MINISTERO DELL'INTERNO

DIPARTIMENTO PER LE LIBERTA'
CIVILI E L'IMMIGRAZIONE

DIREZIONE CENTRALE PER L'AMMINISTRAZIONE
DEL FONDO EDIFICI DI CULTO

AREA III
CONSERVAZIONE E RESTAURO
DEI BENI DEL PATRIMONIO

MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITA'
CULTURALI ED IL TURISMO

DIREZIONE REGIONALE BENI CULTURALI
E PAESAGGISTICI DELL'UMBRIA - PERUGIA

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHITETTONICI
IL PAESAGGIO DELL'UMBRIA - PERUGIA

PREFETTO:
Dott.ssa Lucia DI MARO

DIRIGENTE AREA:
Dott.ssa Maria MARZULLO

DIRETTORE:
dott. arch. Francesco SCOPPOLA

SOPRINTENDENTE
dott. arch. Anna DI BENE

DIOCESI DI CITTA' DI CASTELLO

PARROCO:
Don Andrea CZORTEK

CITTA' DI CASTELLO
CHIESA DELLA MADONNA DELLE GRAZIE

R.U.P.:
arch. Anna DI BENE

PROGETTO E D.L.:
dott.arch. Roberto MINELLI

COLLABORATORE D.L.:
geom. Francesco MARTELLINI

DIRETTORE OPERATIVO:
geom. Graziano TORELLO

Pronto Intervento per la messa in sicurezza
di parte della cinta muraria esterna

QUADERNI DEL CANTIERE

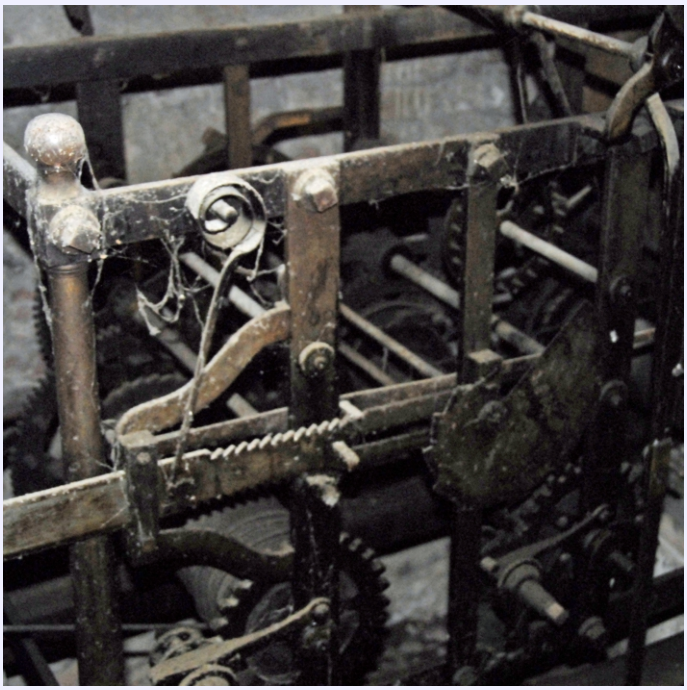
arch. Nicola FALCINI
Direzione Tecnica CESA

Geom. Andrea BURZIGOTTI
Assistente di Cantiere CESA

KADRI Yassine
CECCONI geom. Niccolò
Capo Cantiere

C.E.S.A.
conservazione beni culturali

La chiesa della Madonna delle Grazie è uno degli edifici più significativi nel tessuto urbano di Città di Castello. La costruzione originaria è trecentesca (1363-1381), dell'impianto gotico resta il portale con i resti di un affresco tardo gotico e una porta dell'antica Canonica, attualmente ingresso del centro Le grazie.
L'intervento ha l'obbiettivo di consolidare le volte della Navata Centrale che hanno subito degli aggravamenti a seguito dello sciame sismico dell'aprile 2013.
Le vicende evolutive costruttive dell'edificio rendono difficile anche la lettura strutturale dello stesso.
La facciata è allineata con la strada, mentre la controfacciata interna, riquadra il vano chiesastico interno, nella zona di risulta tra i due allineamenti è ricavata la scala di accesso al sottotetto e la macchina dell'orologio.
Da una ricognizione effettuata nei giorni seguenti allo sciame sismico dell'aprile 2013 si è evidenziato l'aggravamento della zona in corrispondenza dell'ingresso della chiesa, tanto da indurre il comune ad emettere l'Ordinanza di Inagibilità. La lesione sulla volta della navata era passante con allentamenti dei conci tra loro.
<u>Analisi dello stato di fatto</u>
La volta a botte con unghiature è in mattoni in foglio con arconi di irrigidimento ad una testa con frenelli in corrispondenza degli appoggi, i frenelli sono in muratura mista mattoni e pietrame.



