

Rilievo di monitoraggio per la verifica di stabilità della briglia nella gravina di leucaspide

Maria Giuseppa Angelini, Domenica Costantino, Giovanni Caprino

DIASS - Politecnico di Bari, Facoltà di Ingegneria, v.le del Turismo, 8 – 74100 Taranto. E-mail: d.costantino@poliba.it; tel. +39 99 4733215; fax +39 99 47733304

Riassunto

Il lavoro descrive le fasi del rilievo relative ad una briglia in muratura di pietrame, sita nella gravina Gennarini-Leucaspide nell'agro di Statte (Ta), facente parte di un gruppo di tre briglie destinate alla protezione della linea ferroviaria posta a ridosso della S.S. 7. L'intento preposto è quello di verificare la condizione di stabilità dell'opera in quanto, non essendo più immersa nella sponda sinistra, è soggetta a fenomeni di escavazione del terreno circostante, compromettendone la staticità e causandone crolli parziali. Questi ultimi, probabilmente legati all'erosione di una porzione di terreno per il moto delle acque, si sono manifestati sulla struttura a partire dall'anno 1996 a seguito di fenomeni alluvionali. È stato progettato un piano di monitoraggio di durata annuale per stabilire spostamenti orizzontali e verticali sia del paramento di monte che di valle della briglia, al fine di definire i parametri di variazione del fattore di sicurezza nel tempo, soprattutto nell'alternarsi dei periodi di pioggia e di secca. Sono state effettuate accurate operazioni di rilievo topografico con tecnica tradizionale tramite la stazione totale Leica TS30 integrate da operazioni di inquadramento locale mediante misure GPS e modellazione dell'opera attraverso rilievo LiDAR terrestre.

Abstract

The paper describes the survey stages of a masonry bridge, located in the ravine Gennarini-Leucaspide near Statte (Ta), part of a group of three bridges for the protection of the railway line along the SS 7. The intent is to check the charge condition of stability of the structure as it is no longer included in the left bank, it is subject to phenomena of soil excavating, compromising the static and causing partial collapse.

These collapses, probably linked to the erosion of a portion of land for the movement of water, occurred on the structure since the year 1996 as a result of flood. It was designed a monitoring plan for one year to determine the horizontal and vertical hanging of both upstream and downstream of the bridge, in order to define the parameters of variation of the safety factor over time, especially in the alternation of rain and dry periods. Were carried out meticulous topographical surveys with traditional techniques using the total station Leica TS30 supplemented by framing operations through local GPS measurements and modeling of the structure through terrestrial LiDAR survey.

Introduzione

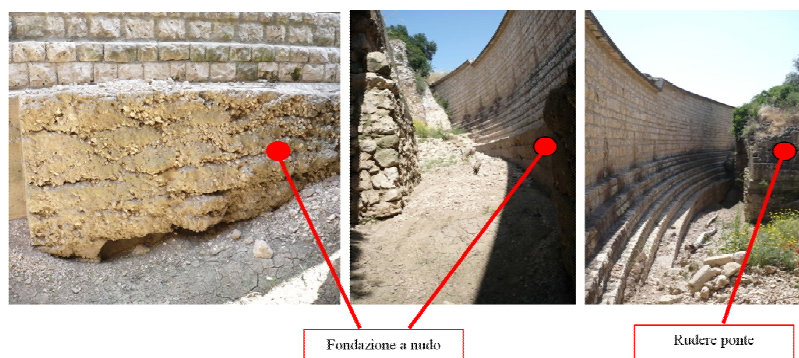
Una gestione sostenibile delle risorse naturali richiede un costante e dettagliato monitoraggio dei diversi aspetti dell'ambiente e delle opere che vi insistono. La valutazione delle condizioni di sicurezza di un'opera è un'operazione complessa che comprende numerose attività, quali le visite di ispezione o il controllo del buon funzionamento delle singole componenti costruttive; essa, inoltre, ha carattere multidisciplinare presentando, inoltre, l'ulteriore difficoltà della previsione dell'evoluzione delle condizioni ambientali, che possono cambiare in modo sostanziale le sollecitazioni sulle opere.



