

Scienza e intuizione: per un uso consapevole delle tecniche nel progetto di restauro

Science and intuition: a conscious use of techniques in restoration project

Claudio Galli, Dipartimento di Architettura, Università di Bologna
Francesco Conserva, Dipartimento di Architettura, Università di Bologna

Abstract

La scelta delle tecniche d'intervento, più o meno innovative, sui beni culturali è il risultato di approfondite analisi scientifiche condotte sul testo, ma anche di semplici intuizioni legate all'interpretazione del manufatto e alle metodologie operative. Si delinea, in questo modo, una disciplina della conservazione rigorosamente scientifica ma, nel contempo, storica e fondamentalmente critica.

The choice of intervention techniques, whether they are more or less innovative, on cultural heritage is the result of extensive scientific analyzes of texts, as well as simple intuitions on the building's interpretation and operative methodologies. This leads to a discipline of conservation which can be defined as rigorously scientific, but historical and fundamentally critical as well.

Keywords: Science and intuition, Restoration, Techniques of intervention.

Premessa di metodo

I bandi di gara per l'affidamento degli incarichi di progettazione nell'ambito del restauro frequentemente - sia che si tratti d'interventi di modesta entità, sia di progetti di grande consistenza su edifici che hanno subito notevoli danni sismici - riservano l'attribuzione di un numero consistente di punti a chi propone "soluzioni tecniche costruttive innovative o alternative", quasi a favorire la proposizione e la ricerca di materiali miracolosi in grado di risolvere d'un sol colpo problematiche complesse tanto dal punto di vista storico quanto tecnico.

Sembra emergere una frattura culturale fra le recenti normative, caratterizzate dalla richiesta di un'alta qualità diagnostica e progettuale, anche nello specifico tema del restauro strutturale, e l'approccio dei committenti pubblici locali che propongono, in modo diffuso, semplificazioni riduttive e standardizzate, sul modello delle nuove edificazioni.

Il progetto di restauro è a tutti gli effetti un progetto d'architettura ma con speciali finalità conservative; si distingue, quindi, dal progetto del nuovo per la peculiarità di operare su edifici già esistenti al fine di garantire, in primis, la loro conservazione materiale con tutti i segni impressi dal tempo e dalle vicende storiche su di essi, poi di conseguire l'attualizzazione funzionale del bene tramite metodologie ben definite e condivise dalla comunità scientifica che, da tempo, ha elaborato e tiene aggiornato un proprio statuto disciplinare.

Quello del progetto di restauro è un tema complesso e specialistico, non foss'altro perché richiede anzitutto chiarezza teorica e capacità tecniche d'intervento tutt'altro che comuni, sintetizzate molto bene da Salvatore Boscarino quando afferma: "il fare nel restauro è contemporaneamente giudizio storico-critico e sapere scientifico ... in esso sono compresenti gli ambiti storico-umanistici e quelli tecnico-operativi" (Boscarino, 1988). Il restauro è una disciplina in cui concetto e metodo, teoria e prassi, scopo e risultato necessariamente coincidono, ed il cui fine ultimo è la conservazione del bene, nella sua valenza storica, architettonica e, più generalmente, culturale. Ne consegue che intervenendo su opere cui è stato riconosciuto un valore non si può prescindere dal momento valutativo di conoscenza e studio del manufatto che risulta essere propedeutico, talvolta coincidente, al momento operativo dell'intervento. In questo ambito ogni innovazione tecnologica o di materiali presuppone, comunque, il medesimo rigore metodologico del processo di riconoscimento storico-critico, quindi di comprensione e rispetto della preesistenza, dei suoi caratteri e delle sue logiche costruttive; da qui il dovere di calibrare l'intervento innovativo in termini di compatibilità fisico-chimica con i materiali e le strutture storiche, sì da rispettarne la sostanza antica e, quindi, l'autenticità.

Il recente approccio normativo italiano, mutuato dalle metodologie scientifiche del restauro, dà il giusto peso alla conoscenza del bene, promuovendo, nel capitolo VIII sulle costruzioni esistenti delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), D. M. 14 gennaio 2008, la ricerca storico-critica e l'indagine delle proprietà meccaniche del manufatto architettonico come positivi "fattori di confidenza"; i valori resistenti sono tanto meno penalizzanti, quanto più alti saranno i livelli di conoscenza del costruito. Le linee per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al DPCM 9 febbraio 2011, individuano una metodica compatibile che, attraverso la conoscenza delle vicende costruttive del monumento (dalle molteplici fasi edilizie agli eventi sismici ecc.), orienti la diagnosi ed il conseguente intervento di consolidamento nel modo più efficace, vale a dire misurato e rispettoso della natura stessa, materica, formale e strutturale, dell'edificio.

