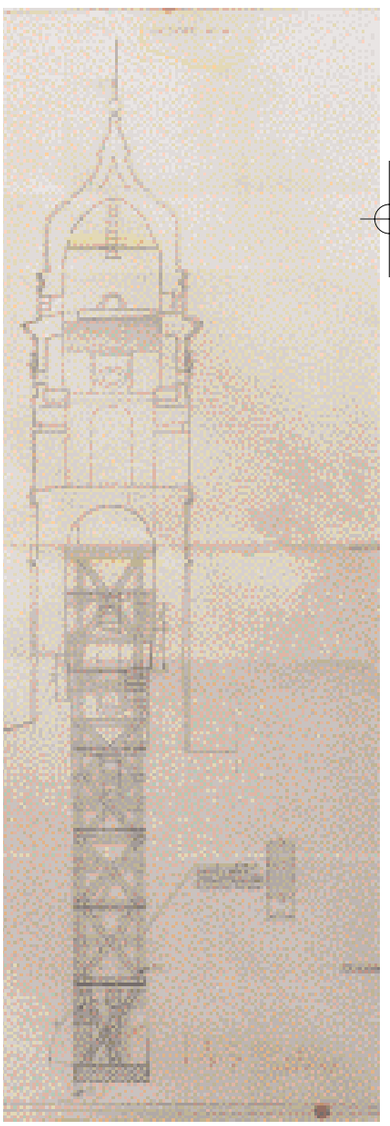
B0360_016-019 7-03-2003 12:26 Pagina 1

# Un campa
# di tenne

*Foto 1. Un'immagine del campanile inglobato all'interno del centro storico di Serra S. Quirico.*

*Foto 2 e 3. Realizzazione degli elementi verticali e inclinati mediante applicazione di tessuti in fibra di carbonio.*



Un antico campanile provato dal tempo e dal terremoto è stato rinforzato ricorrendo ad una tecnica all'avanguardia.

Il campanile della chiesa di S. Lucia a Serra S. Quirico, in provincia di Ancona, necessitava di un intervento strutturale non solo a causa degli effetti del terremoto avvenuto alcuni anni fa, ma anche per la debolezza dovuta alla vetustà della costruzione.

**L'analisi strutturale del campanile**
La torre campanaria, costruita nel XV secolo, alta 32 metri e dal peso complessivo di circa 1.100 tonnellate, era in preoccupanti condizioni di degrado generale e di instabilità globale che avrebbero potuto comportare, sotto l'azione dinamica di un altro terremoto, il suo crollo. Durante le analisi strutturali erano state evidenziate lesioni passanti e un cattivo stato di conservazione generalizzato, dovuto al degrado della muratura composta da malte a base di calce, mattoni pieni e pietre. Inoltre il campanile aveva perso la sua regolare geometria ed erano evidenti "spiombature" delle pareti verticali.
Per ottenere un sostanziale rinforzo sismico, all'inizio era stato ipotizzato un intervento interno al campanile interamente in carpenteria metallica, ma l'Ufficio Centrale per i Beni A.A.A.S. di Roma respinse l'intervento perché troppo invasivo e poco rispettoso della costruzione originale e richiese una soluzione con materiali innovativi e un intervento rimovibile, che salvaguardasse la costruzione originale e fosse pochissimo visibile.
Proprio lo studio e l'introduzione di nuovi materiali nell'ingegneria delle strutture - come i compositi con fibre continue di carbonio caratterizzati da leggerezza, resistenza e sostanziale

