

UN ESEMPIO DI APPROCCIO INTEGRATO DI RILIEVO E RAPPRESENTAZIONE PER LA CONOSCENZA DEL PATRIMONIO STORICO-ARCHITETTONICO

G. Caroti (*), A. Piemonte (*), M.G. Bevilacqua (**)

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile – Sede di Topografia e Fotogrammetria, via Diotallevi 1, 56126 Pisa, tel. 050 2217770, fax: 050 2217779, e-mail: g.caroti@ing.unipi.it - a.piemonte@ing.unipi.it

(**) Dipartimento di Ingegneria Civile – Sede di Architettura e Urbanistica, via Diotallevi 1, 56126 Pisa, tel. 050 2217780, fax: 050 2217764, e-mail: mg.bevilacqua@ing.unipi.it

Riassunto

Nel presente lavoro si intende mettere in evidenza i vantaggi che nascono dall'affrontare in modo multidisciplinare il rilievo e la rappresentazione del patrimonio storico-architettonico.

Con il rilievo si individuano, analizzano e registrano gli elementi caratteristici ed anomali di un edificio, se ne evidenzia la morfologia strutturale e le condizioni statiche; è quindi un'operazione di misurazione, ma anche di lettura dei dati metrici, orientata verso una conoscenza critica dell'opera da rilevare, al fine di penetrarne la complessità architettonica, coglierne tutti gli aspetti - metrici, formali, tettonici - raggiungendo una conoscenza quanto più completa dell'opera.

Le nuove tecniche di rilevamento del laser scanner e della fotogrammetria digitale si offrono come validi strumenti per rispondere a specifiche esigenze di analisi; in alcuni casi, tuttavia, queste tecniche possono mostrarsi parzialmente inadeguate.

Entrambe le metodologie, infatti, per poter esplicitare al meglio le loro potenzialità hanno bisogno che l'area prospiciente l'oggetto del rilievo presenti spazi adeguatamente aperti ed accessibili. Questo a volte può non presentarsi ed in questi casi può risultare vantaggioso prevedere l'integrazione dei dati con metodi diretti di prelievo delle misure.

Nel caso proposto del Bastione di Stampace a Pisa, il rilievo è stato studiato, progettato e realizzato affinché le tecniche e le metodologie di rilevamento e rappresentazione informatizzate trovassero un valido complemento in quelle proprie del rilievo tradizionale diretto.

Nel rilievo in oggetto si è tenuto conto delle difficoltà operative causate dalla parziale inaccessibilità di alcune porzioni del complesso architettonico. È stata prevista quindi l'applicazione congiunta di tecniche di rilievo innovative – laser scanner terrestre - e tradizionali dirette, quest'ultime ad integrazione delle prime. A tale scopo è stata realizzata una rete di inquadramento topografico che, collegando vertici opportunamente distribuiti sull'area, ha permesso la sovrapposizione in un unico riferimento geo-referenziato dei dati provenienti dai diversi rilevamenti.

Nella redazione dei documenti grafici di rilievo, infine, si è inteso rappresentare non solo gli aspetti geometrici e dimensionali, ma anche comunicare in modo sintetico e ragionato l'insieme dei dati materici, strutturali e storico-evolutivi acquisiti in fase analitica di studio.

Abstract

The purpose of the present paper is to highlight the advantages deriving from a multidisciplinary approach to the surveying and rendering of historic-architectural legacy.

Surveys are performed to detect, study and record typical and irregular features of a building, as well as to show its structural morphology and static conditions; they involve, as such, measurements as well as readings of metric data, aimed to master the architectural complexity and

every other aspect of the survey object – metric, morphological and tectonic – in order to achieve the broadest possible related knowledge.

New surveying techniques, such as 3-D laser scanning and digital photogrammetry, offer effective tools to meet specific analysis requirements, although in some cases they may be partially inadequate: in fact, for their full exploitation, both these techniques require the area in front of the surveyed object to be free from obstacles. Since this cannot always be achieved, it can be useful to provide for an integration of collected data with direct measurements.

