

REPUBBLICA DI SAN MARINO

**ORDINE DEI FRATI MINORI
delle Marche.**

Scale San Francesco, 8
Ancona

**SAN MARINO
CHIESA DI SAN FRANCESCO**



QUADERNI DEL CANTIERE

RESTAURO E CONSOLIDAMENTO
COPERTURE E FACCIATE



Interventi di conservazione alle strutture del coperto ed alle facciate della chiesa monumentale di San Francesco nella Repubblica di San Marino

...una breve premessa. Ogni intervento sul patrimonio costruito storico necessita sempre una assunzione di responsabilità sia da parte dei progettisti che da parte dell'impresa che fattivamente viene chiamata a mettere mano alla materia antica.

Decidere se sottrarre o se aggiungere, cosa e come sono da sempre gesti che documenteranno alle generazioni future quale tipo di consapevolezza e di preparazione culturale e tecnica hanno avuto coloro che sono stati chiamati a confrontarsi con un bene storico come appunto è la chiesa di San Francesco.

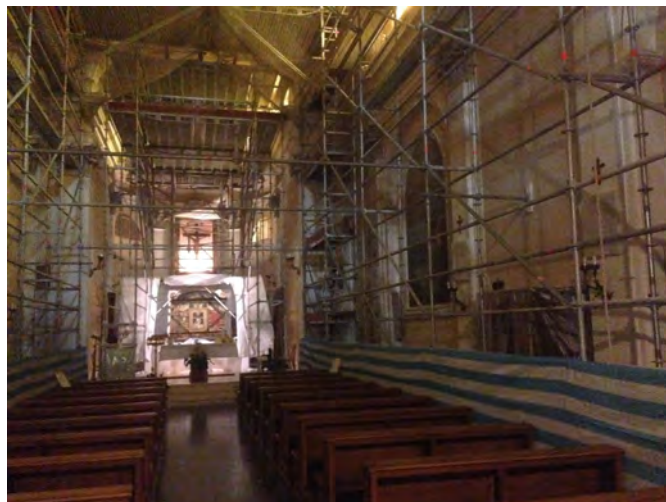
È indubbio che ogni progetto sia sempre il frutto di una scelta ed il progetto di restauro non è mai sfuggito a queste logiche sino dalla nascita stessa della disciplina nel XIX secolo. San Francesco viene edificata a metà del XIV secolo trasformata nei secoli successivi sino ad arrivare agli interventi "restauro" di Gino Zani nel secolo scorso, ed ogni volta si è assistito ad un riassetto ed ad una interpretazione frutto del gusto di un'epoca.

Chi ha pensato, curato e seguito le opere che andremo a descrivere ha però ritenuto opportuno non procedere per sottrazione (se non nei casi di manifesto danno della fabbrica) ma lavorare per "addizione", consapevoli che così facendo si sarebbe arrivati a massimizzare la presenza garantendone la sua esperibilità anche per coloro che dopo di noi studieranno questa fabbrica.

Il restauro delle coperte e delle facciate della chiesa di San Francesco.

L'intervento si è articolato in 2 grandi fasi

- 1) restauro del manto di copertura della chiesa
- 2) restauro della facciata prospiciente la porta San Francesco



Le due fasi hanno avuto in comune l'obiettivo della conservazione della materia originale anche degli elementi lignei ancorché è ancora recuperabili dal punto di vista strutturale.

A) Copertura.

Le strutture erano costituite capriate lignee, arcarecci, moraletti, pianellato e soletta in calcestruzzo.

L'obiettivo che ci si era prefissi riguardava principalmente la riduzione dei carichi, la sostituzione delle strutture lignee ammalorate e l'aumento delle capacità portanti degli elementi lignei. A tale scopo si è provveduto:

- 1) Alla rimozione della soletta in calcestruzzo senza intaccare il sottostante pianellato. Quest'operazione ha permesso una notevole riduzione dei carichi, la soletta aveva uno spessore dai 5 agli 8 centimetri, solo peso per la struttura senza nessuna funzione strutturale in quanto mancante della connessione alla sottostante struttura.
- 2) Alla sostituzione degli elementi ammalorati in legno della piccola orditura e degli arcarecci. In corrispondenza della prima campata della navata centrale lo stato di faticenza delle strutture lignee era molto avanzato delle strutture lignee che ha richiesto uno smontaggio totale del pianellato la sostituzione degli arcarecci e della



piccola orditura.

