

SPERIMENTAZIONE ED INTEGRAZIONE DI RILIEVI LASER SCANNER E GEORADAR

Vincenzo BARRILE (*); Giuseppe, M. MEDURI (*)

(*) Università Mediterranea di Reggio Calabria - DIMET - Email: vincenzo.barrile@unirc.it; giumed@libero.it

Riassunto

Lo scopo della presente nota è quello di illustrare i risultati ottenibili dall'utilizzo integrato delle tecnologie laser scanner terrestre (TLS) e georadar (GPR) nel rilievo degli elementi strutturali di un ponte in cemento armato. Le tecniche e le metodologie proposte, sono state utilizzate, sia per la determinazione della morfologia esterna della struttura che per la ricerca di difetti di omogeneità e la determinazione della posizione delle armature metalliche. Particolare attenzione è rivolta, nella presente nota, alla fase di elaborazione e filtraggio dei dati (TLS - GPR) e a quella di modellizzazione 3D ed individuazione di forme attraverso l'utilizzo di specifici ed opportuni algoritmi, necessari per integrare ed elaborare differenti set di dati. L'utilizzo integrato delle due tecnologie consente, di effettuare (per confronto con le classiche tecniche di rilievo e rappresentazione) interessanti indagini non invasive ed in tempi brevi, sia relativamente alla geometria degli elementi, sia per quanto concerne la morfologia interna per l'individuazione delle armature e delle eventuali discontinuità o cavità.

Abstract

The purpose of this note is to set out the results obtained thanks to the integrated use of the laser terrestrial scanners technologies (TLS) and georadar (GPR) in the relief of the structural elements of a bridge in reinforced concrete. Techniques and proposed methodologies have been used whether for the determination of the external morphology of the structure or for homogeneity defects search and determination of reinforced position. Particularly attention has been turned, in this note, to the phase of data (TLS - GPR) elaboration and filtration and to that one of modelling 3D with shape identification thanks to the use of specific and opportune algorithms necessary to integrate and process different data sets. The integrated use of the two technologies allows to effect (in comparison with the classical techniques of relief and representation) interesting surveys non invasive and in a short time both as regards to the geometry of the elements and as far as it concerns the inside morphology for the individualization of the reinforcements and of the possible discontinuities or hollows.

Introduzione

L'evoluzione tecnologica attraverso l'introduzione di strumenti, metodologie e tecniche di elaborazione sempre più affidabili e precise, consente a professionisti e ricercatori di effettuare indagini sempre più accurate e veloci. Negli ultimi anni le tecniche di indagini non distruttive sono utilizzate sempre con maggior diffusione, sia per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche degli elementi strutturali che compongono un'opera di ingegneria, sia per l'acquisizione di informazioni dettagliate sul rilievo geometrico di strutture, ma, soprattutto, quando si ha a che fare con opere molto complesse o quando, come nel caso in esame, le indagini comporterebbero una inevitabile interruzione del flusso veicolare in zone dove la struttura rappresenta una via di collegamento fondamentale. Come noto, la tecnica laser scanner (TLS) viene utilizzata per la conduzione di rilievi "dettagliati" fornendo peraltro, risultati apprezzabili grazie alla completezza

delle informazioni prodotte, alla precisione conseguibile e ai livelli di automazione e di produttività che la caratterizzano. La tecnologia radar (GPR) per indagini strutturali, deriva da quella utilizzata per indagini sotterranee conosciuta con il nome di Georadar e viene utilizzata per la localizzazione, in maniera non invasiva e non distruttiva, delle barre di armatura o di eventuali cavità o fratture all'interno delle strutture. Nell'ambito di una attività di sperimentazione integrata condotta presso il laboratorio di Geomatica dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, si vogliono presentare i primi risultati ottenuti dalla applicazione delle due tecniche su un ponte in cemento armato (fig. 1) costituito da tre campate ognuna delle quali è composta da cinque travi longitudinali di lunghezza pari a circa 14 m. con sezione di 40 x 70 cm. posti ad interasse di 1.40 m. e collegate tra loro da traversi aventi sezione di dimensioni pari a 15 x 30 cm. posti ad interasse di 2.75 m.