The survey described in this paper, performed on the Stampace rampart in Pisa, has been studied, designed and carried on so that computer-based surveying and rendering techniques and methods would be usefully complemented by traditional ones. In detail, only partial accessibility to every section of the architectural compound has called in turn to the joined implementation of innovative surveying techniques – terrestrial laser scanning – and traditional ones, the latter integrating the former. For this purpose, a topographical framing network has been set up so to allow merging of data collected by different techniques in a single geo-referred system, by joining vertices conveniently placed all above the area.

The drafting of the graphical survey documentations has been focused not only on the rendering of geometrical and dimensional features, but also on the synthetic presentation of matter, structural and historical data analytically collected alongside the strictly surveying job.

Introduzione

Una fase fondamentale per lo studio del patrimonio storico-architettonico è quella del suo rilievo come approccio conoscitivo all'opera nella sua evoluzione diacronica: acquisizione accurata dei dati, loro elaborazione, entrambi finalizzati alla costruzione di un suo modello dal quale leggere la sua complessità.

A partire dal manufatto esistente si programmano e si mettono in atto una serie ordinata di metodologie e procedure per costruire gli elaborati descrittivi dell'edificio, necessari per comprenderlo ed interpretarlo così come esso ad oggi si presenta e per cercare di desumere quella che era l'"idea" centrale che ha condotto il progetto e la realizzazione di quella architettura, nonché le sue successive modifiche.

Infatti, lo stato di fatto di un edificio storico si presenta come il risultato di una stratificazione di cambiamenti costruttivi e funzionali, conseguenza della sua continua evoluzione da indagare in base al tempo ed alle modalità di esecuzione (scomposizione della stratificazione costruttiva).

Il rilievo di sistemi edilizi così complessi richiede il concorso di competenze e professionalità specialistiche e l'utilizzo integrato di tecniche di rilievo. Lo studio del Bastione Stampace a Pisa, data la sua complessità costruttiva e storica, è stato l'oggetto di un approccio integrato di rilievo e rappresentazione al fine di contribuire all'acquisizione della documentazione a supporto del suo restauro e della sua tutela.

Il bastione

La costruzione del Bastione di Stampace a Pisa risale ad un programma di fortificazione della cinta muraria medievale voluto dai Fiorentini a partire dalla prima metà del '500. La struttura partecipa di una complessità ambientale storicamente significativa di cui restano tracce evidenti (fig.1). Al suo esterno, nelle immediate vicinanze ed in prossimità dell'Arno, la Porta a Mare medievale, in seguito a discutibili lavori di recupero nei primi del Novecento, appare oggi isolata e scollegata dal sistema di opere di difesa a cui era strettamente connessa. Lungo il tratto di mura che collega il bastione alla Porta, i resti del canale mediceo dei Navicelli con la struttura per il ricovero delle barche – il cosiddetto "Sostegno" - sono da diversi anni oggetto di un importante intervento di recupero, che però fino ad oggi non ha interessato il baluardo cinquecentesco. Una serie di edifici costruiti all'esterno nei pressi o in aderenza al baluardo ne lasciano visibile, e quindi rilevabile, solo il fronte orientale.