Figura 1 - Particolare della briglia a valle

Quest'esigenza è ancora più accentuata qualora si abbia a che fare, come nel caso di studio, con opere trasversali in territori ad alto rischio alluvionale. Tali opere, infatti, immagazzinano una significativa riserva di energia che viene repentinamente rilasciata in caso di collasso, con ovvie conseguenze in termini di perdita di vite umane, di danni ambientali ed economici.

È stata monitorata una briglia a gravità in pietrame di larghezza variabile da 1,55 m a 2,4 m per una lunghezza totale di 53,5 m e un'altezza di circa 4,30 m (figura 1 e 2).



Fondazione a nudo

Rudere ponte

Figura 2 - Particolari della briglia

La briglia è localizzata nella gravina Gennarini-Leucaspide, sita nell'agro di Statte (TA) allo sbocco con la S.S.7 ed individuabile nella CTR della Puglia, nell'elemento n. 493074 in scala 1:5000 (figura 3).

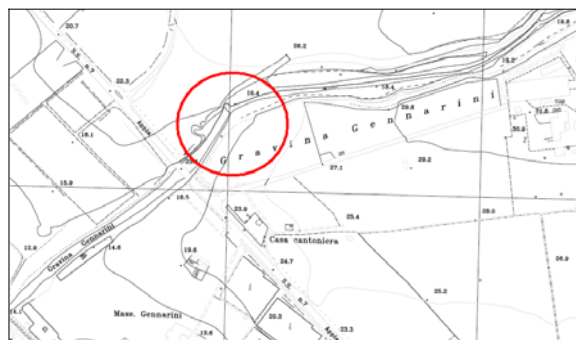


Figura 3 – Estratto della CTR

Nei mesi di gennaio, febbraio e marzo 1996 il territorio in questione è stato interessato da una serie di eventi meteorici di particolare intensità che hanno comportato una situazione d'emergenza. Dai dati pluviometrici è emersa l'esistenza di un' onda di piena, responsabile degli allagamenti a valle della Gravina Gennarini, attribuibile, in particolare, alla pioggia caduta tra il 29 e il 30 gennaio 1996 (138,4 mm). Infatti, è a seguito di detti eventi che l'opera ha presentato fenomeni manifesti di instabilità

Attualmente essa costituisce un fattore di rischio per il territorio in quanto soggetta a forti fenomeni di escavazione del terreno circostante e, non essendo più immersa nella sponda sinistra, risulta completamente aggirabile dall'acqua (figura 4).



Figura 4 - Immagini aeree della briglia prima e dopo il crollo dell'imposta di sinistra

I fenomeni di erosione e di alterazione del sito, si sono particolarmente accentuati negli ultimi anni a causa della mancata realizzazione delle pendenze di sgombro, determinando l'appiattimento dell'impluvio naturale di scolo delle acque meteoriche, dalla coltivazione intensiva dei terreni prossimi alle gravine e dallo sviluppo edilizio e stradale dei comuni che ha causato l'aumento delle superfici impermeabili tributarie delle gravine. In seguito all'alluvione del 2003 la briglia ha subito ingenti danni sull'imposta di sinistra che è stata divelta creando così una nuova configurazione dei deflussi data dall'errato funzionamento della briglia stessa. Alla luce di ciò risulta interessante l'installazione di una rete di monitoraggio.

Caratterizzazione geologica dell'area

Il bacino afferente alla briglia si estende per un'area di 88,04 Km² tra i comuni di Massafra, Statte, Crispiano e Martina Franca risalendo il costone occidentale delle Murge da una quota di 13 m s.l.m. sino ad una quota massima di 524 m s.l.m. (figura 5).

