

Anastilosi virtuale di alcuni crolli della torre del castello di Onigo (Treviso) rilevati mediante metodologia laser scanning terrestre

Massimo Fabris (*), Matteo Frassine (**), Alessandro Bezzi (***), Vladimiro Achilli (*),
Denis Bragagnolo (*), Andrea Menin (*), Guido Rosada (**)

(*) Laboratorio di Rilevamento e Geomatica – DAUR – Università di Padova,
via Marzolo, 9 – 35131 Padova, Tel.: 049 827 1614, e-mail: massimo.fabris@unipd.it

(**) Dipartimento di Archeologia – Università di Padova,

Piazza Capitaniato, 7 – 35139 Padova, e-mail: matteo.frassine@unipd.it

(***) Arc-Team s.n.c., e-mail: alessandro.bezzi@arc-team.com

Riassunto

Il presente contributo riguarda il sito archeologico medievale di “Mura della Bastia”, ad Onigo di Pederobba (Treviso) ed ha per oggetto la parziale ricollocazione virtuale di alcuni elementi murari coinvolti nel crollo della torre, avvenuto nel 1989. Il rilievo del castello e di dieci crolli è stato effettuato con il laser scanner HDS2500 in due campagne di misura tra il 2007 e il 2008, che hanno quindi consentito di estrarre un modello digitale delle murature e di ciascun blocco rilevato. Dalla rettifica di immagini “storiche” è stato ottenuto il prospetto est della torre precedente al crollo: confrontando la tessitura di ciascun agglomerato con quella del prospetto, è stato possibile posizionare cinque blocchi. Questi sono stati quindi ricollocati sul modello 3D, utilizzando il software Reconstructor.

Abstract

The work is about the medieval site of “Mura della Bastia” in Onigo di Pederobba (Treviso). The study provided the historical reconstruction of recent collapses of the Onigo tower and allowed the virtual collocation of still-cohesive blocks, crashed down in 1989, which were recovered during two survey campaigns performed in 2007 and 2008. The 3D survey of the castle and ten blocks was performed with Leica HDS2500 laser scanner extracting the digital model of the walls and each block. Comparing the panoply of each agglomerate with the prospect of the tower, which was obtained from the photogrammetric rectification of the “historical” images, were positioned five blocks. Finally, the agglomerate were placed on the 3D model using Reconstructor software.

Introduzione

Il rilievo 3D nel settore dei Beni Culturali fornisce informazioni metriche utili sia per la lettura storico-artistica sia per la documentazione, la conoscenza, la catalogazione e il restauro conservativo degli oggetti (Boehler et al., 2001; Bitelli, 2002; Peloso, 2005).

In questo lavoro le metodologie laser scanning e fotogrammetriche terrestri sono state utilizzate per il rilievo tridimensionale del castello di Onigo (Treviso) e di dieci blocchi relativi al crollo della sua torre avvenuto nel 1989: l'obiettivo era quello di ricollocare virtualmente gli agglomerati di dimensioni maggiori nella loro posizione originaria per ottenere l'anastilosi, anche parziale, della torre. Questo è stato possibile mediante la disponibilità di immagini di discreta qualità, precedenti al crollo, che permettevano una buona lettura della tessitura muraria.

Il castello degli Onigo

L'attestazione più antica finora nota inerente ad una presenza insediativa risale al 1183, anche se è solo nel 1263 che, tramite alcuni documenti, sono fornite alcune indicazioni circa l'esistenza di una