Una volta acquisite (TLS) con elevata precisione e rapidità le coordinate tridimensionali (particolare attenzione è stata rivolta alle sperimentazioni finalizzate ad ottimizzare la geometria, le modalità di presa ed i tempi di acquisizione complessivi in funzione della precisione richiesta dallo specifico rilievo, sia in termini geometrici che radiometrici) di un numero elevatissimo di punti, il dato "grezzo", viene filtrato e quindi l'immagine tridimensionale "ricostruita" della superficie indagata viene "spalmata" ed "adattata" all'immagine fotografica reale fornendo informazioni di forte impatto realistico sulla morfologia esterna della struttura indagata. L'integrazione del dato acquisito con quanto ricavabile dall'utilizzo della tecnologia e metodologia georadar (GPR), permetterà (analisi del segnale) invece di rivelare, in modo non distruttivo e non invasivo, la posizione delle armature metalliche e di ricercare eventuali difetti di omogeneità.



Fig. 1: Vista del ponte

Rilievo con Tecnologia Laser Scanner

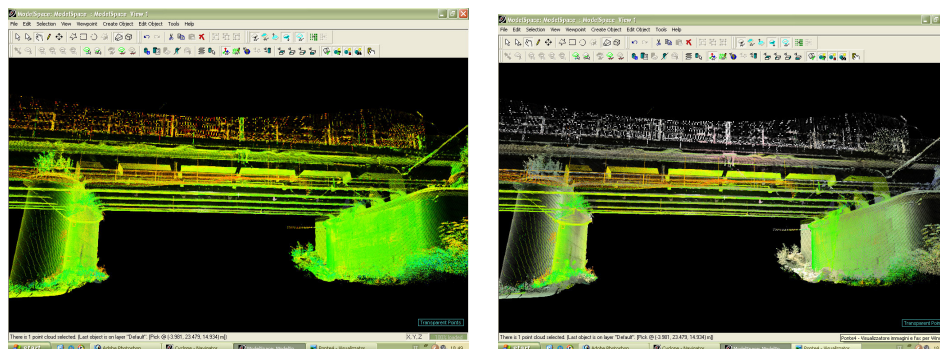
Il rilievo con tecnologia LS, come noto, consente, in modo automatico, di rilevare le coordinate tridimensionali di un numero elevatissimo di punti, con elevata risoluzione e precisione e in tempi notevolmente ridotti rispetto ai metodi di rilievo tradizionali. Nel caso in esame, anche se la struttura non presentava una particolare complessità di realizzazione, si è voluta testare l'efficacia di questa tecnologia sia durante la fase di acquisizione (binomio tempi/precisione) ma soprattutto nella fase di restituzione dove risulta fondamentale la precisione conseguibile in riferimento alle caratteristiche dimensionali dell'opera. A tal fine fondamentale risulta la fase di progettazione del rilievo, per l'individuazione dei punti ottimali di stazione e la determinazione della posizione dei target necessari all'unione delle varie "nuvole" di punti ottenute delle scansioni.

Il rilievo, eseguito con lo strumento Laser scanner Cirax HDS 3000 distribuito dalla Leica Geosystems, ha previsto il posizionamento di 5 stazioni e l'utilizzo di 18 targets cartacei disposti sulle pile (figg. 2) ed in posizioni, predefinite in fase di progettazione del rilievo in modo tale che le varie scansioni avessero in comune almeno 4 targets. Inoltre, non essendo presenti targets in comune per le stazioni realizzate dai due lati del ponte, è stato necessario ricorrere ad un rilievo topografico tradizionale d'appoggio eseguito con stazione totale, al fine di realizzare la registrazione per via topografica delle scansioni eseguite.



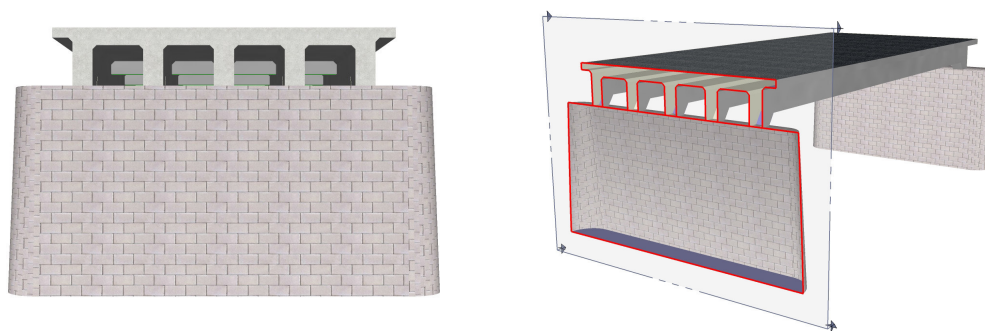
Figg. 2: Viste di alcune stazioni realizzate per le scansioni e dei targets utilizzati

La fase di restituzione ed elaborazione ha previsto (grazie principalmente all'utilizzo del software dedicato Cyclone™ v. 5.5), inizialmente la registrazione delle varie scansioni e successivamente lo sfoltimento dei dati grezzi al fine di ottenere un'unica nuvola di punti rappresentativa della struttura; ultimate le due fasi preliminari si è proceduto alla generazione del modello 3D (figg.3) ed alla costruzione (essendo lo strumento dotato di una camera interna a CCD per la contemporanea acquisizione delle immagini della porzione rilevata) di un nuovo modello altamente realistico (figg.3) derivante dall'associazione, ad ogni punto laser rilevato, dell'informazione di colore della relativa immagine digitale.