- 3) Al consolidamento delle capriate in legno con l'uso dei cavi d'acciaio. Questi hanno consentito di aumentare la capacità portante dei puntoni pur mantenendo gli elementi lignei originali. Un appoggio è stato bonificato ricostruendo l'appoggio con betoncino epossostruendo ed inserendo profili in acciaio in aderenza alla trave.
- 4) Il montaggio di tavolato in legno di abete collegato



con viti alle sottostanti strutture, posizionato sopra il pianellato. Il tavolato e' stato collegato ai travicelli con viti mordenti in ragione di 4/5 a mq, le viti avevano la doppia funzione di ricollegare la piccola orditura riducendone la freccia e dare una tenuta nel senso del piano di falda. In corrispondenza degli arcarecci sono state poste in opera viti più lunghe in modo da conferire

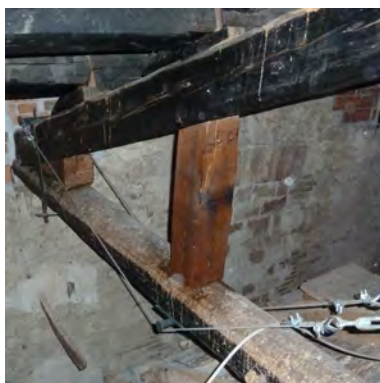


- tutto il sistema tetto.
- 5) La posa di un cordolo tura in acciaio inghisata sulle murature con perfori. Il piatto aveva lo scopo di confinare la muratura d'ambito in modo da creare un effetto scatolare alla struttura
- 6) La posa di nastri in acciaio per controventare la struttura. I nastri in acciaio si collegavano al piatto perimetrale ed in corrispondenza della capriate è stato realizzato un elemento di collegamento misto legno acciaio.

B) Consolidamento delle volte in camorcanna

Le volte erano costituite da:

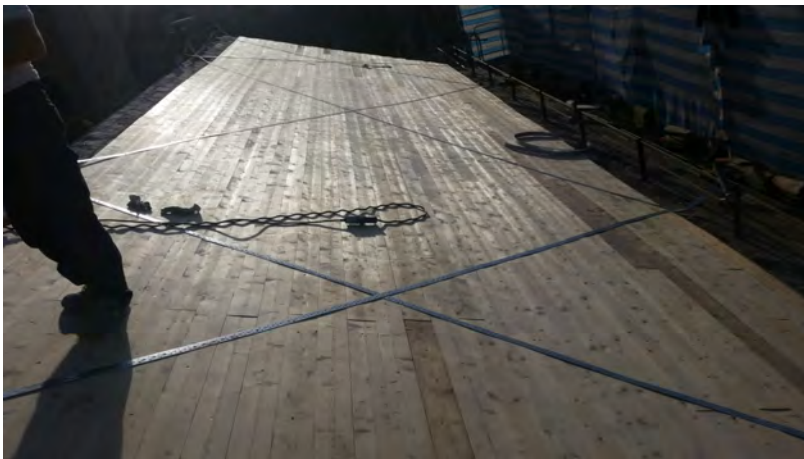
- Ossatura principale con arcate in legno composte da doppio elemento in legno accoppiato con



continuità longitudinale a tutta la struttura della copertura. Il carico che il tavolato trasferisce alla struttura è pari a 18/20 kg/mq la soletta precedente trasferiva un carico pari a 100-120 kg/mq; la sola rimozione della soletta ha permesso di aumentare la capacità strutturale a

dimensioni finali pari a mm. 60 di spessore ed altezza di mm. 250 poste ad interasse variabile fino ad un massimo di mm. 630

- Struttura di plafonatura in stuoia in camorcanna intrecciata collegato tra loro con sistemi



meccanici (chiodi e/o viti)

- Presenza di uno strato continuo medio di 8-15 cm di materiale incoerente senza nessuna efficacia strutturale.

La struttura principale in legno costituita non presentava degradi e/o discontinuità, le connessioni tra gli elementi costituenti la centina erano in buono stato. L'indagine è stata effettuata anche nelle zone di appoggio dove le centine sono risultate in buono stato di conservazione. Gli elementi secondari di collegamento tra le centine erano carenti, e non completavano il reticolo strutturale tipico delle strutture in camorcanna, per questo è stato

necessario prevedere un'integrazione dei tambocchi.