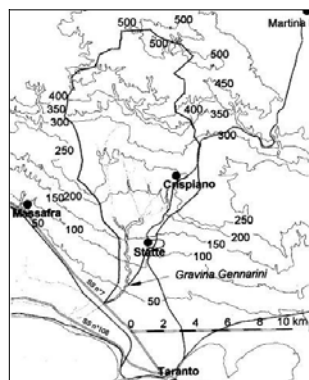


Figura 5 - Bacino idrografico sotteso dalla gravina Gennarini

La gravina Gennarini-Leucaspide nasce dalla confluenza di altre gravine più piccole, quali quella dell'Amastuola e quella di Triglie; prende il nome di gravina d'Accetta nella sua parte superiore, gravina di Leucaspide nel tratto medio e gravina di Gennarini nell'ultimo tratto (sulle carte è spesso indicata indistintamente come gravina di Leucaspide).

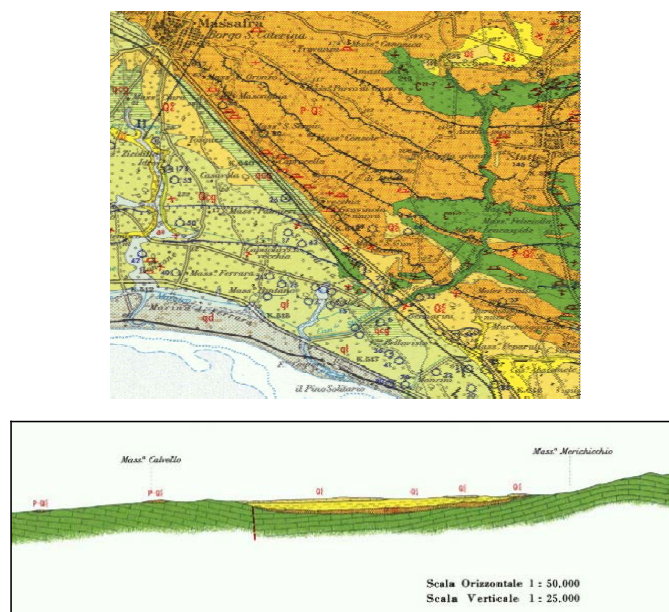


Figura 6 - Carta geologica della regione Puglia (estratto foglio 202) e relativa sezione geologica

L'orografia del sito presenta affioramenti di formazioni rocciose (calcari, dolomie, calcareniti) ricoperte da un esiguo strato di vegetazione: più precisamente su di una formazione di base rappresentata da calcari, calcari dolomitici e dolomie si rinvengono in trasgressione sedimenti calcarenitici (Calcareniti di Gravina) che passano verso l'alto con continuità di sedimentazione e concordanza stratigrafica a depositi argillosi (Argille grigio-azzurre subappennine). Queste ultime, a loro volta, soggiacciono a depositi calcarenitico-sabbiosi (Calcareniti di Monte Castiglione). Inoltre, al di sopra delle formazioni di origine marina citate si rinvengono conglomerati poligenici, ghiaie e sabbie terrazzate sempre di origine marina, alluvioni limoso-sabbiose che occupano i fondovalle dei corsi d'acqua e depositi limoso-argillosi o limoso-sabbiosi di origine palustre (figura 6).

Tecniche di rilievo integrato per il monitoraggio strutturale

Si è reso necessario effettuare una serie di sopralluoghi, al fine di valutare le migliori procedure di rilievo da adottare. Data la complessità orografica del sito e dell'oggetto si è scelto di adottare un approccio di rilievo integrato mediante l'utilizzo di una stazione totale automatizzata per il rilievo di dettaglio, strumentazione GPS per l'inquadramento del sito e un rilievo LiDAR terrestre per la restituzione 3D.