cisterna, di una “canipa” e di una “casa solerata”, all’interno del castello degli Onigo. Il sito si trova a nord-ovest dell’odierno abitato di Onigo sull’estremità orientale dei rilievi che delimitano a sud la Valcavasia, una depressione situata tra le pendici del Monte Grappa e le propaggini dei colli asolani. I resti della fortificazione medievale, situati ad una quota di circa 250 m s.l.m, occupano la parte sommitale di un crinale che si presenta come un avamposto naturale funzionale al controllo del fiume Piave, importante asse di comunicazione già in epoca protostorica e romana. Il castello è costituito da una doppia cerchia muraria: quella più esterna, ad eccezione del lato meridionale praticamente assente, è caratterizzata, nella parte occidentale, da due muri ammassati alla cinta che formano probabilmente una piccola torretta di difesa, mentre nella parte settentrionale è stata individuata, durante la campagna di scavi del 2007, una piccola postierla tamponata con un muro a secco. Questa cinta si appoggia ad una seconda cerchia, caratterizzata da un contrafforte aggettante verso nord: tale cortina difensiva, assente per un breve tratto lungo il lato settentrionale, cinge la zona più rilevata della dorsale collinare, appoggiandosi all’angolo nord-occidentale della torre. Gli scavi effettuati durante gli ultimi anni hanno permesso di ottenere una migliore comprensione delle varie fasi di vita relative all’insediamento castellano (Frassine et al., 2008) (figura 1).



Figura 1 - Porzione della torre del castello di Onigo risparmiata dal crollo del 1989

Il rilievo delle murature e dei crolli

Il rilievo completo del castello è stato effettuato con il laser scanner Leica HDS2500 in due campagne di misura tra il 2007 ed il 2008 con passo medio di campionamento di 1 cm (Frassine et al., 2009). Prima dell’acquisizione delle nuvole di punti della torre e delle murature interne ed esterne, sono stati predisposti opportuni target Leica retro-riflettenti ad elevata riflettività, per poter allineare tutte le scansioni in uno stesso sistema di riferimento. Infatti, i target sono stati successivamente misurati mediante metodologie topografiche classiche, utilizzando la stazione integrata Leica TC2003: è stata progettata, materializzata e misurata, quindi, una rete locale di riferimento, studiata in modo da avvolgere le murature presenti. Le misure della rete, costituita da 15 vertici, sono state effettuate in modo sovrabbondante sia per gli angoli sia per le distanze. Dopo aver misurato tale rete, stazionando su tutti i vertici, sono state effettuate le misure del centro di ogni target nel sistema di riferimento della rete topografica locale. I segnali laser scanning sono stati posizionati solo nella parte più bassa delle murature, facilmente raggiungibile senza carrelli elevatori o ponteggi; in questo modo, le scansioni delle porzioni più alte sono state effettuate, senza

target, prevedendo sovrapposizioni di circa il 60% tra acquisizioni successive, mentre per quelle più basse, provviste di target, si è operato con sovrapposizioni di circa il 5÷10% al solo scopo di garantire la continuità di rilievo e rappresentazione. Le informazioni radiometriche delle superfici sono state ottenute mediante un rilievo fotografico effettuato con la camera digitale metrica Canon EOS 1 – Ds Mark II, mentre le riprese sono state eseguite non solo dai posizionamenti del laser scanner, ma anche da altri punti per ridurre al minimo le zone d'ombra. I crolli sono stati rilevati seguendo una procedura analoga: in questo caso i blocchi sono stati posizionati ad opportuna distanza su un'area piana in modo da effettuare le acquisizioni di tutta la zona e non di ogni singolo blocco, riducendo così sensibilmente il numero di scansioni complessive. Dopo aver effettuato il rilievo di tutte le porzioni visibili, per l'acquisizione delle superfici appoggiate sul terreno, e di conseguenza non scansate nella prima fase, è stato necessario ribaltare i crolli e, per alcuni, effettuare delle opportune rotazioni allo scopo di ridurre le zone d'ombra. Non sono stati utilizzati target laser scanning ma le scansioni sono state realizzate prevedendo sovrapposizioni anche superiori al 60%. In totale sono stati acquisiti 10 blocchi (quelli che presentavano dimensioni più rilevanti, mediamente superiori ad 1 m³), realizzando scansioni da 11 stazionamenti differenti con passo medio di acquisizione di 5 mm. La complessità morfologica dei blocchi e la necessità di dover acquisire gli stessi spigoli da stazionamenti differenti per facilitare l'algoritmo di allineamento delle scansioni ha infatti imposto di operare alla massima risoluzione strumentale (compatibilmente anche con le precisioni che fornisce il laser scanner, ossia circa 5 mm). Il rilievo fotografico è stato effettuato, analogamente ai casi precedenti, sia dai punti di stazionamento del laser scanner sia da altre postazioni geometricamente compatibili, acquisendo le superfici di ogni singolo blocco. Per il rilievo 3D completo delle murature e dei crolli sono state necessarie 131 scansioni e 92 target.