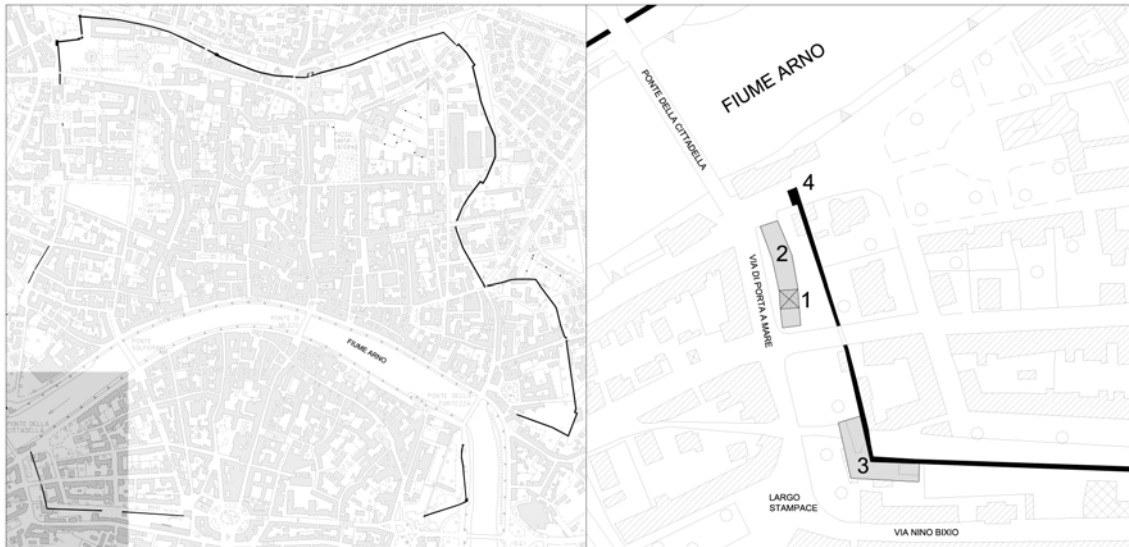


Figura 1 - A destra, pianta della città di Pisa con in evidenza i resti delle mura medievali. A sinistra, pianta della zona di Stampace: 1) il “Sostegno”; 2) i resti del canale de’ Navicelli; 3) il Bastione di Stampace; 4) la Porta a Mare medievale

Una strada, oggi pedonale, attraversa il bastione tagliando sia la cortina occidentale che le mura medievali retrostanti (fig.3). All’interno, la cosiddetta piazza “di sotto” settentrionale appare attualmente come un cortile vuoto ed inutilizzato. Solo dal suo interno sono leggibili i resti di alcune bocche da fuoco predisposte alla difesa delle mura. Dall’esterno, infatti, la zona non è agevolmente raggiungibile a causa della presenza dei ruderi di una struttura costruita in aderenza al bastione e di una fitta vegetazione infestante.

Dal cortile interno si accede ad alcuni spazi voltati seminterrati, realizzati nel corpo del bastione durante i lavori per la realizzazione della linea ferro-tramviaria nel 1892. Da questi è possibile raggiungere i resti del fianco orientale della struttura. I lavori ottocenteschi hanno pesantemente stravolto questa porzione del baluardo, che non conserva oggi alcuna traccia significativa dell’assetto originario cinquecentesco (fig.2).



Figura 2 - Immagine storica del 1930. In primo piano il canale dei navicelli ancora attivo. Sullo sfondo, il Bastione di Stampace “perforato” a più riprese dalle strutture della ferro-tramvia [da Tolaini, 2005].

Seguendo il percorso della via pedonale di attraversamento, all'interno delle mura medievali si leggono i resti di una postierla medievale – anonima – tamponata in mattoni, che quasi certamente fu ridotta nel '500 ad accesso alla struttura dall'interno della città.

Non restano, invece, tracce evidenti delle strutture di difesa precedenti al bastione. La costruzione del bastione fu infatti voluta dai fiorentini in sostituzione di una precedente fortificazione quattrocentesca. Quest'ultima, a sua volta, aveva inglobato un'antica torre d'angolo delle mura medievali pisane. I lavori ottocenteschi, uniti all'incuria e all'azione del tempo, ha cancellato ogni traccia delle strutture precedenti al bastione, che rimane oggi privo di ogni eco storico ed estraneo al contesto urbano che lo circonda.

Il Rilievo

Nel processo di acquisizione dei dati di un oggetto così complesso si è innanzitutto valutato congiuntamente un opportuno "protocollo" per l'attività di rilievo che tenesse conto sia delle necessità di inquadramento generale dell'opera, sia di documentare particolari ma anche di poter orientare la lettura dei dati materici verso una conoscenza critica dell'opera al fine di penetrarne la complessità: ciò ha portato, come immediata conseguenza, ad evidenziare la necessità di adottare più metodi e procedure di rilievo per la registrazione dei dati spaziali.