La normativa attuale è il risultato di una lunga ricerca intrapresa in Italia da studiosi eccezionali, specialisti di strutture murarie, come Salvatore Di Pasquale, Edoardo Benvenuto ed Antonino Giuffrè, i quali hanno sempre sostenuto un approccio interdisciplinare, vale a dire storico-tecnico, al problema del consolidamento; la diffusione e l'ufficializzazione del loro lavoro sono state anche favorite dalla lungimiranza del Ministero per i beni e le attività culturali che, sin dagli anni ottanta del secolo scorso, ha istituito una commissione interdisciplinare, coordinata da Romeo Ballardini, la quale ha prodotto, sin dal 1986, le prime "raccomandazioni" specifiche per gli interventi sul patrimonio culturale in zona sismica, giungendo, nel 1989, a proporre un modello empirico sperimentale basato sull'uso di "modelli locali" che mantengono tuttora la loro validità rispetto ai "modelli strutturali globali", utilizzabili solo nei casi in cui possano essere ritenuti attendibili. I nuovi e crescenti sviluppi delle capacità tecniche consentono un'estensione degli orizzonti, permettendo di valutare in forma critica l'integrazione dei nuovi materiali con quelli antichi, sviluppando sistemi reversibili, favorendo l'intuizione di nuovi modi di utilizzo dei materiali storici combinati con quelli di nuova generazione, sperimentando sofisticati metodi di calcolo, il tutto con inedite prospettive nell'ambito del restauro.

In questo contesto rapidamente evolutivo, d'approfondimento e di specializzazione, e considerando la nuova convincente linea normativa, sembra necessario individuare la discriminante culturale utile a definire i limiti reali e concreti della conservazione, "a delimitare e regolare l'intervento per far coincidere teoria e prassi" (Carbonara, 1997), ma anche per far comprendere il carattere sovente illusorio di "soluzioni tecniche" necessariamente "innovative o alternative" e della correlata ricerca di materiali prodigiosi in grado di risolvere in forma spedita problemi che richiedono, invece, percorsi scientifici lunghi e complessi. Al forte sviluppo tecnico non corrisponde un approfondimento scientifico adeguato e, spesso, si assiste ad un tecnicismo spicciolo in cui sono assenti sia gli aspetti storico-culturali del problema, sia una visione critica delle stesse tecniche.

Un percorso metodologicamente corretto si sviluppa partendo da un rilievo geometrico e dimensionale della fabbrica, da una ricerca storica mirata a definirne le vicende costruttive per far comprendere le cause dei dissesti statici che, spesso, affondano le loro radici nei fatti propri della storia e nelle modalità antiche di edificare. Mediante l'utilizzo di tavole tematiche e indagini in situ si potrà definire la realtà costruttiva di murature, solai, tetti ed altri elementi costruttivi, la loro consistenza e affidabilità; da lì si potrà procedere verso una sintesi finale che dia ragione dello stato di degrado strutturale del manufatto e degli stessi cinematismi di rottura. Il fine è di riuscire a prospettare soluzioni d'intervento coerenti col manufatto, ovvero "consapevoli", nella viva dialettica fra riflessione storica, ragionamento tecnico e intuizione progettuale. Solo in questa prospettiva si potranno fruttuosamente rendere congruenti le potenzialità dei nuovi materiali (perlopiù derivanti da settori industriali esterni al restauro) con le caratteristiche degli elementi tradizionali, affidandosi sempre ad una paziente sperimentazione ed alla insistita ricerca di tecniche d'intervento compatibili. I materiali prodotti per altri settori, quali le fibre di carbonio, possono essere utili nel restauro ma solo in seguito a riflessioni in grado di definirne le specifiche modalità applicative capaci, insieme, di sfruttarne le potenzialità e di armonizzare tecnicamente il nuovo con l'antico. Il superamento delle barriere proprie delle discipline specialistiche, l'integrazione delle competenze, una visione unitaria del manufatto e una visione sistemica dei temi progettuali, citati quali componenti d'un buon restauro, accompagnati all'indispensabile formazione del restauratore, delineano una posizione professionale per certi versi analoga a quella del "medico di base" (Boscarino, 1988), in cui, prima che specialisti di un singolo settore, si è disponibili ad un