meccanismi dell'orologio della controfacciata ancora perfettamente funzionante

stato di fatto della volta dove è ben visibile la lesione in corrispondenza della controfacciata

l'alta fattura del pavimento in cotto ha richiesto accurate protezioni al fine di evitare abrasioni, la protezione è stata realizzata con tessuto non tessuto e telo di naylon

vista d'insieme delle opere provvisionali per la puntellazione della volta.
per ottimizzare ed economizzare sulle quantità di ponteggio pur garantendo la totale sicurezza sono state utilizzate in quota tralicci metallici.

Il riempimento tra i frenelli è di materiale non omogeneo, si possono individuare 3 strati il primo è un deposito pulverulento di detriti di laterizi (provenienza di vecchie manutenzioni) e guano di piccione, il secondo è un conglomerato costituito da pietrame e malte con un basso tenore statico, il terzo è una muratura mista in laterizio e pietrame con un buon tenore statico, questa zona va dalle reni sino al cornicione.
Per verificare la consistenza e la natura dei rinfianchi si è proceduto nella prima campata alla rimozione sino allo strato di muratura, questo ha permesso calibrare la lunghezza degli ancoraggi dei nastri in composito.
La copertura è in calcestruzzo e laterizio cordolata agli appoggi con tiranti, con lo scopo di ridurre l'effetto spingente.
In corrispondenza dell'arco trionfale dell'altare maggiore la struttura torna ad essere in legno per concludersi con la grande capriata absidale (già oggetto di intervento di consolidamento con finanziamento FEC anno 2007 ente attuatore Soprintendenza Perugia), la struttura in calcestruzzo ha una rigidezza tale da creare

disequilibri alla struttura.
All'ingresso della chiesa era presente una lesione passante in chiave, la lesione correva lungo i giunti di malta ed aveva allentato il concio in chiave.
Intervento
Le fasi operative possono essere così riassunte:

1. Rimozione del materiale incoerente guano e deposito polverulento in corrispondenza dei rinfianchi. Lo strato rimosso e' stato dai 5 ai 10 cm, il saggio esplorativo realizzato nella prima campata ha permesso di individuare la quantità di materiale da rimuovere. L'indagine ha permesso di calibrare anche la quota di ancoraggio del nastro in composito.
2. Aspirazione dell'estradosso della volta per rimuovere tutti i depositi pulverulenti
3. Realizzazione delle piste in fibrorinforzato per rendere la superficie di applicazione del materiale composito senza punti di flesso. La bagnatura con nebulizzatori del laterizio costituente la volta è stata necessaria per garantire la corretta presa

puntellazione della volta, l'azione meccanica dei piedini regolabili è stata ripartita con dei pannelli in compensato, questo garantiva una maggiore superficie di appoggio

il rinfianco della volta aveva uno strato di guano di piccione, al disotto del quale c'era lo strato incoerente.

rimozione dei rinfianchi

perforazione per l'ancoraggio delle fibre

inserimento della barra in acciaio avolta con il nastro in fibra di vetro

della malta, l'operazione di bagnatura con nebulizzatori ha evitato fenomeni d'in infiltrazioni all'intradosso.

4. Realizzazione del sistema di ancoraggio dei nastri in fibra di vetro ha richiesto un aumento di attenzione in quanto era il perno del sistema di consolidamento. La perforazione d. 32 del rinfianco di media consistenza (strato 2) e dello strato di muratura mista pietrame e laterizio (strato 3) è stata per complessivi 70 80 cm. Per

dettaglio della barra con fiocco per l'ancoraggio dei nastri in vetroresina
tutta la barra viene spatolata con reinsa epossidica in pasta prima di avvolgerla con la fibra di vetro

dettaglio dei fori passanti in corrispondenza degli arconi in mattoni, questa operazione consente di avere la complanarità delle fibre

volta pulita ed aspirata prima dell'applicazione dei nastri in composito

evitare fuoriuscite di resina all'interno dello strato 2, che avrebbero solamente lievitato i costi senza aumentare i valori d'ancoraggio del nastro, si è utilizzato un tubo d.20 sp 6mm preventivamente avvolto con una fibra impregnata di resina solamente in corrispondenza della barra in metallo. Previa soffiatura del foro si è provveduto ad inserire la barra e iniettare per gravità la resina, l'iniezione pneumatica sarebbe stata difficilmente controllabile. L'iniezione è stata fatta con resina epossidica fluida STACEMENT 7, il fiocco (70- 80 cm) non impregnato è stato applicato durante la fase di stesura dei nastri in composito.