Il rilievo con stazione totale

Per il rilievo topografico è stata utilizzata la stazione totale TS30, ultima nata in casa Leica, caratterizzata da una precisione angolare di 0,5", una precisione EDM Pinpoint di 0,6 mm + 1ppm ed un riconoscimento automatico del prisma con una precisione di 1". È stato possibile fare stazione solo su due punti, per la presenza di vegetazione incolta e a causa delle condizioni altimetriche del sito. Entrambe le stazioni sono state materializzate con pilastrini in cls a centramento forzato dai

quali erano visibili i due fronti della briglia: il fronte Nord e Sud. Si è passati, quindi, alla sistemazione dei prismi sulla briglia, in particolare, 8 sulla sommità, 3 sulla parete a monte e 2 prismi sulla parete a valle (figura 7 e 8).

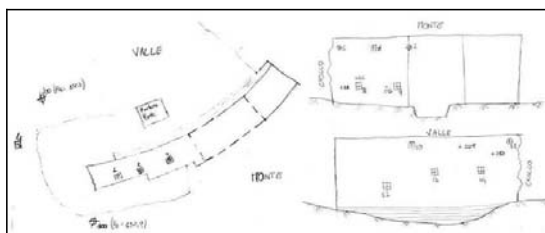


Figura 7 - Eidotipo del quaderno di campagna

L'elaborazione dei dati topografici è stata eseguita con il software Leica Geo Office.

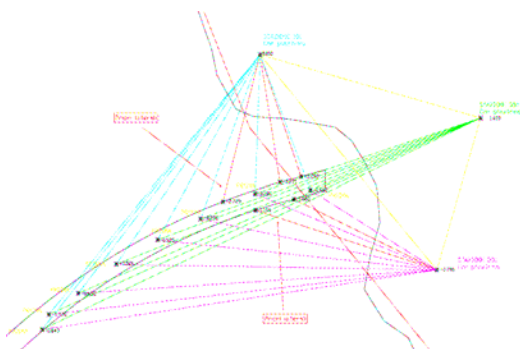


Figura 8 - Rete topografica

Punti stazione	x	y	z	Desc
100	0	0	0	
200	15.4289	-15.9449	-0.786	
1	-0.4145	-10.2977	-0.285	Target laser
2	-5.1826	-12.1585	-0.296	Target laser
3	-12.6649	-14.9014	-0.303	Target laser
101	3.5877	-9.0582	-3.292	
102	1.7458	-9.4705	-2.271	
103	-3.2369	-10.8803	-2.729	
4	19.2564	-4.7051	1.409	Target laser
201	4.3846	-10.0261	-0.463	
202	-0.219	-11.2648	-0.497	
203	-4.9986	-12.7945	-0.521	
204	-8.927	-13.7154	-0.525	
205	-12.5406	-15.5315	-0.521	
206	-15.8575	-17.6853	-0.632	
207	-18.4297	-19.257	-0.776	
208	-19.018	-20.3778	-0.849	
209	-0.3925	-11.5118	-1.196	
210	2.9488	-10.6944	-1.655	

Tabella 9 - Dati stazione totale elaborati con LGO

A fine Agosto 2009 è stata condotta la seconda campagna di rilievo prevista. Poiché il periodo di osservazione ha coinciso con la stagione secca, non sono stati riscontrati, come atteso, spostamenti dell'opera significativi. Ulteriori analisi e considerazioni saranno possibili a seguito della prossima campagna prevista per Gennaio 2010.

Il rilievo GPS

Il rilievo topografico eseguito è stato inquadrato con misure GPS nella rete permanente della regione Puglia, appoggiandosi sulle stazioni di Fasano, Ginosa e Salice Salentino. Vincolando le coordinate di due punti noti (Ginosa e Salice Salentino), considerati fissi, si sono verificate le coordinate del terzo punto noto (Fasano) e sono state determinate le coordinate dei vertici di stazione della rete locale (100 e 200). Avendo a disposizione 4 ricevitori sono state costruite 6 basi di cui 3 indipendenti. Le osservazioni sono state acquisite in modalità statica con un intervallo di campionamento di 5 secondi e sessioni di misura di 4 ore. Ciò ha consentito sia di determinare le coordinate di stazione della rete locale (100 e 200), che di verificarne la loro stabilità nel tempo.