Generazione dei modelli 3D texturizzati

Le scansioni sono state allineate mediante il software Cyclone v. 5.3, utilizzando due differenti procedure: le acquisizioni provviste di target laser scanning georiferiti sono state roto-traslate nel sistema di riferimento dei segnali (e quindi della rete topografica di inquadramento), imponendo i valori delle coordinate rispettive (modalità *survey registration*); invece, le nuvole di punti senza target sono state allineate tra loro e con quelle contenenti i segnali, per mezzo delle ampie sovrapposizioni tra acquisizioni successive (modalità *cloud registration*). Operativamente, nella prima fase le due generiche scansioni sono state avvicinate su punti naturali omologhi, ben visibili e riconosciuti sulle scansioni: successivamente è stato applicato l'algoritmo ICP (*Iterative Closest Points*) per realizzare un allineamento più preciso (Besl, McKay, 1992; Chen, Medioni, 1992). La co-registrazione di tutte le nuvole di punti degli alzati conservati, ha permesso di generare il modello 3D finale per nuvola di punti con errore massimo di 6 mm e risoluzione non superiore ad 1 cm. Nel caso invece dei 10 blocchi di crollo, l'allineamento delle nuvole di punti è stato effettuato solo in modalità *cloud registration* per l'assenza di target laser scanning georiferiti. I modelli 3D finali dei blocchi sono stati generati con errore massimo di 5 mm, ognuno nel suo sistema di riferimento locale. Il *texture mapping* dei modelli per nuvola di punti con immagini digitali ad alta risoluzione, è stato realizzato con il software Reconstructor 2. Sono stati identificati e misurati punti omologhi, facilmente riconoscibili tra modello 3D visualizzato in base ai valori di riflettanza e le immagini digitali. In questo modo, sia per le murature che per i paramenti murari dei blocchi acquisiti, ad ogni punto del modello è stata associata l'informazione di colore che deriva dai pixel dalle immagini digitali. Il modello texturizzato ottenuto permette una chiara lettura della tessitura dei paramenti, metricamente corretta e utile per analisi comparative e studi di stragrafia muraria; inoltre, consente di progettare restauri conservativi mirati, anche per quelle strutture difficilmente rilevabili con metodi diretti (figura 2).



Figura 2 – Particolare della cinta interna del castello: si noti al centro la nuvola di punti con i valori di riflettanza in toni di grigio, mentre, ai lati, la stessa scansione texturizzata

Anastilosi virtuale della torre

Per effettuare l'anastilosi virtuale della torre è necessario collocare i blocchi rilevati nella loro posizione originaria, anteriore al crollo del 1989. Il progetto di ricollocamento degli agglomerati di muratura, recuperati durante la campagna di scavo del 2007, è stato possibile mediante un'accurata analisi storico-architettonica dell'alzato: il problema è stato risolto mediante due fotografie che ritraggono quasi frontalmente la facciata esterna del perimetrale est della torre, la prima acquisita nel 1916 e la seconda nel 1930.