5. Gli arconi di un testa di mattoni sono stati perforati in corrispondenza dei nastri longitudinali, questo ha consentito di garantirne la complanarità senza indebolire la struttura stessa degli arconi. Il foro è stato realizzato con punte d.20 in corrispondenza dei giunti. Questo ha permesso di realizzare un solo giunto sui

iniezione del foro all'interno del quale è stata passata la fibra di vetro, questo sistema ha permesso di avere un solo giunto sulle fibre longitudinali

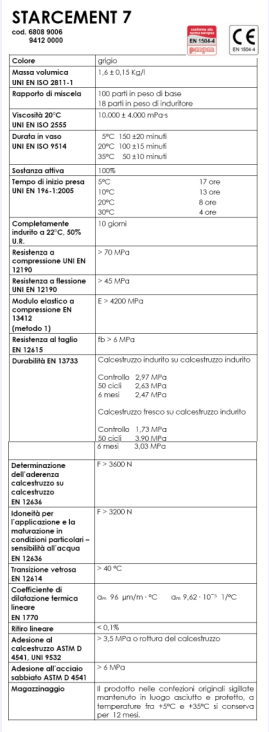
prima della'applicazione delle fibre sono stati realizzate delle piste in fibrorinforzato che avevano il duplice compito di regolarizzare la superficie e di togliere qualsiasi punto di flesso

fasi di applicazione dei nastri

STARCEMENT 385
cod. 6738 M100
9487 0000

Colore	grigio
Peso specifico	1,45 ± 0,05 Kg/l
Rapporto di miscela	1 : 1 in peso e in volume
Vita utile 22°C	50 minuti (1000 g)
	20 minuti (5 Kg)
Indurimento 22°C, 50% U.R.	- tempo aperto 5 ore - indurito in profondità 10 ore - completamente indurito 10 giorni
Resistenza a compressione UNI EN 196-1	60 ± 2 MPa
Resistenza a flessione UNI EN 196-1	28 ± 2 MPa
Adesione all'acciaio sabbiato ASTM D 4541	> 7 MPa
Adesione al calcestruzzo ASTM D 4541, UNI 9532	> 3,5 MPa o rottura del cls
Magazzinaggio	Il prodotto nelle confezioni originali sigillate mantenuto in luogo asciutto e protetto, a temperature fra +5°C e +35°C si conserva per 12 mesi.

sche de tecniche dei materiali Starcement 385 primer epossidico



STARCEMENT 7
cod. 6808 9006
9412 0000

Colore	grigio
Massa volumica UNI EN ISO 2811-1	1,6 ± 0,15 Kg/l
Rapporto di miscela	100 parti in peso di base 18 parti in peso di induritore
Viscosità 20°C UNI EN ISO 2555	10.000 ± 4.000 mPa·s
Durata in vaso UNI EN ISO 9514	5°C 150 ±20 minuti 20°C 100 ±15 minuti 35°C 50 ±10 minuti
Sostanza attiva	100%
Tempo di inizio presa UNI EN 196-1:2005	5°C 17 ore 10°C 13 ore 20°C 8 ore 30°C 4 ore
Completamente indurito a 22°C, 50% U.R.	10 giorni
Resistenza a compressione UNI EN 12190	> 70 MPa
Resistenza a flessione UNI EN 12190	> 45 MPa
Modulo elastico a compressione EN 13412 (metodo 1)	E > 4200 MPa
Resistenza al taglio EN 12615	fb > 6 MPa
Durabilità EN 13733	Calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito Controllo 2,97 MPa 50 cicli 2,63 MPa 6 mesi 2,47 MPa Calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito Controllo 1,73 MPa 50 cicli 3,90 MPa 6 mesi 3,03 MPa
Determinazione dell'aderenza calcestruzzo su calcestruzzo EN 12636	F > 3600 N
Idoneità per l'applicazione e la maturazione in condizioni particolari – sensibilità all'acqua EN 12636	F > 3200 N
Transizione vetrosa EN 12614	> 40 °C
Coefficiente di dilatazione termica lineare EN 1770	α_m 96 µm/m · °C α_m 9,62 · 10^{-5} 1/°C
Ritiro lineare	< 0,1%
Adesione al calcestruzzo ASTM D 4541, UNI 9532	> 3,5 MPa o rottura del calcestruzzo
Adesione all'acciaio sabbiato ASTM D 4541	> 6 MPa
Magazzinaggio	Il prodotto nelle confezioni originali sigillate mantenuto in luogo asciutto e protetto, a temperature tra +5°C e +35°C si conserva per 12 mesi.