Dettaglio degli interventi

L'intervento si è articolato nelle seguenti fasi principali:

- 1) pulizia e rimozione del materiale incoerente e completa aspirazione della volta.

Questo ha permesso di mettere in luce tutte le discontinuità strutturali del sistema stuoia/legno e di consentire la verifica dello stato di conservazione della stuoia.

La rimozione del materiale incoerente alleggerisce la volta di circa 180 kg/mq, questa operazione da sola aumenta il tenore statico della struttura stessa

- 2) Posizionamento dei tambocchi in modo da completare il reticolo strutturale della volta

Il tamboccio è stato collegato alle centine principali con viti mordenti ed alla stuoia mediante incollaggio con resina epossidica in pasta.

Il collegamento con resina epossidica ha permesso una maggiore ripartizione dei carichi di adesione su tutta la superficie del tamboccio, senza interventi antiestetici all'intradosso della volta.

- 3) applicazione di nastri monodirezionali in fibra di vetro





secondo la linea generatrice della volta.
L'applicazione dei nastri ha avuto lo scopo di migliorare la connessione tra le strutture lignee e la stuoia, ripartendo l'azione su più superficie.
La percentuale di copertura è stata minima in quanto si sono utilizzati nastri di larghezza 10 cm questo per garantire la stessa traspirabilità della volta
La tecnica di applicazione è stata quella del fresco su fresco:

- a) applicazione a spatola di resina epossidica in pasta per evitare percolazioni all'intradosso
- b) applicazione a pennello di resina

epossidica fluida

- c) posa del nastro in fibra di vetro utilizzando il frangibolle per garantire continuità di applicazione
- d) impregnazione del nastro con resina epossidica fluida

questa tecnica garantisce la monoliticità del nastro e permette una azione sia a trazione che a scorrimento utilizzando l'adesione della resina alla superficie

- 4) applicazione di nastri monodirezionali in fibra di vetro lungo la direzione trasversale in ragione di n. 4 avendo cura di garantire la conformazione dei



C) Intervento sulla parete di copertura in corrispondenza dell'arco trionfale

La parete è poggiata su una trave in calcestruzzo della quale non sono conosciuti i dati tecnici armature presenti tipo di calcestruzzo geometrie.

La trave è stata considerata come un elemento ripartitore di sforzi ed è stata solidarizzata con la muratura sovrastante in modo da creare una struttura reticolare dove le aste compresse sono costituite dalla muratura stessa e le aste tese dai nastri in carbonio.

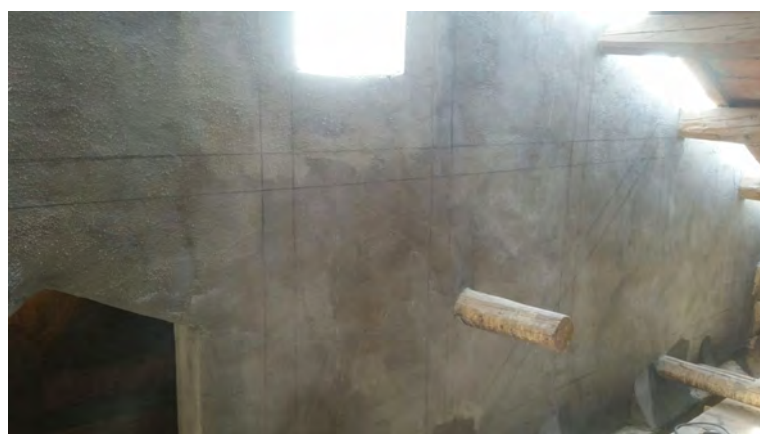
Il piatto superiore che faceva da cordonatura perimetrale è stato collegato mediante nastri alla trave in calcestruzzo, il collegamento è stato effettuato interno esterno in modo che il nastro si chiudesse su se stesso.

Fasi operative:

medesimi anche in sormonto agli elementi in legno costituenti le arcate di ossatura principale;

5) trattamento antitarlo di tutta la superficie

La metodologia proposta è una metodologia già ampiamente testata di cui c'è ampia bibliografia e



consente di ottenere un consolidamento efficace leggero che non modifica gli schemi statici della struttura originaria.