Il Bastione si sviluppa su più livelli, si articola in spazi diversamente caratterizzati da forma e dimensioni. Occupa uno spazio urbano che le vicende storiche evolutive della città ha "inglobato" da un punto di vista sia edilizio, con superfetazioni e costruzioni in adiacenza, sia di utilizzo, infatti gli spazi da esso individuati sono oggi utilizzati come magazzini, parcheggi, zone di ritrovo e allenamento per giochi di tradizione (Gioco del Ponte), etc..

Le principali fasi del rilievo che hanno supportato l'indagine sono state:

- rilievi topografici classici, per riferire i rilievi in un unico sistema di riferimento;
- laser scanner terrestre, per l'inquadramento generale;
- immagini digitali, acquisite da una macchina fotografica calibrata ed integrabile con il laser scanner;
- metodi diretti di prelievo delle misure.

La fase di rilevamento topografico classico (effettuato con total station senza prisma Sokkia SET030R) interviene nel processo di acquisizione dei dati spaziali in modo essenziale per riferire ad un unico sistema di riferimento i rilievi delle varie parti: la rete di inquadramento costituita da cinque vertici si estende in prossimità delle parti emerse del Bastione e prosegue nei locali interrati con lo scopo di rilevare la posizione dei target riflettenti (in totale quaranta, distribuiti sul paramento murario interno ed esterno del Bastione) necessari per:

- georeferenziare le 6 nuvole dei punti acquisite con il laser scanner Riegl LMS-Z420i sia in posizione verticale sia orizzontale. Infatti, note le coordinate 3D dei targets sia nel sistema topografico sia in quello proprio del laser, si stimano, per ogni scansione, i 6 parametri di rototraslazione necessari per registrare le nuvole rispetto ad un unico sistema di riferimento (quello topografico);
- orientare le immagini fotografiche acquisite con la camera digitale calibrata Nikon D70s utilizzata in modo sia integrato con il laser sia indipendente da quest'ultimo per riprendere la completezza delle pareti murarie;
- integrare nei rilievi strumentali quelli eseguiti con metodi diretti.

I metodi diretti di rilievo sono risultati necessari e vantaggiosi per integrare i rilievi "strumentali" nelle zone difficilmente accessibili, oltre che per colmare localmente alcune "zone d'ombra" della nuvola di punti, causate generalmente dalla presenza di ostacoli fissi (vegetazione o arredo).

Il procedimento adottato per il coordinamento tra i dati di diversa natura è stato concepito per ridurre al minimo le operazioni di rilevamento tradizionale, garantendo comunque il numero di informazioni sufficienti ad una rappresentazione convenzionale esauriente dell'oggetto architettonico.