Figg. 3: Vista del modello 3D e fusione della nuvola di punti con la relativa immagine digitale

Il software utilizzato, ha consentito peraltro, di esportare la nuvola di punti in ambiente CAD ed ottenere quindi il modello strutturale dal quale estrarre piante e sezioni utili alla determinazione delle caratteristiche dimensionali e metriche della struttura. Poiché il ponte in esame è caratterizzato da unione di elementi di forma nota (parallelepipedi, tronchi di cono, ecc...) sono stati implementati, sperimentati e testati particolari algoritmi di best fitting per il riconoscimento semiautomatico di forme particolari. Tale sperimentazione nonostante sia stata applicata esclusivamente alla campata oggetto delle tre ulteriori scansioni di raffittimento, si è dimostrata particolarmente lunga e difficoltosa per via della presenza di zone d'ombra su quanto rilevato con la conseguente presenza di disuniformità; ciò ha comportato la necessità di applicare tali algoritmi in maniera quasi puntuale ed esclusivamente a ristrette zone della struttura. Il modello così ottenuto è stato successivamente esportato in formato vettoriale, elaborato al fine di correggere gli errori ed i vuoti di interpretazione e "vestito" con particolari mesh per renderlo più accattivante alla vista e comunque quanto più possibile fedele allo stato di fatto (figg 4).



Figg. 4: Utilizzo degli algoritmi di best fitting ed ulteriori elaborazioni in ambiente CAD

Rilievo con Tecnologia Radar

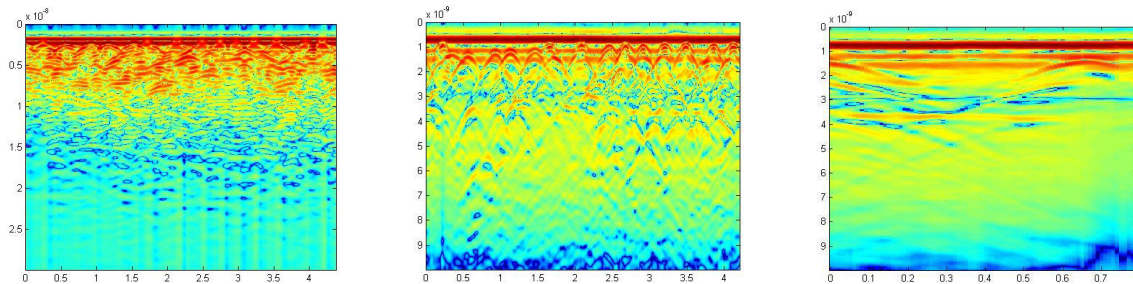
La tecnica GPR da alcuni anni viene utilizzata (fornendo peraltro, risultati apprezzabili), come nel caso in esame, anche in ambiti tipici dell'ingegneria civile per indagini strutturali, verifica/collaudi di strutture, localizzazione di armature o possibili cavità nel cemento armato. Le frequenze del segnale tipicamente utilizzate per le applicazioni pratiche, sono comprese fra 40 MHz e 2 GHz in funzione della profondità di penetrazione e della risoluzione che si vuole conseguire. Basse frequenze sono utilizzabili per una maggiore penetrazione ma con bassa risoluzione; alte frequenze invece (utilizzate per indagini superficiali) consentono di ottenere una migliore risoluzione, e quindi una migliore qualità dell'immagine radar; ad alte frequenze corrispondono antenne più piccole, e quindi più leggere e maneggevoli.



