

Case history: il Santuario della Madonna dell'Ambro

Progetto di restauro conservativo e miglioramento sismico

Ingegneri nel cantiere, la ricostruzione vista da vicino

L'obiettivo: individuare le vulnerabilità strutturali evidenziate dagli eventi sismici del 24/08/2016 e successivi, per poi eliminarle mediante una sistematica serie di interventi di riparazione e di rafforzamento locale volti a ottenere per l'intero fabbricato un miglioramento sismico

DI PATRIZIA RICCI

Lo scorso 26 maggio, l'Ordine degli Ingegneri della provincia di Fermo ha aperto una serie di incontri "In cantiere", promossi dalla Commissione Giovani ingegneri. Un nuovo format di eventi on the road diverso e dinamico, che prevederà ogni volta la visita di un cantiere che abbraccia uno dei molteplici ambiti dell'ingegneria: dall'edile all'informatico, dal biomedico al gestionale, fino all'automazione. Come primo appuntamento, si è scelto di studiare la "ricostruzione vista da vicino", con una giornata formativa in un cantiere emblematico della provincia di Fermo, quello del Santuario della Madonna dell'Ambro a Montefortino, oggetto di un intervento di recupero grazie all'impegno della Cassa di Risparmio di Fermo. L'incontro si è aperto con i saluti del Coordinatore Giovani Ingegneri di Fermo, ing. Marco Meconi, del Sindaco di Montefortino, Domenico Ciaffaroni, del Presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Fermo, ing. Antonio Zamponi, del Presidente della Cassa di Risparmio di Fermo, ing. Amedeo Grilli, e del Presidente della Federazione regionale degli Ordini degli Ingegneri delle Marche, ing. Massimo Conti. L'evento è stato realizzato con il contributo della AR di Alessandrini Nello srl, ditta esecutrice dei lavori, e di Mapei spa, partner tecnico per i materiali forniti per la ricostruzione.

I danni causati dal sisma 2016

Il Santuario della Madonna dell'Ambro è situato nell'alta valle del Tenna, nel cuore del Parco Nazionale dei monti Sibillini. Le origini risalgono al 1073. È il Santuario più antico delle Marche dopo Loreto. La chiesa originaria, in questi 10 secoli di storia, ha subito molti interventi e trasformazioni. A seguito degli eventi sismici del 24 agosto 2016, la chiesa ha riportato danni notevoli con profonde lesioni che hanno compromesso la funzione statica della struttura portante. Al fine di rimuovere il pericolo di un ulteriore aggravamento dello stato di danno, l'Amministrazione Comunale di Montefortino, sulla base del progetto di "Messa in sicurezza Volte e Abside - Santuario Madonna dell'Ambro" del prof. ing. Luigino Dezi, Università Politecnica delle Marche, e dell'ing. Massimo Conti, ha provveduto tempestivamente alla messa in sicurezza del Santuario nel novembre 2016 (Fig. 1).

La navata centrale della chiesa è a pianta rettangolare, di 27 metri di lunghezza per 15 di larghezza, irrigidita da una serie di setti trasversali che separano le cappelle laterali (Fig. 2). Presenta una volta a botte di mattoni a una testa, con uno spessore di 15 cm e una luce di 7,5 metri, irrigidita da arconi a due teste che poggiano sui setti e pareti laterali di circa 1,5 metri realizzate in pietra (Fig. 3).

