

Rilievo laser scanner per lo studio e l'analisi di strutture a sviluppo prevalentemente verticale: Torre Asinelli (Bologna), Torre Ghirlandina e della Sagra di Carpi (Modena)

Bertacchini Eleonora (*), Boni Emanuele (*), Capra Alessandro (*), Castagnetti Cristina (*),
Dubbini Marco (**).

(*)DIMeC - Università di Modena e Reggio Emilia – Via Vignolese, 905 41100 Modena, alessandro.capra@unimore.it
(**)DSS, Università di Bologna, Piazza San Giovanni in Monte 2, 40124 Bologna, Italia

Riassunto esteso

La tecnologia laser scanner terrestre applicata allo studio dei monumenti storici è un utile strumento per la determinazione della geometria delle strutture e garantisce un'analisi complessiva e accurata di architetture anche complesse. Il rilievo tridimensionale che ne deriva è un database fondamentale sia per la valutazione delle caratteristiche strutturali che per la progettazione di interventi di restauro. La definizione di un modello tridimensionale digitale permette infatti la conoscenza della reale geometria, la texturizzazione del modello con immagini fotografiche ad alta risoluzione consente l'analisi di dettaglio delle caratteristiche superficiali e la generazione di modelli foto-realistici noti come realtà virtuali. Le collaborazioni svolte dall'Università di Modena con gli enti territoriali preposti alla conservazione e all'analisi dei beni culturali hanno permesso in particolare l'individuazione di metodologie di rilievo e di elaborazione delle strutture a sviluppo prevalentemente verticale. Il lavoro svolto ha riguardato la Torre degli Asinelli a Bologna, la Torre Ghirlandina a Modena e la Torre della Sagra a Carpi di Modena.



Figura 1: Da sinistra a destra, modello digitale della Torre Ghirlandina (Modena), fotografia della Torre degli Asinelli (Bologna) e fotografia della Torre della Sagra (Carpi di Modena)

Tecnica di rilievo

Al fine di determinare l'assetto geometrico delle torri, nello specifico l'altezza, lo sviluppo dell'asse longitudinale e il fuori centro, sono stati effettuati rilievi con strumentazione laser scanner terrestre ad alta risoluzione (ScanStation 2 Leica). Da ogni stazione è stato imposto, alla distanza della superficie di interesse, un passo di campionamento di 8 mm. Il laser scanner utilizzato è dotato di una fotocamera integrata con la quale sono state catturate immagini applicate in seguito come texture al modello a punti realizzato. I rilievi sono composti da diverse riprese laser scanner; data l'altezza delle torri, è risultato opportuno prevedere stazioni di scansione in quota dalle quali

rilevare le facciate, fino alla copertura, senza un angolo di incidenza troppo elevato. Lo sviluppo verticale degli edifici ha reso inoltre necessaria la realizzazione di un rilievo d'appoggio topografico di precisione (1" di risoluzione angolare e 1mm+1ppm di precisione nella misura di distanza) tramite schema a rete costituito dalle stazioni a terra e da target retroriflettenti. I target sono stati collocati sulle pareti delle torri e su edifici limitrofi, in posizione e numero tale da garantire una precisione elevata (sub-centimetrica) del modello digitale tridimensionale.

Determinazione caratteristiche geometriche

Con il software Cyclone 6.0 ogni nuvola di punti è stata analizzata ed elaborata rimuovendo i dati acquisiti su elementi estranei all'oggetto del rilievo e i punti misurati con minore accuratezza. I modelli 3d digitali sono stati generati registrando le nuvole di punti relative alle singole scansioni. L'errore commesso, inteso come distanza tra lo stesso vertice nelle nuvole di punti dopo l'unione, è risultato sempre inferiore a 1 cm. Disporre del modello a punti complessivo significa disporre del contenuto metrico della struttura; l'elaborazione di tale modello attraverso l'introduzione di piani di taglio e l'estrazione di slice permette quindi di stabilire, oltre alla quota complessiva della struttura, la posizione del baricentro geometrico e di individuarne la variazione con la quota, ovvero lo strapiombo delle torri.

Impostando una vista ortografica rispetto al piano di taglio orizzontale adottato, sono state estratte ortoimmagini del modello 3d della torre. La natura bidimensionale delle restituzioni grafiche prodotte nel modo descritto non deve far dimenticare la loro omogenea referenziazione, che è comunque sempre tridimensionale: ogni profilo sezione, cioè, appartiene ad un piano, di cui è nota la posizione e la giacitura nello spazio tridimensionale. Generate le ortoimmagini dei modelli con un passo di 5 m di quota, è stato quindi possibile importarle in ambiente Cad 3d, vettorializzare il profilo di ogni sezione e determinarne il baricentro geometrico.

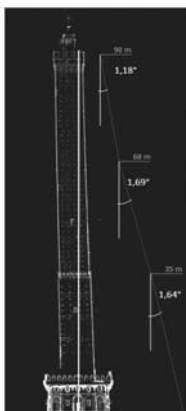


Figura 2: Prospetto del lato sud della Torre degli Asinelli in cui è indicata la diversa inclinazione dei tre tronchi costruttivi

Relativamente alla Torre degli Asinelli, i rilievi hanno permesso di determinare un'inclinazione complessiva di 1,51° e uno strapiombo di 2,38 m verso Ovest. Valori non elevati in termini assoluti ma che in una struttura così alta e snella suggeriscono il controllo degli eventuali spostamenti e/o deformazioni. Dal confronto con misure storiche emerge che lo strapiombo è passato da 2,25 m a 2,38 m in circa un secolo con un variazione di inclinazione media di 1,3 mm/anno, che è relativamente di piccola entità ma non trascurabile soprattutto se rapportata all'altezza della torre. L'analisi del modello digitale della torre ha evidenziato, come ci si poteva aspettare, una differente inclinazione in relazione al cambiamento di geometria delle sezioni nei tre tronchi che la compongono (Figura 2). Analogo procedimento è stato seguito per l'analisi della Torre Ghirlandina e Della Sagra che hanno evidenziato un minore scostamento dalla verticalità:

- strapiombo Torre Ghirlandina: 1,27 m (dai contrafforti alla sommità), angolo di inclinazione: 1,04°.
- strapiombo Torre della Sagra: 0,82 m (dalla base alla copertura), angolo di inclinazione: 1,05°.

Bibliografia

- Cadignani R. et al. (2009), *La torre Ghirlandina: un progetto per la conservazione*, Sossella Editore;
- Bertacchini E., Capra A., Castagnetti C., Dubbini M., (2008), *"Il Monitoraggio della Torre civica di Modena detta della "Ghirlandina"*, Atti Convegno Nazionale SIFET08.
- Balzani M., Scopino R., Uccelli F. (2008), *"Il rilievo 3D per l'integrazione dei sistemi informativi di documentazione storica e di restauro della Cattedrale di Pisa e della Piazza dei Miracoli"*, Il Cantiere della Conoscenza;
- Boni E. (2009) *Tecniche di rilievo laser scanner per lo studio dei beni culturali*, Tesi di Laurea Specialistica, Modena.