Figg. 5 – Antenne utilizzate (900 mhz e 2 ghz) e indagine su una trave

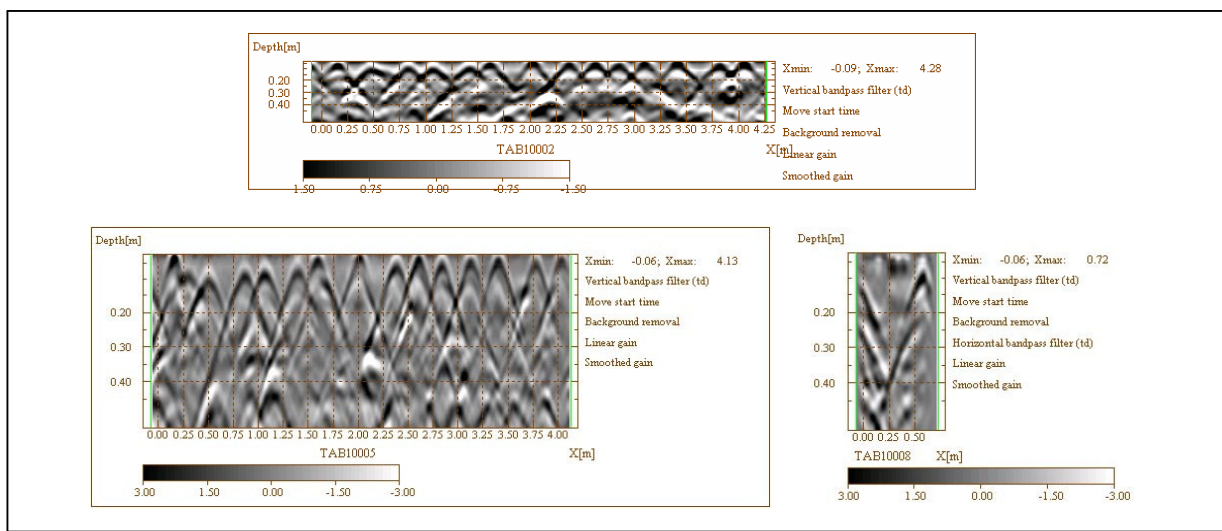
La generazione e la ricezione degli segnali è operata da una o più antenne che vengono fatte scorrere sul materiale che si desidera indagare ed il prodotto delle scansioni sono delle immagini radar (o radargrammi) dove eventuali bersagli generano delle caratteristiche forme iperboliche. Generalmente, per i controlli delle strutture, sono utilizzate le antenne con le frequenze centrali superiore a 1 GHz, con una profondità di penetrazione inferiore a 0,5 m ma con risoluzione inferiore a 5 cm. Nel caso in esame la tecnica GPR è stata impiegata per individuare la posizione delle armature metalliche principali (ferri longitudinali e sagomati) e delle staffe relativamente ad una porzione di circa quattro metri di una delle cinque travi del ponte in oggetto. Il rilievo è consistito nell'utilizzo di due antenne a frequenze diverse ed in particolare 900 Mhz e 2 Ghz (figg. 5) fatte strisciare sulla superficie di interesse (trave) sia in direzione trasversale, utile all'individuazione delle armature principali, sia in direzione longitudinale per determinare la posizione delle staffe. La fase di restituzione ed elaborazione ha previsto l'utilizzo di due distinte metodologie di approccio. La prima ha previsto l'utilizzo di un applicativo appositamente costruito ed implementato in ambiente matlab che consente la visualizzazione a colori del prodotto della scansione e la realizzazione di talune tipologie di filtraggi per la riduzione del rumore di

acquisizione. Il risultato della scansione è un classico radargramma (figg. 6) in cui le iperboli in rosso rappresentano la presenza dei ferri di armatura.



Figg. 6: Restituzione con applicativo Matlab:
TAB 10002 (900 mhz orizzontale); TAB 10005 (2 ghz orizzontale); TAB 10008 (2 ghz verticale).

Il secondo approccio ha previsto l'utilizzo del software dedicato IDSGRED v.4.2 il quale consente oltre alla restituzione di quanto acquisito in fase di rilievo, anche di operare filtri più spinti per una migliore visualizzazione ed interpretazione dei risultati (figg. 7). Nel caso in esame sono stati utilizzati filtri passabanda orizzontali e verticali. In dettaglio, il filtro passabanda orizzontale (dominio spaziale) è stato utilizzato con lo scopo di eliminare rumori costanti nella dimensione spaziale, rendendo quindi visibili segnali che prima erano “coperti” dai disturbi presenti. Il filtro passabanda verticale (dominio temporale), invece, ha consentito di rimuovere tutte le frequenze spurie, cioè non connesse a bersagli attenuando le componenti del segnale caratterizzate da frequenze indesiderate (rumore elettromagnetico). I risultati ottenuti sono comunque complessivamente comparabili con quanto realizzato attraverso l'approccio sperimentale in ambiente matlab.



Figg. 7 : Restituzione con software IDSGRED v.4.2 :
TAB 10002 (900 mhz orizzontale); TAB 10005 (2 ghz orizzontale); TAB 10008 (2 ghz verticale).