Le due fotografie, anche se ottenute in un intervallo di tempo abbastanza limitato, forniscono una lettura della tessitura muraria molto diversa: infatti, la torre risulta modificata a causa di alcuni cedimenti strutturali, mentre la crescita della vegetazione rampicante sempreverde limita fortemente l'area di indagine nell'immagine del 1930. Proprio quest'ultimo elemento è causa di un disturbo che sarà presente in tutte le immagini successive al 1930, rendendole di fatto quasi inutilizzabili ai fini di uno studio comparativo del paramento murario. La documentazione fotografica storica sinora recuperata permette comunque di procedere ad un'analisi del prospetto est della torre, mentre per quello nord, conservato in minima parte, non è ancora possibile eseguire un lavoro analogo. Altre immagini ad alta risoluzione del perimetrale est, interno ed esterno, acquisite durante la campagna del 2007, sono state raddrizzate sulla base di punti naturali misurati mediante stazione integrata. Tali fotogrammi sono stati utilizzati per il raddrizzamento delle fotografie anteriori all'89, corrette utilizzando come punti di controllo gli elementi strutturali corrispondenti tra la torre ripresa nell'immagine storica e la porzione di edificio risparmiata dal crollo. Successivamente, i dati *raster* sono stati vettorializzati manualmente allo scopo di utilizzare un supporto leggero e facilmente gestibile nelle operazioni spaziali di roto-traslazione. Il processo di ricomposizione è avvenuto all'interno del software OPENJUMP (<http://openjump.org>). Ogni singolo elemento di crollo vettorializzato è stato confrontato con i dati *raster* della torre, ridotti (attraverso il *file* di georeferenziazione) ad un unico valore di scala. La possibilità di spostare e ruotare gli elaborati vettoriali sovrapponendoli agli elementi di riferimento (immagini storiche), unita alle diverse funzioni di visualizzazione del dato offerte dal software (trasparenza, scomparsa veloce e marcatura dei contorni) ha notevolmente agevolato il compito di comparazione. Il risultato finale ha portato al ricollocamento di cinque blocchi di muratura su dieci documentati (figura 3). Allo stato attuale della ricerca risulta difficile riposizionare i restanti cinque blocchi la cui tessitura muraria è composta esclusivamente da filari di pietre di piccole dimensioni (non si esclude, peraltro, che possano appartenere al perimetrale nord della torre, collassato anch'esso nell'estate dell'89).

La qualità del materiale fotografico finora recuperato non ha un grado di risoluzione sufficiente da permette ulteriori analisi (Frassine et al., 2008).



Figura 3 - Posizionamento 2D di cinque blocchi (in grigio scuro) ottenuto mediante analisi comparativa della tessitura muraria del perimetrale est ripreso nelle diverse immagini "storiche" (in bianco); in grigio chiaro, l'alzato tutt'oggi conservato

La ricollocazione virtuale 3D dei cinque blocchi è quindi stata effettuata sulla base delle informazioni ottenute in 2D: ogni singolo blocco è stato roto-traslato dal sistema di riferimento locale, solidale ad ogni crollo, al sistema di riferimento dei target laser scanning, solidale quindi con il modello globale degli alzati ancora conservati: questa operazione è stata effettuata con il software Reconstructor 2. Naturalmente i fotopiani sono bidimensionali, quindi non forniscono nessuna informazione sulla verticalità della torre, presenza di elementi disallineati con la parete, ecc. Non potendo ricavare queste informazioni, si è ipotizzata la planarità della superficie stessa. Il risultato finale della roto-traslazione dei cinque blocchi sul modello 3D completo è rappresentato in figura 4.

Conclusioni

Le problematiche inerenti l'anastilosi virtuale metrica di oggetti è stato affrontato sui crolli e sugli alzati ancora conservati della torre del castello di Onigo (Treviso): a questo scopo, sono state utilizzate ed integrate metodologie laser scanning terrestri e topografiche classiche per il rilievo dei crolli e del complesso torre-cisterna-murature. Dopo aver ottenuto i modelli 3D, la ricostruzione è stata effettuata basandosi sui modelli 2D ottenuti dall'analisi comparata di immagini attuali e di fotografie "storiche" rappresentanti la facciata orientale della torre, dove erano stati ricollocati, attraverso l'analisi delle tessiture murarie, cinque blocchi, dei quali uno combaciante con la porzione conservata della torre. La roto-traslazione dai rispettivi sistemi di riferimento, ha permesso quindi di collocare virtualmente i blocchi nella loro posizione originaria, dimostrando la validità della procedura. In questo modo, disponendo di informazioni dettagliate precedenti alla distruzione, è possibile ricostruire virtualmente oggetti di diverse forme e dimensioni dai rilievi tridimensionali di ogni singola porzione.