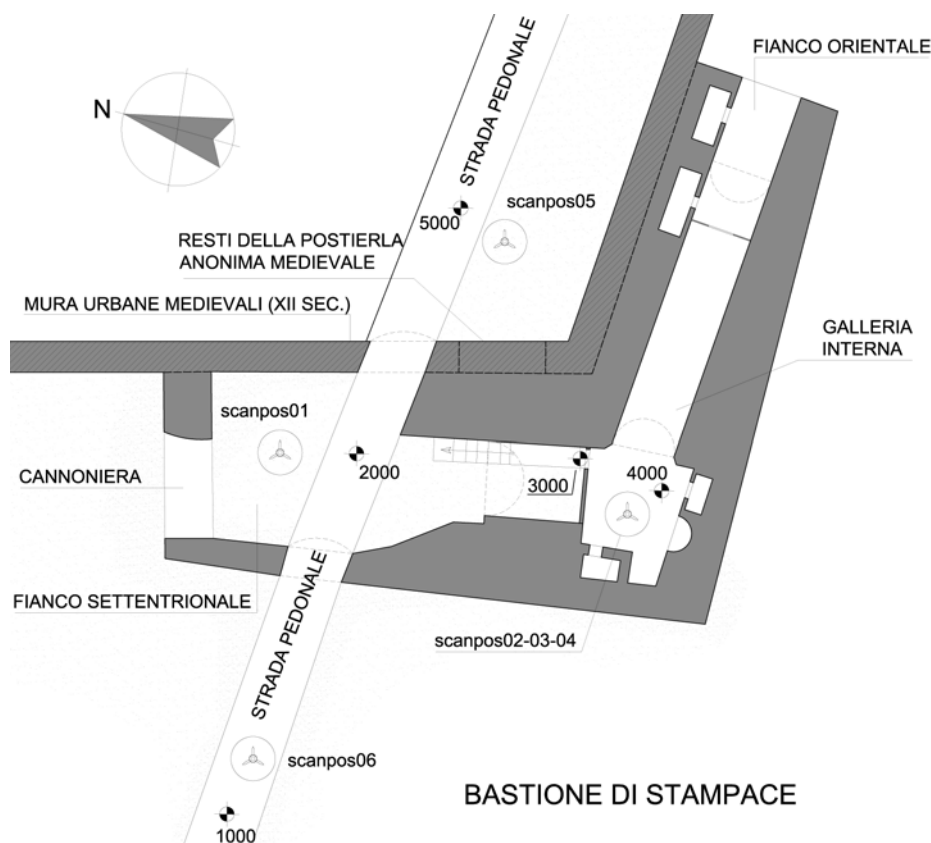


Figura 3 - Pianta schematica del bastione di Stampace, con in evidenza i vertici della poligonale topografica e le stazioni del laser scanner

Elaborati i dati del rilievo laser, eliminati gli elementi di disturbo dalla nuvola di punti, si è proceduto realizzando una serie di sezioni orizzontali e verticali del modello, parallele ai piani del sistema di riferimento globale e a passo costante di 50 cm. Il modello costituito dall'insieme delle sezioni è stato quindi esportato e gestito in un programma di disegno vettoriale, nel nostro caso Autocad 2006. Tra i piani di sezione orizzontali, si è scelto di assumerne tre (evidenziate in fig.4) come sezioni di pianta alle quali riferire opportunamente le misure prelevate tradizionalmente sia in piano che in elevato¹. Sulla "nuvola di punti" è stata poi misurata la quota altimetrica di ciascuna sezione dal piano di calpestio, in punti singoli e facilmente riconoscibili del profilo di sezione, generalmente sugli spigoli dei muri. Riportata fisicamente la quota sui muri, i profili di pianta sono stati ricostruiti in sito con l'ausilio di una livella elettronica. Essi hanno quindi costituito il piano di "caposaldo" a cui riferire le misure – prelevate con il metodo della trilaterazione o per coordinate - necessarie per completare il disegno di pianta alle diverse quote. Ai piani di riferimento sono state riferite anche le altezze in elevato necessarie per completare i disegni dei prospetti e delle sezioni. Riferendo le operazioni di rilievo alle tre sezioni indicate, tutte le misure sono risultate tra loro confrontabili e riconducibili al sistema di riferimento globale del modello digitale.

Conclusioni

L'articolo illustra un tentativo di integrazione tra "rilievo strumentale" con laser scanner e "rilievo diretto". A questa esperienza hanno concorso, in modo multidisciplinare, le specifiche professionalità, con gli obiettivi di arrivare ad una completa documentazione metrica 3D di un bene

¹ Il numero delle sezioni di riferimento è stato motivato dalla necessità che in ogni zona del bastione il piano orizzontale fosse sempre ad una quota di circa 1-1,5 metri dal piano di campagna, e quindi ad un'altezza agevole per un operatore di statura media.

complesso del patrimonio storico-architettonico, quale il Bastione di Stampace, di individuare una procedura efficiente, efficace e facilmente applicabile per il coordinamento tra i dati di diversa natura, che riduca al minimo le operazioni di rilevamento tradizionale, garantendo comunque il numero di informazioni sufficienti ad una rappresentazione convenzionale ed esauriente dell'oggetto architettonico riconducibile al sistema di riferimento globale del modello digitale.