Si possono riassumere i vantaggi del sistema realizzato:

- Insignificante incremento di peso sulle strutture
- Mantenimento del grado di traspirabilità del sistema volta
- Realizzazione di un sistema reticolare di placcaggio
- Garanzia di adesione tra incannucciato e struttura lignea con ampia ripartizione delle forze

1. Rimozione dell'intonaco esterno senza intaccare la superficie muraria
2. Posa rete in FRP interno esterno in modo da solidarizzare la muratura

La muratura presente era costituita da una sola testa di muro, le malte di allettamento erano parzialmente degradate quindi era necessario aumentare il tenore statico della struttura con un intonaco strutturale.

Particolare attenzione andava posta ai carichi, non si dovevano assolutamente aumentare, quindi la scelta di utilizzare una rete in fibra ed un intonaco fibrorinforzato consentiva di risolvere il problema.

- a. Realizzazione delle perforazioni in ragione di 4/5 a mq



- b. Inserimento dei nastri in fibra di vetro ed iniezione della parte all'interno della muratura in modo da realizzare la sfioccatura
- c. Posa della rete in FRP
- d. Impregnazione del fiocco con resina epossidica, la realizzazione di questo sistema consente di ridurre notevolmente gli spessori del sistema rete muro

3. Realizzazione di intonaco con malta fibrinforzata, questo ha la duplice funzione di intonaco strutturale e realizzazione piano di posa per le successive applicazioni dei nastri
4. Riduzione di punti di flesso nelle zona di passaggio delle fibre e protezione delle parti metalliche con interposizione di nastri in vetro per evitare fenomeni di degrado.

Gli spigoli sono stati tutti arrotondati in modo da evitare l'azione tagliente sulla fibra. In corrispondenza del cordolo metallico è stata applicata una pezza in



intonaco di finitura sull'esterno

6. Realizzazione d'intonaco a base di calce esterno di finitura

D) Cantonale navata abside

Il cantonale prospiciente la strada era completamente degradato e presentava una lesione riconducibile ad un iniziale fenomeno di ribaltamento. Il consolidamento è stato effettuato con l'intervento combinato di cucì scuci localizzato con ritessi tura delle murature e ricollegamento delle giaciture murarie con rete in fibra di vetro, questo per dare continuità alla muratura anche sul piano orizzontale.

Osservando le murature adiacenti, i tiranti presenti in corrispondenza delle capriate avevano esplicato egregiamente la loro funzione, dettagliando l'attenzione sul cantonale si evidenziava che la mancanza del tirante era la causa scatenante della lesione. La scelta di realizzare una tirantatura con barre Dywidag e la presenza della cordonatura in acciaio superiore consentiva di ricreare l'effetto scatolare.



E) Restauro della facciata

La facciata è in pietra di San Marino, roccia sedimentaria a struttura clastica (calcarenite) di colore biancastro-giallognolo molto porosa.

Le forme di degrado già individuate con una accurata mappatura in sede di progetto, utilizzando il Lessico Normal 1/88, evidenziavano vistosi fenomeni di Polverizzazione efoliazione e distacco.

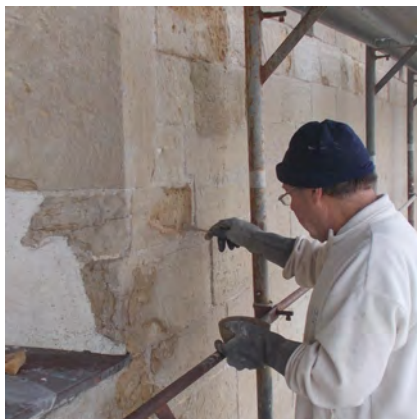
Le fasi essenziali dell'intervento sono state:

1. Spolveratura con pennelli morbidi di tutta la superficie
2. Preconsolidamento delle parti pulverulente e delle microscaglie con

fibra di vetro prima dell'applicazione del carbonio per isolare il carbonio dal metallo.