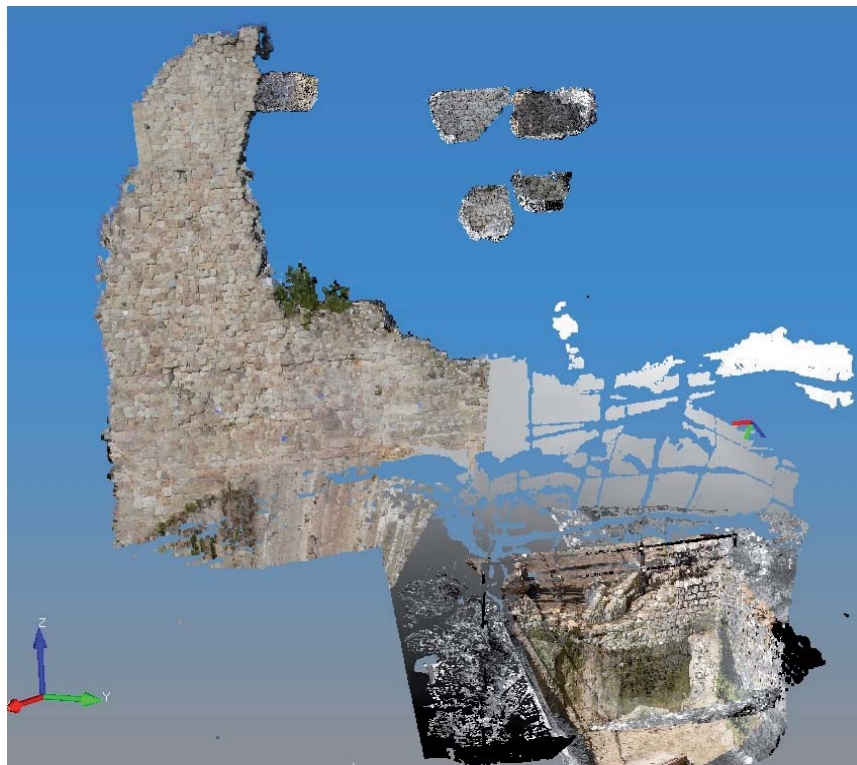


Figura 4 – Anastilosi virtuale 3D dei cinque blocchi individuati dall'analisi 2D; in basso a destra, ad oriente della torre, è visibile la cisterna del castello

Bibliografia

- Besl PJ, McKay N.D. (1992), "A method for registration of 3-D shapes", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 14 (2): 239-256
- Bitelli G. (2002), "Moderne tecniche e strumentazioni per il rilievo dei beni culturali", *Atti della 6ª Conferenza Nazionale ASITA (Perugia 2002)*, 1: IX-XXIV
- Boehler W, Heinz G, Marbs A. (2001), "The potential of non-contact close range laser scanners for cultural heritage recording", *Proceedings of the XVIII CIPA International Symposium (Potsdam 2001)*, CIPA Heritage Documentation, <http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/potsdam/2001-11-wb01.pdf>, ultimo accesso 18 agosto 2009
- Chen Y, Medioni G. (1992), "Object modelling by registration of multiple range images", *Image and Vision Computing*, 10 (3): 145-155
- Frassine M, Rosada G, Fabris M, Achilli V, Bragagnolo D, Bezzi A. (2008), "'Mura della Bastia' - Onigo di Pederobba (Treviso). Ricerche archeologiche, rilievo 3D laser scanning e anastilosi virtuale in un castello medievale del Pedemonte trevigiano", *Archeologia e Calcolatori*, 19: 293-321
- Frassine M, Bezzi A., Fabris M, Achilli V, Bragagnolo D, (2009), "'Mura della Bastia'. Dati archeologici, informatizzazione e rilievi 3D laser scanning del castello degli Onigo (Pederobba, Treviso)", *Archeologia e Calcolatori*, 20: in corso di stampa
- Peloso D. (2005), "Tecniche laser scanner per il rilievo dei beni culturali", *Archeologia e Calcolatori*, 16: 199-224