Sulla volta corrono tre travi longitudinali in legno, una al centro e due alle reni (Fig. 4, 5). A seguito dell'evento sismico - ha spiegato il prof. Dezi nel suo intervento introduttivo - sulla volta della navata, l'elemento più debole nella risposta sismica, si è innescata la formazione di cerniere dovuta all'allontanamento delle reni con conseguente formazione di lesioni all'intradosso e all'estradosso (Fig. 6). Il Prof. Dezi ha precisato: "l'abbassamento in chiave della volta e degli arconi è considerevole (circa 10-12 cm), con fenomeni di sfilamento dei conci degli arconi e consistenti cadute dell'apparato decorativo. Le cappelle laterali, con volte in



FIGURA 1

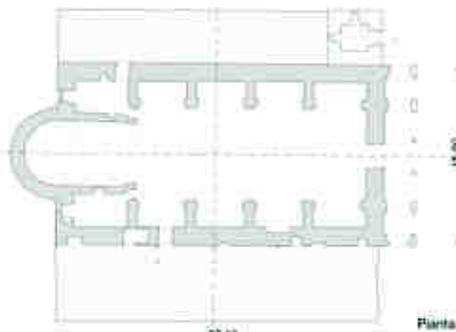


FIGURA 2

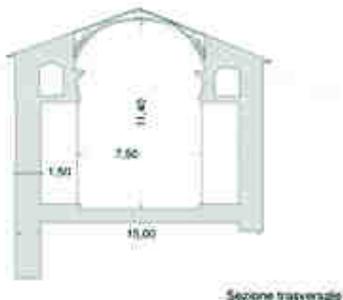


FIGURA 3



FIGURA 5



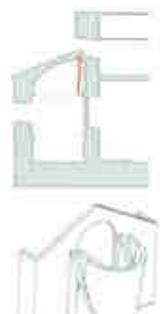
FIGURA 6

mattoni a una testa, hanno riportato fessurazioni e lesioni di varia entità. In particolare, nei setti trasversali si è potuto constatare la presenza di due corpi murari non ammassati tra loro, entrambi in pietra, costruiti probabilmente in epoche differenti".

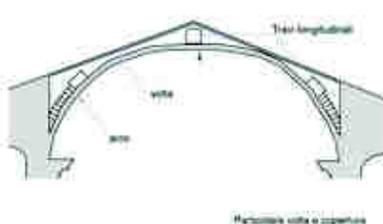
In seguito alle scosse sismiche, la mancanza di ammassatura ha generato lesioni per distacco, ben visibili nella maggior parte dei setti che separano le cappelle (Fig. 7). Anche l'abside risulta danneggiata dai ripetuti eventi sismici; presenta infatti una lesione interna su tutta la lunghezza della calotta ed esterna all'attacco con il muro della chiesa (Fig. 8).



FIGURA 7



FIGURA



Gli interventi di messa in sicurezza

Sulla volta della navata è stata realizzata la puntellatura in tubo-giunto con martinetti regolabili e doppie fasce di compensato multistrato, in grado di sostenere i carichi della copertura e della volta stessa, nonché i carichi derivanti dalla neve (Figg. 9, 10). La struttura è già predisposta per la fase esecutiva al fine di realizzare il sollevamento graduale della volta, restituendone, così, la geometria originaria. "L'idea progettuale per recuperare parte dell'abbassamento della volta - ha spiegato il prof. Dezi - è il sollevamento delle parti inflesse a mezzo dei martinetti a vite posizionati ortogonalmente alla volta e utilizzati per la puntellatura di emergenza. Il sollevamento sarà eseguito con incrementi millimetrici ed esteso ad ampie zone della volta al fine di ripristinarne la funzionalità. L'intervento dovrà prevedere dei tiranti che riprendano la spinta delle volte e ne prevengano futuri movimenti". L'intervento all'abside invece ha riguardato la realizzazione di una puntellatura di contenimento con travatura in legno di abete (Fig. 11).

Il progetto di restauro conservativo e miglioramento sismico

L'inidoneità strutturale che presentano gli elementi a volta e arco nei confronti delle azioni sismiche è in primo luogo rappresentata dalla mancanza di resistenza a trazione della muratura, sollecitata da azioni flettenti che inducono il centro di pressione dello sforzo normale a uscire dal loro spessore. "Considerando l'impossibilità di operare all'intradosso, l'approccio progettuale - ha spiegato l'ing. Diego Damen, progettista e direttore lavori - prevede il sollevamento graduale mediante martinetti; la scarnitura profonda dei giunti almeno per 5 cm; l'inserimento di cunei di quercia nei giunti; il riempimento con boiacca fluida di calce; la sostituzione di eventuali elementi danneggiati; l'incremento dello spessore della sezione resistente all'estradosso, con l'obiettivo di mantenere la linea delle pressioni entro la sezione resistente, mediante un apporto di malta bicomponente a base di calce idraulica, aderente alla muratura esistente e anche mediante l'inserimen-