B0360_016-019 7-03-2003 12:26 Pagina 2

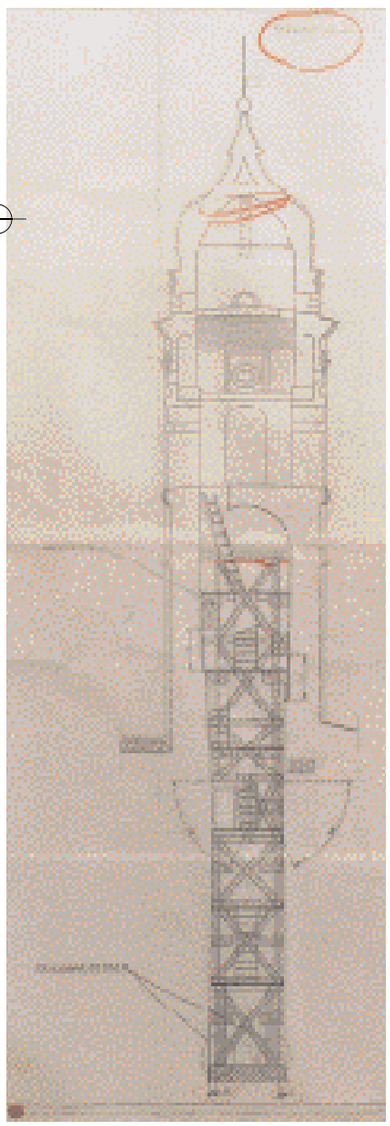


# anile a prova
# mota

*Nell'intervento sono stati usati sia il tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza MAPEWRAP C UNI-AX che il tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio ad alta resistenza MAPEWRAP C QUADRI-AX 760/48.*

2

3



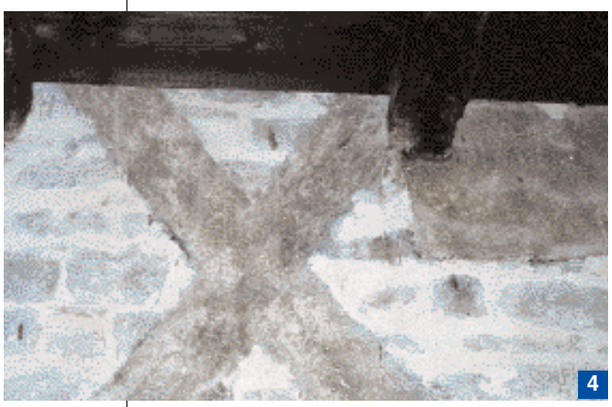
assenza di degrado chimico nel tempo - sono venuti in aiuto ai progettisti.

**Le proposte e l'intervento fattivo**
Il complesso, chiesa, chiostro e campanile, è stato inizialmente sottoposto a prove di identificazione dinamica della struttura attraverso la cosiddetta "eccitazione forzata" effettuata con Vibrodine e con la vibrazione naturale da vento. Dopo le prove sul posto è stato deciso di adottare una soluzione all'avanguardia da inserire nella parte interna del campanile e che assicurasse un sostanziale incremento della resistenza sismica complessiva.
È stato così proposto di realizzare sulle quattro pareti un traliccio tridimensionale formato da elementi verticali ed inclinati in tessuto di carbonio. Inoltre sono state applicate delle strisce orizzontali continue in tessuto quadriassiale fra le pareti. Questo avrebbe permesso anche di rispettare le travi in legno dei solai intermedi esistenti, che non sono state rimosse neppure durante l'esecuzione dell'intervento. Ad altezze intermedie sono state predisposte delle piastre metalliche nell'angolo fra due pareti e lungo i muri.
Da un punto di vista generale, la progettazione di questi ultimi elementi è stata pensata per dare una resistenza a trazione ai muri tale da raddoppiare la resistenza sismica del campanile.
L'inserimento del tessuto aderente ha assicurato, invece, un comportamento monolitico della struttura, che conserva completamente la sua consistenza in caso di terremoti di bassa intensità. Nel caso invece di terremoti di intensità maggiore la struttura muraria, nella parte in trazione, perde la sua coesione ed entra in azione il materiale composito.
Addirittura nel calcolo è stato dimostrato che la soluzione adottata aveva una resistenza leggermente superiore a quella del primo progetto in carpenteria metallica, ma con un grado di invasività decisamente minore.

**Il ruolo dei prodotti Mapei**
Fondamentale è stato il supporto del prof. Alberto Balsamo, già attivo nel restauro di Assisi, che ha collaborato con Mapei per quello che riguardava l'attacco alle piastre metalliche di base e le relative tecniche di adesione. Infatti, per questo intervento delicato e all'avanguardia sono stati scelti prodotti Mapei e i laboratori dell'azienda hanno lavorato a stretto contatto con l'impresa, i progettisti e la Sovrintendenza soprattutto per quello che riguarda l'intervento di rinforzo, che è stato eseguito con il sistema Mapewrap.
Per il tessuto unidirezionale in fibra di

