interpretazione del dato interferometrico è molto importante disporre di un DTM sul quale riferire le frange ottenute in rilievi successivi. Tale DTM è stato derivato dalle scansioni laser registrate tra loro e realizzato a due passi differenti. La versione fornita per l'applicazione SAR è stata un modello numerico a maglia molto larga (2 m x 2 m); il modello digitale è rappresentato in figura 2.

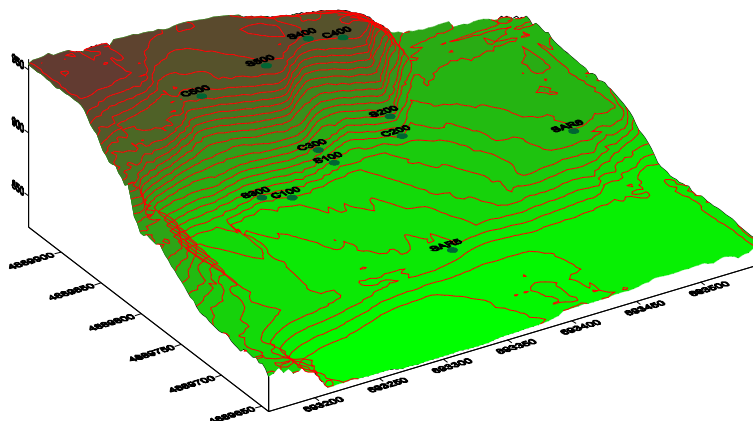


Figura 5 - Immagine del modello digitale del terreno ottenuto dalla scansione laser da 800 metri e ricampionata con un passo di 2 m x 2 m.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'ing. Cabrucci e la ditta Microgeo per aver voluto mettere a disposizione il laser scanner LMS Z420i e per aver operato con esso e addestrato all'uso di RiscanPro.

Si ringrazia il prof. Vettore per aver messo a disposizione il laser LMS Z620 e aver partecipato alle misure e per i suggerimenti forniti.

Bibliografia

Fiani M., Siani N., 2005, Comparison of terrestrial laser scanners in production of DEMs for Cetara Tower, *CIPA 2005 XX International Symposium*, 26 September – 01 October, 2005, Torino, Italy

Lingua A.M.; Piatti D.; Rinaudo F., 2008, Remote Monitoring Of A Landslide Using An Integration Of Gb-Insar And Lidar Techniques, *International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences*, Pp. 361-366, 2008, Vol. Xxxvii,B1, Issn: 1682-1750