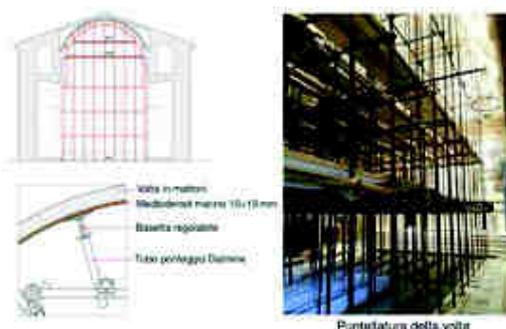


FIGURA 9



FIGURA 10

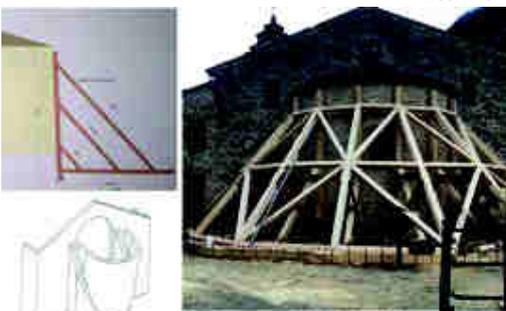


FIGURA 11

FIGURA 12

INTERVENTO DI RESTAURO CONSERVATIVO E MIGLIORAMENTO SISMICO

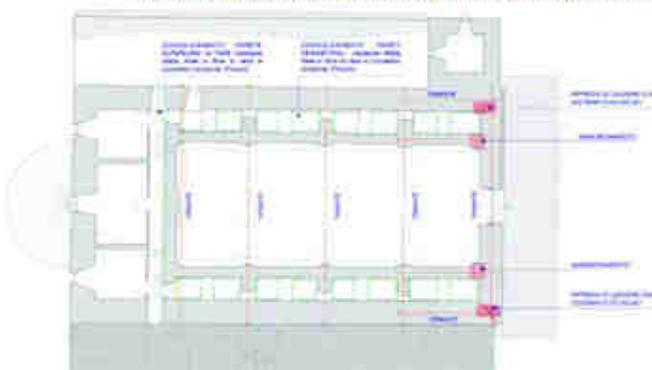


FIGURA 13

INTERVENTO DI RESTAURO CONSERVATIVO E MIGLIORAMENTO SISMICO



CONSOLIDAMENTO VOLTA IN MATTONI



FIGURA 14

to di connettori e di rete in fibra di basalto; il riempimento dei vuoti con betonino alleggerito (argilla espansa e calce idraulica); la realizzazione di frenelli in muratura ad una testa; la posa di correnti in castagno e pianellato; l'inserimento di cerchiature in acciaio in alcune aperture interne della parete dell'altare e su quella del timpano della facciata principale". In accoppiamento con l'esistente tutto ciò crea un nuovo guscio più rigido e resistente. "Nel nostro caso il massetto di malta bicomponente armata dello spessore medio di 3-4 cm steso su tutta la superficie estradosale realizza un aumento uniforme della rigidezza flessionale e tagliante favorendo anche un comportamento a piastra vantaggioso per la resistenza d'insieme della volta."