B0360_016-019 7-03-2003 12:26 Pagina 3




4

sistema ad umido e il sistema a secco, utilizzando per ognuno una linea specifica di resine epossidiche di Mapei. Per il campanile è stata scelta la seconda possibilità e si è proceduto con la primerizzazione del sottofondo eseguita con MAPEWRAP PRIMER 1*, un prodotto bicomponente a base di resine epossidiche, particolarmente fluido ed esente da solventi, realizzato appositamente per la preparazione delle superfici in calcestruzzo che devono essere riparate o rinforzate grazie all'incollaggio di tessuti in fibra di carbonio.
L'operazione è stata seguita dalla rasatura con lo stucco MAPEWRAP 11*, bicomponente a base di resine epossidiche, inerti selezionati a grana fine e speciali additivi ideale per regolarizzare le superfici in calcestruzzo prima dell'incollaggio di tessuti

5

6

7

carbonio ad alta resistenza è stato utilizzato MAPEWRAP C UNI-AX* in due diverse altezze (20 e 40 cm) e come tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio ad alta resistenza MAPEWRAP C QUADRI-AX 760/48*.
Il primo è un tessuto in fibre di carbonio unidirezionali, caratterizzato da un elevato modulo elastico ed elevatissima resistenza meccanica a trazione, particolarmente indicato per l'adeguamento antisismico di strutture poste in zone a rischio.
Il secondo è un tessuto in fibre di carbonio quadriassiale, caratterizzato da un elevato modulo elastico, paragonabile a quello dell'acciaio, ed elevata resistenza meccanica a trazione. In particolare tale soluzione è adottata per le strisce orizzontali che sono inserite tanto in corrispondenza delle rastremature quanto a metà altezza di ogni interpiano. Anch'esso è indicato per l'adeguamento antisismico di strutture poste in zone a rischio ed è disponibile con due grammature e differenti altezze.
Entrambi i tessuti possono essere posti in opera con due differenti tecniche: il Mapewrap. La fase dell'impregnazione con il metodo a secco del tessuto è stata eseguita con l'adesivo MAPEWRAP 31*, a base di resine epossidiche ed esente da solventi, che va steso direttamente su MAPEWRAP 11* ancora fresco.
Infine, il tessuto è stato posato sulle murature facendo attenzione che fosse perfettamente planare.
Le fessure presenti nella struttura, causate dagli anni e dal terremoto, sono state sigillate con EPOJET*, un adesivo che polimerizza senza ritiro ed è impermeabile all'acqua. Per incollare le piastre metalliche alla muratura è stato usato l'adesivo ADESILEX PG1*, un prodotto a due componenti realizzato con resine epossidiche, speciali induritori, inerti selezionati a grana fine ed additivi speciali, che indurisce in poche ore trasformandosi in un composto di eccezionale adesione e resistenza meccanica. Particolare cura è stata data al trattamento superficiale delle pareti murarie. A tale scopo sono stati analizzati presso il laboratorio Mapei di Milano campioni di materiale di muratura carotati dalla parete ed è stato

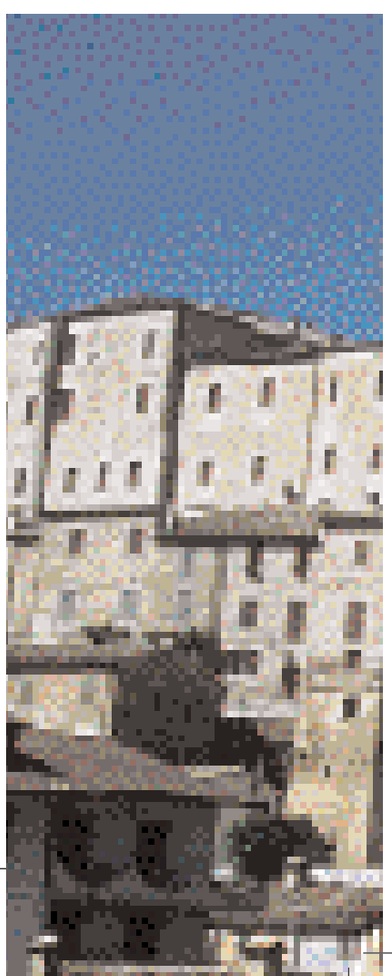


*Foto 4. La particolare attenzione del progetto ha permesso di non rimuovere le travi di legno esistenti e la stessa cura è stata adottata in presenza di aperture, modificando la geometria del "traliccio" in composito. Lo stesso intervento in carpenteria metallica sarebbe stato molto più costoso e invasivo.*

*Foto 5. Ad altezza intermedia, nell'angolo fra due pareti, sono stati posizionati degli elementi in tessuto orizzontale corto.*