Il rilievo LiDAR terrestre

L'applicazione LiDAR terrestre è stata finalizzata alla modellazione 3D della briglia. Date le dimensioni e la scarsa accessibilità, sono state effettuate due stazioni, e posizionati 4 target rilevati topograficamente. Il rilievo è stato eseguito con il laser scanner terrestre Leica HDS 3000 con passo

di 0,5x0,5 mm. I dati sono stati elaborati con i software Cyclone (figura 10) e Geomagic Studio. I dati sono stati pre-processati ed è stata eseguita l'allineamento delle scansioni in Cyclone. Le point cloud complessive sono state importate in Geomagic e triangolate ottenendone il modello finale. Questo rappresenta un archivio sullo stato dell'opera al momento del rilievo, vista la facilità di crolli subita dall'opera. Ciò consente di poter verificare in ogni momento, a prescindere dalla stabilità dell'opera (compito del rilievo di monitoraggio), l'accrescere di spinte e le eventuali modifiche delle reazioni di stabilità.

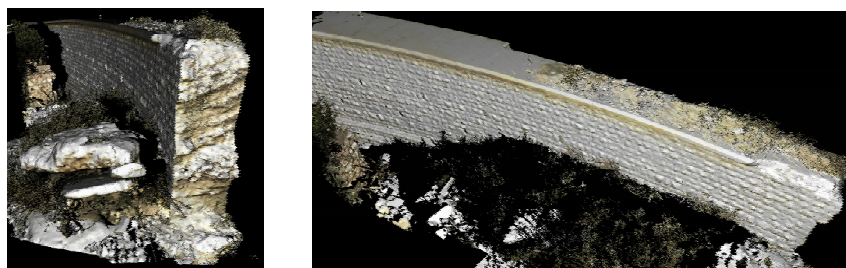


Figura 10 - Complex Mesh in Cyclone

Conclusioni

La sicurezza e la gestione delle strutture richiede un monitoraggio periodico, sia nel breve che nel lungo termine, al fine di aumentare la conoscenza del loro comportamento effettivo e poter pianificare in maniera ottimale gli interventi di manutenzione e ristrutturazione. Si è ritenuto opportuno integrare differenti tecniche di rilievo (stazione totale, GPS, laser scanning) per poter sopperire ai limiti di ciascuna di essa nonché per ottenere informazioni affidabili ed accurate sulla struttura. Il piano di monitoraggio, considerando la stagionalità delle piogge, prevede la prossima campagna nei mesi di Gennaio e Maggio 2010. Le prime due campagne costituiscono un buon punto di partenza per le future campagne di monitoraggio attraverso le quali sarà possibile stabilire se sono in atto spostamenti che interessano la struttura.

Bibliografia

- Brigante, M., Campagna, R., Iodice, V., Pasquino, M. (2004), "Il monitoraggio strutturale mediante l'impiego di una stazione automatica di misura e di acquisizione", Università degli Studi di Napoli Federico II: 2-9
- Brigante, R., Dominaci, D., Fastellini, G., Radicioni, F., Stoppini, A. (2008), "Tecniche geomatiche integrate per il monitoraggio delle mura ciclopiche di Amelia", *ATTI 12^a Conferenza Nazionale ASITA*, I: 545-550
- AA.VV. (2009), "Applicazione della metodologia laser scanner alla briglia sita nella gravina Gennarini, Statte (TA)", *SIFET 2009*
- AA.VV. (2009), "Rilievo e monitoraggio di un'opera a difesa del territorio: briglia di ritenuta in gravina Gennarini (Taranto)", *SIFET 2009*