La descrizione degli interventi

L'ing. Damen ha spiegato che: "le opere previste consisteranno principalmente nel consolidamento della volta in mattoni della navata, come già descritto; nell'inserimento di catene ϕ 36 in acciaio 510 in corrispondenza degli arconi; nella costruzione nella sommità delle coperture di cordoli-tiranti, in parte in breccia sui muri di 1,5 m di spessore che quindi non creano irrigidimento trasversale, e in parte con muratura armata; nel posizionamento di cerchiature metalliche nelle aperture del muro dell'altare maggiore e di un tirante in perforazione per contrastare le azioni fuori dal piano; nel consolidamento delle cappelline laterali e delle pareti dei cunicoli superiori; nella cucitura dei setti di chiusura delle cappelline; nel posizionamento di una fascia di fibra di carbonio per l'antiribaltamento dell'abside; nell'inserimento di barre dywidag per impedire il ribaltamento del timpano della facciata principale; nell'inserimento di catene sulla cella campanaria e infine nella sarcitura a scuci e cuci delle varie lesioni" (Figg. 12, 13, 14).

I materiali della ricostruzione

Le soluzioni adottate per il miglioramento del Santuario sono funzione delle problematiche riscontrate e ampiamente descritte nei precedenti paragrafi. L'ing. Lorenzo De Carli, divisione grandi progetti Mapei e l'ing. Stefano Geminiani, linea rinforzo strutturale Mapei, hanno illustrato le motivazioni che hanno portato alla scelta di specifici materiali per il progetto di restauro. "Per la volta due sono le fasi che si sono susseguite: quella iniziale di ripristino del danneggiamento tramite il collaggio di una boiacca fluida, scelta per soddisfare i requisiti di compatibilità con la malta preesistente, sia dal punto di vista delle resistenze che della porosità del materiale, per resistere alle aggressioni fisico-chimiche, ovvero i cicli di gelo e disgelo a cui è sottoposta la volta, e da ultimo per tenere conto della presenza di superfici affrescate." Il prodotto scelto infatti nasce proprio per il ripristino di superfici affrescate perché la sua messa in opera non prevede una bagnatura del supporto e in fase di presa non rilascia calce libera che provoca efflorescenze che potrebbero danneggiare la superficie affrescata. Il successivo consolidamento è realizzato con un sistema composito a matrice inorganica posizionato all'estradosso, quindi si parla di intonaci a basso spessore e sistemi FRCM. "I cinematismi studiati in fase di analisi hanno portato alla scelta di un sistema che fornisca una certa duttilità e resistenza a trazione per l'impedimento della formazione delle cerniere all'intradosso e l'apertura delle fessure all'estradosso. Inoltre si è ricercata la compatibilità elasto-meccanica utilizzando una matrice che abbia un modulo elastico appropriato." Si è limitato l'incremento delle masse lavorando in basso spessore. Il consolidamento delle murature perimetrali e dei setti, realizzati in muratura scadente, è stato realizzato con un intonaco a matrice inorganica e una rete in fibra di vetro. L'irregolarità della superficie ha motivato la scelta di spessori più importanti, circa 3-4 cm, con un incremento della capacità portante e di resistenza della muratura. I prodotti utilizzati sono tutti esenti da cemento come richiesti dalla Soprintendenza. In zona absidale si è invece intervenuti con un sistema composito a matrice organica, con tessuto in fibra di carbonio e resina epossidica per garantire una maggiore resistenza a trazione dell'elemento.

La visita in cantiere

La giornata formativa si è chiusa con la visita del cantiere con la guida della ditta esecutrice dei lavori, Alessandrini AR, per visionare i danni e le ferite riportate dal Santuario a seguito del sisma, addentrarsi nei meandri degli interventi di messa in sicurezza della struttura e toccare con mano le tecniche della ricostruzione descritte nel corso della mattinata (Fig. 15).

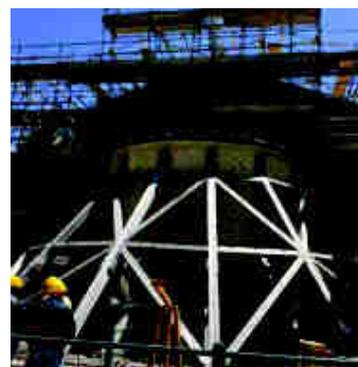


FIGURA 15