Conclusioni

La TLS ha consentito di riprodurre, il modello tridimensionale dell'intera opera, fornendo una documentazione delle informazioni sugli elementi indagati estremamente accurata, utile a successive elaborazioni in ambiente cad e modellazione/analisi strutturale. Lo svantaggio deriva dalla manipolazione dell'elevato numero di dati prodotti ed il notevole lavoro necessario alla elaborazione del dato, soprattutto per quanto concerne l'utilizzo degli algoritmi di best-fitting i quali

necessitano ancora di un ampio utilizzo di procedure manuali. La GPR ha consentito invece, con risultati apprezzabili, di determinare e caratterizzare le armature presenti. In questo caso va evidenziata l'esperienza necessaria alla corretta interpretazione del dato. Le prime sperimentazioni integrate TLS - GPR, hanno consentito in maniera rapida e soprattutto non distruttiva e non invasiva di caratterizzare la struttura sia dal punto di vista dimensionale sia per quanto concerne la morfologia interna, consentendo di effettuare interessanti confronti con le classiche tecniche di rilievo e rappresentazione.

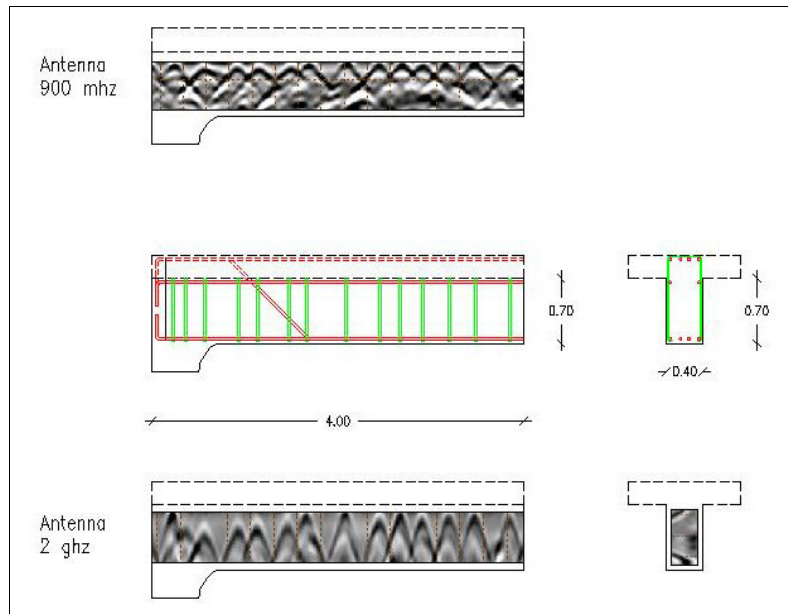


Fig. 8: Integrazione delle tecniche TLS e GPR e risultati ottenuti.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Leica Geosystems per la fornitura della strumentazione Laser Scanner, ed in particolare il product specialist Geom. Michele Rubidio per il supporto tecnico.

Bibliografia

- L. Bornaz, Lingua A, Rinaudo F. (2002). "Il trattamento dei dati laser scanner nelle applicazioni terrestri", 6a Conferenza Nazionale ASITA, Perugia, Italy.
- Achilli V, Bragagnolo D, Fabris M, Menin A, Salemi G. (2005) "Metodologie geomatiche per il rilievo integrato finalizzato alla modellazione strutturale", 9a Conferenza Nazionale ASITA, Catania, Italy.
- Pucinotti R., (2006), "Patologia e Diagnostica del Cemento Armato" Dario Flaccovio Editore;
- Barrile V., Pucinotti R., (2005), "Application of radar technology to reinforced concrete structures: a case study", NDT& International, 38, pp.596-604;
- Barrile V, Meduri G.M, (2006) "Esperienze laser scanner terrestre finalizzate ad applicazioni in ambito strutturale", 10a Conferenza Nazionale ASITA
- Barrile V, Meduri G.M, Pucinotti R (2006) "Il rilievo di strutture esistenti mediante l'impiego della scansione laser finalizzato alla modellazione strutturale: un caso di studio" Convegno Nazionale "Sperimentazione su Materiali e Strutture" Venezia 2006.
- Barrile V, Cacciola M, Meduri G.M, Morabito F. C. (2007) "Automatic recognition of road signs by hough transform" The 5th International Symposium on Mobile Mapping Technology PADUA, ITALY, 2007
- Barrile V, Cacciola M, Meduri G. M. (2007) "A Geomatics contribution for positioning and managing of water distribution networks", 2nd International Conference of GIS/RS in Hydrology, Water Resources and Environment, Guangzhou & Three Gorges, China September 7-13, 2007