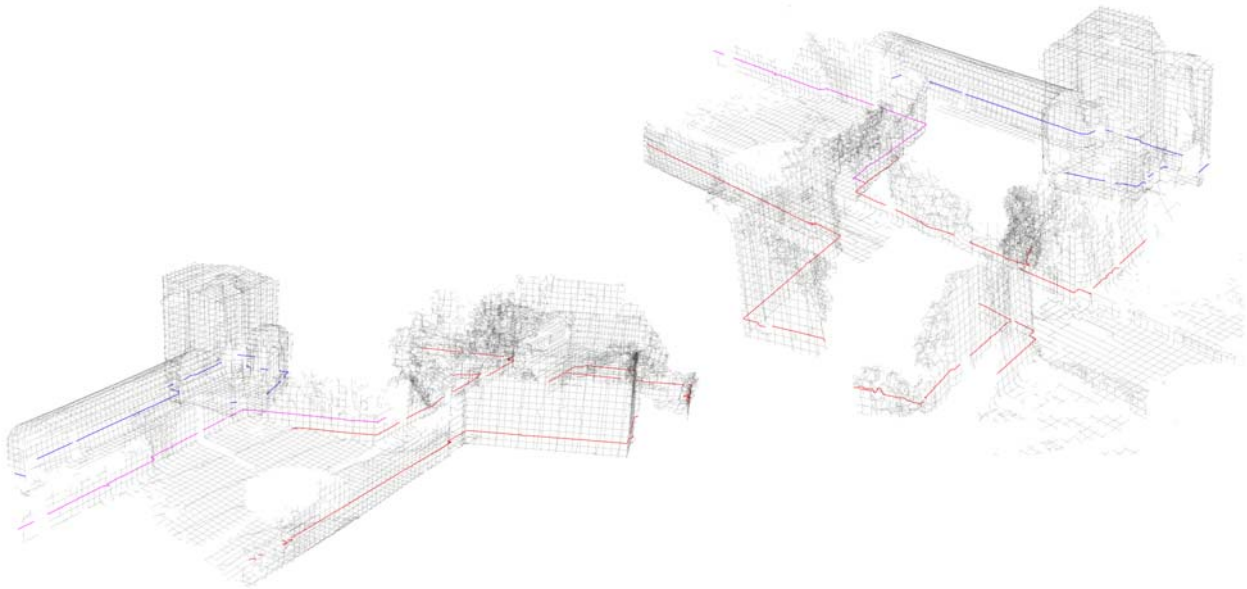


Figura 4 - Vista del modello digitale costituito dai profili delle sezioni orizzontali e verticali della nuvola dei punti. In evidenza, le sezioni orizzontali adottate come riferimento di pianta.

Ringraziamenti

Si ringraziano l'arch. Marco Guerrazzi e il geom. Malasoma della Direzione Edilizia Pubblica del Comune di Pisa per la disponibilità mostrata nelle fasi organizzative del rilievo. Inoltre si ringraziano i tecnici dott. Andrea Bedini e geom. Jessica Micheloni della Sede di Topografia e Fotogrammetria per il supporto in fase di rilievo ed elaborazione dei dati.

Bibliografia

- Bevilacqua M.G. (2007), "Le trasformazioni delle fortificazioni storiche dal Medioevo allo stato unitario. Dalle fortificazioni quattrocentesche alla demolizione dei bastioni in terra seicenteschi", in *Architetture Militari a Pisa*, Pacini Editore, Pisa, 23-48
- Caroti G., Orlandini S., Piemonte A. (2006), "Rilievi laser scanner e fotogrammetrici del Camposanto Monumentale di Piazza del Duomo, Pisa", 10a Conferenza Nazionale ASITA, Bolzano, 557-562
- Caroti G., Pucci B. (2004), "Tecniche di rilievo per la rappresentazione di edifici storici", Workshop Tecnologie per comunicare l'architettura, 20-22 Maggio 2004, Portonovo, Ancona.
- Tolaini E. (2005), *Le mura del XII secolo e altre fortificazioni nella storia urbana di Pisa*, Bandecchi e Vivaldi, Pisa, 111
- Docci M., Maestri D. (1999), *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Edizioni Laterza, Roma.