*Foto 6 e 7. Alcune delle piastre metalliche di ancoraggio alla fondazione. Per incollare le piastre metalliche alla muratura è stato usato ADESILEX PG1, un adesivo che indurisce in poche ore e senza ritiro trasformandosi in un composto di eccezionale adesione e resistenza meccanica.*

studiato il trattamento superficiale ideale. Per risanare le murature è stato scelto un prodotto testato e sperimentato con successo e ideale per il risanamento e il recupero di strutture degradate da agenti esterni e dagli anni, MAPE-ANTIQUE MC*, una malta premiscelata deumidificante.
L'intervento è stato completato con l'impregnante ANTIPLUVIOL S*, usato per la protezione di muri e facciate in calcestruzzo a vista, intonaco cementizio, mattoni da rivestimento e pietre naturali dall'azione della pioggia battente, senza però alterarne l'aspetto estetico.

**Il risultato dell'intervento**
Nonostante la ristrettezza dello spazio e la presenza delle travi di legno, la "semplicità" dell'intervento con il tessuto in fibra di carbonio ha reso possibile effettuare con facilità tutte le operazioni. L'intervento sul campanile a Serra San Quirico ha sfruttato con successo le caratteristiche innovative del materiale composito e l'obiettivo dell'intervento (sostanziale rinforzo sismico senza l'uso della tradizionale carpenteria metallica, rimovibilità e modesta invasività) è stato completamente conseguito, evitando di eliminare le travi in legno esistenti e non forando la muratura.

**I prodotti citati in questo articolo appartengono alla linea "Prodotti per edilizia". Le relative schede tecniche sono contenute nel CD "Mapei Global Infonet" e nel sito internet www.mapei.com.*
***Adesilex PG1:*** *adesivo epossidico a consistenza tissotropica per incollaggi strutturali.*
***Antipluviol S:*** *impregnante idrorepellente incolore a base di resine silossaniche.*
***Epojet:*** *resina epossidica superfluida per iniezioni.*
***Mape-Antique MC:*** *malta premiscelata deumidificante di colore chiaro, esente da cemento, composta da leganti idraulici speciali a reattività pozzolanica, sabbie naturali, speciali additivi e fibre sintetiche per il risanamento delle murature umide in pietra, mattone e tufo.*
***MapeWrap 11:*** *stucco epossidico con normali tempi di presa, a consistenza tissotropica per la regolarizzazione delle superfici in calcestruzzo.*
***MapeWrap 31:*** *adesivo epossidico di media viscosità per l'impregnazione con "sistema a secco" di Mapewrap.*
***MapeWrap C UNI-AX:*** *tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza. Il tessuto è disponibile con due grammature e ciascun tipo con differenti altezze.*
***MapeWrap C QUADRI-AX:*** *tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio ad alta resistenza. Il tessuto è disponibile con due grammature e ciascun tipo con differenti altezze.*
***MapeWrap Primer 1:*** *primer epossidico specifico per il sistema Mapewrap.*

## SCHEDA TECNICA

**Campanile della chiesa di S. Lucia, Serra S. Quirico (AN)**
**Intervento:** consolidamento e risanamento della struttura del campanile
**Anno di intervento:** 2002
**Committente:** Sovrintendenza Beni Artistici e Paesaggio delle Marche
**Progettista:** ing. Edoardo Cosenza
**Direttore lavori:** arch. Marina Cesira D'Innocenzo
**Impresa:** Lucci Salvatore, Napoli
**Prove sul posto:** Strago, Pozzuoli (NA)
**Prodotti Mapei:** MAPEWRAP PRIMER 1, MAPEWRAP 11, MAPEWRAP 31, MAPEWRAP C UNI-AX 600/20, MAPEWRAP C UNI-AX 600/40, MAPEWRAP C QUADRI-AX 760/48, ADESILEX PG1, EPOJET, MAPE-ANTIQUE MC, ANTIPLUVIOL S
**Rivenditore Mapei:** Santacchi Forniture, Camerino (MC)
**Consulente tecnico:** ing. Alberto Balsamo
**Coordinamento Mapei:** Manuele Borghi

*Questo progetto è stato premiato nel concorso "1st Grand Prix Referenze Mapei" nella categoria Edilizia. Ci complimentiamo con chi ha partecipato alla sua realizzazione e ringraziamo chi ha fornito le informazioni.*