Starcement 7 resina fluida per l'impregnazione della fibra

nastri longitudinali, così da limitare al minimo le discontinuità. All'interno del foro sono stati inseriti due cannotti trasparenti uno per l'iniezione e l'altro per lo sfiato in modo da garantire una perfetta distribuzione della resina epossidica fluida (STARCEMENT 7)

6. La posa dei nastri è stata effettuata con la tecnica del fresco su fresco applicando sulla pista in fibrorinforzato uno strato di resina epossidica in pasta (STARCEMENT 385), poi a rullo una mano di resina epossidica fluida (STACEMENT 7), si applica il nastro in fibra di vetro, avendo cura di garantire la perfetta adesione e continuità della fibra tramite il frangibolle, una mano a finire sulla parte superiore della fibra di resina epossidica fluida (STARCEMENT 7) con rullini, questo consente una corretta ed uniforme impregnazione.
7. In corrispondenza degli incroci tra le fibre longitudinali e trasversali è stata posta una fibra di circa 30 cm obliqua, applicata prima di tutte le altre e risvoltata per ultima con lo scopo di solidarizzare il nodo dei nastri.
8. La lesione sopra l'ingresso ha richiesto un'attenzione particolare le fasi operative sono state

A. Puntellazione localizzata con rimessa in forma degli elementi allentati mediante piedini regolabili. Durante l'energizzazione del piedino dall'intradosso, un operatore

fasi operative di montaggio delle fibre

rinzeppatura estradossale della lesione passante di controfacciata con zeppe metalliche forgiate

all'estradosso doveva verificare la corretta ricollocazione dei singoli elementi in laterizio e gli eventuali disequilibri. La rimessa in forma è stata eseguita per piccoli step in circa 15 giorni in modo da consentire alla struttura di assorbire gradatamente il nuovo equilibrio.

B. Inserimento di cunei metallici previa applicazione di resina epossidica in pasta sulle due facce, questo ha permesso di ridare continutià strutturale agli elementi in laterizio

C. Ristuccatura dei conci in laterizio sia all'intradosso che all'estradosso

9. Disallestimento del cantiere

L'intervento è un Pronto Intervento con lo scopo di riaprire al culto la chiesa, ma non può essere considerato un intervento esaustivo di consolidamento complessivo.

I temi che ancora rimangono aperti sono volta in corrispondenza della macchina dell'orologio, volta dell'altare maggiore e completamento delle unghiature laterali della navata principale ed rinfianco con materiale leggero.

L'ottimizzazione dei lavori in relazione alla disponibilità dei fondi ha permesso di ottenere un buon risultato finale senza sprechi.

A cura di Minelli arch. Roberto Falcini arch. Nicola

foto di gruppo durante i sopralluoghi
da destra MINELLI arch. Roberto - TORELLO geom Graziano - KADRI Yassine - FALCINI Nicola - BURZIGOTTI Andrea

CHIESA DELLA MADONNA DELLE GRAZIE
Fondo Edifici di Culto
Pronto Intervento per la messa in sicurezza della volta navata centrale
Finanziamento e Prorpietà:
MINISTERO DELL'INTERNO
Direzione Centrale per l'Amministrazione del Fondo Edifici di Culto
PREFETTO: Dott.Lucia DI MARO - DIR AREA Dott.Maria MARZULLO
Progettazione e Direzione Lavori
MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITA' CULTURALI E DEL TURISMO
Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Umbria
DIRETTORE dott. arch. Francesco SCOPPOLA
Soprintedenza per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Umbria
SOPRINTENDENTE dott. arch. Anna DI BENE
R.U.P. arch. Anna DI BENE
PROGETTO E D.L.: dott.arch. Roberto MINELLI
COLLABORATORE D.L.: geom. Francesco MARTELLINI
DIRETTORE OPERATIVO: geom. Graziano TORELLO
PARROCO: Don Andrea CZORTEK
IMPRESA: C.E.S.A. di Falcini Enzo - Città di Castello (PG)
DIRETTORE DI CANTIERE: dott.arch. Nicola FALCINI
ASSISTENTE DI CANTIERE: geom. Andrea BURZIGOTTI
CAPO CANTIERE: Yassine KADRY - Geom. Niccolò CECCONI

SCHEDA CANTIERE