5. Applicazione delle fibra di carbonio con la tecnica del fresco su fresco
 - a. Applicazione di primer epossidico
 - b. Stesura di nastri in carbonio passaggio con frangibolle in modo da garantire la continuità strutturale nel nastro senza discontinuità
 - c. Impregnazione del nastro con resina epossidica fluida
 - d. Spolveratura con sabbia silicea della superficie per rendere la superficie scabra per il successivo





ponticelli in Paraloid b72 applicati a siringa questo per evitare perdite della matrice lapidea costituente la facciata

3. Lavaggio con acqua a pressione controllata per rimuovere le parti di depositi incoerenti ancora presente
4. Applicazione di prodotto biocida a base di Sali quaternari di ammonio applicati in 3 cicli di pulizia. L'applicazione è stata accompagnata da una blanda spazzolatura con spazzolini morbidi, in moda rimuovere tutti gli attacchi biologici anche particolarmente tenaci, in situazioni particolari il tutto è stato accompagnato da un intervento a bisturi.
5. Pulitura della facciata con varie metodologie:
 - a. Lavaggio con acqua a pressione controllata
 - b. Impacchi chimici localizzati con carbonato di ammonio in soluzione variabile
 - c. Pulitura con bisturi microscalpelli e/o vibro incisori
6. Chiodature localizzate degli elementi lapidei mediante l'inserimenti di microchiodature in carbonio pultruso, la tecnica consiste nel micro perforare a sola rotazione elementi in pietra distaccati inghisare con resina epossidica in pasta il chiodo in carbonio (diametro variabile 2-3 mm), riposizionare il pezzo integrando in caso di elementi di volumetria consistente di ponticelli in pasta epossidica, facendo particolare attenzione al non debordo del prodotto.
7. Rimozione delle stuccature non idonee in cemento
8. Realizzazione delle stuccature e microstuccature con malta a base di calce idraulica a basso contenuto di Sali (lafarges), la scelta degli impasti è stata preceduta da una serie di prove

preliminari per individuare la miscela da realizzare in cantiere.

E1) Le malte delle listature riprendeva quella delle malte originali presenti mentre le Microstuccature sono state effettuate ad illusione, e per controllare nel dettaglio il viraggio del colore sono state ritoccate ad acquarello, per non impattare sulla superficie

1. Ciclo di consolidamento con silicato di etile applicato con la tecnica del bagnato su bagnato
 - a. Applicazione di solvente puro sulla superficie
 - b. Applicazione di miscela di silicato di etile diluito al 5% - 10% - 20% - 30%

Il tutto applicato prima che la mano precedente asciughi, prima della lavorazione sono stati effettuati dei test preliminari di concentrazione per evitare eccessi di prodotto sulla superficie.

2. Applicazione di prodotto idrorepellente a base di silossano a cellule aperte, applicato senza diluizione

La facciata era caratterizzata da elementi in basso rilievo di grande pregio artistico che sono stati fissati e micro stuccati, lasciando in leggero sottosquadro rispetto al filo esterno.

a cura di:

prof. arch. Andrea Ugolini - arch. Nicola Falcini - arch. Marco Farneti



CHIESA DI SAN FRANCESCO -Lavori di consolidamento e restauro coperture e facciate

Cofinanziamento : **REPUBBLICA DI SAN MARINO - dipartimento cultura**

Proprietà: **Ordine dei Frati Minori delle Marche. Scale San Francesco, 8 - Ancona**

Ministro Provinciale: **padre Giancarlo CORSINI**

Padre Economo: **Enrico BONFIGLI**

Padre Guardiano: **Iulian BAUDAU**

Progetto Direzione Lavori: **arch. Alessandro GALASSI geom. Ariosto**

MAIANI - ing. Livio BENEDETTINI - arch. Marco FARNETI

Consulente per le opere di restauro: **prof. arch. Andrea UGOLINI**

Impresa: **LETTOLI Gerardo - San Marino**

Subappaltatore: **C.E.S.A. di Falcini Enzo - Città di Castello (PG)**

Direzione Tecnica Cantiere : **Gerardo LETTOLI - arch. Nicola**

FALCINI

CAPO CANTIERE: Cristian GIORDANI - Sandro BERNABEI

SCHEDA CANTIERE

Costruzioni edili Lettoli

Strada Terza Gualdaria 31- San Marino tel 335 7341847
info@costruzioniedililettoli.com - www.costruzioniedililettoli.com

C.E.S.A. di Falcini Enzo

conservazione beni culturali
Zona Ind.le Coldipozzo - Città di Castello (PG) - tel 075 8642336 r.a.
Via S. Anna, 34 Arco (TN) - tel 0464 519957
info@cesabenculturali.it - www.cesabenculturali.it