dialogo con altre specializzazioni. Il progetto di restauro dev'essere in grado, infatti, di soddisfare molteplici istanze contemporaneamente, la sicurezza strutturale insieme alla storia e all'estetica, in un costante confronto che non può concedere di sacrificare un aspetto in favore dell'altro. Soluzioni che, in un primo momento, sembrano impossibili, sono il risultato d'un lungo percorso di conoscenza dei caratteri peculiari del manufatto e d'una buona intuizione, conseguibili solo da chi abbia preso confidenza con l'antico e sappia rispondere ai suoi bisogni nei termini del più efficace "minimo intervento". Per questo motivo l'unicità e irripetibilità del manufatto storico non può beneficiare di soluzioni precostituite, essendo ogni caso differente dall'altro. L'innovazione consiste proprio, oltretutto nella solidità del metodo ormai acclarato, nella capacità di ricercare modalità applicative specifiche per il caso singolare su cui s'interviene. Per questo non si può ricorrere schematicamente a soluzioni precostituite, perché ogni caso è differente per stratificazioni, vicissitudini, peculiarità costruttive, modalità realizzative e necessita di interventi calibrati sulla circostanza, alle volte definiti sul campo. In questo senso la tecnologia necessariamente viene guidata dal metodo storico e plasmata nel rispetto della singola realtà. Calcolo e intuizione procedono di pari passo delineando nel restauro strutturale una complessità disciplinare rigorosamente "scientifica" ma, al contempo, "umanistica, storica e fondamentalmente critica".

La discussione di casi

Dopo questa premessa, necessaria per inquadrare nella giusta dimensione il tema del rapporto fra storia, scienza e tecniche di restauro e per far comprendere il significato "critico" e non solo "tecnico" del consolidamento (1), è utile svolgere alcune ulteriori riflessioni appoggiandosi a casi di studio recenti. In primo luogo va chiarito che non s'intende in nessun modo mettere in discussione la liceità, anzi l'opportunità in molti casi, dell'impiego di materiali contemporanei sulle strutture antiche; pertanto ogni eventuale accusa di passatismo o d'incapacità di sostenere un serio dialogo con l'innovazione nel restauro è fuori luogo. È invece doveroso sottolineare che non esistono materiali contemporanei e tecniche intrinsecamente buoni o cattivi, ma il loro uso dipende sempre da diversi fattori quali: le condizioni particolari in cui si opera (specificità del caso), la compatibilità coi materiali antichi, l'efficacia concreta nel conseguire l'obiettivo progettuale, l'eventuale impatto visivo dei nuovi materiali sulla struttura. A proposito di compatibilità fisico-chimica ed efficacia, si sottolinea che la prima dev'essere verificata ogni qualvolta ci si appresti ad affiancare materiali di natura diversa o ad iniettare o proteggere con formulati chimici i materiali antichi (2): essa costituisce una condizione necessaria ma non sufficiente per giudicare gli esiti dell'intervento; la seconda qualità, quella dell'efficacia (3), è invece fondamentale per non vanificare gli sforzi compiuti: essa dipende dalle capacità critiche e dalla consapevolezza con cui si è sviluppato il percorso conoscitivo e si sono comprese potenzialità e limiti dei nuovi materiali.

Nei due esempi che seguono l'intuizione – non frenata da rigidità o preconcetti, ma originata da spirito scientifico e attenzione culturale – ha consentito di utilizzare le fibre al carbonio e la presollecitazione in forma innovativa ed efficace. L'impiego delle frp, mutuato da altri campi della ricerca, ha contribuito notevolmente a schiudere gli orizzonti delle "tecniche innovative", ma ha anche generato un abuso delle medesime da parte di coloro che ne fanno un uso improprio ritenendole una soluzione sicura da applicare a molteplici casi senza comprendere né il reale funzionamento delle strutture né le cause che hanno indotto i tipi di dissesti, contraddistinti dalle loro "lesioni caratteristiche". Nel nostro caso l'uso di un "diatono armato con fibre al carbonio" ha contribuito efficacemente al consolidamento dei paramenti murari distaccati e pressoinflessi della Rocca Malatestiana e delle Mura Augustee di Fano (Figura 1). L'armatura del diatono nasce dall'idea di abbinare un materiale tradizione, quale il mattone o il concio di pietra, non resistente a trazione, con un materiale avente questa proprietà per conferire capacità di resistenza a trazione e flessione al nuovo sistema. La resistenza flessionale dei diatoni risulta necessaria quando questi sono gravati dal peso dei paramenti sovrastanti o quando i paramenti siano realizzati a sbalzo (caso delle Mura Romane). La sperimentazione condotta nel laboratorio di Scienza delle costruzioni della Facoltà di Ingegneria di Bologna ha suggerito, per evitare il distacco repentino delle fibre, di applicare due fasce di fibre lungo i lati lunghi del mattone e una fascia trasversale lungo il lato corto opposto a quella di testata infisso nel nucleo; in questo modo aumenta notevolmente la resistenza flessionale del mattone evitando lo scollamento fra i materiali. I diatoni sono stati applicati ai paramenti della Rocca Malatestiana seguendo lo schema geometrico a quinconce (secondo un

graticcio con maglia di circa 80x100 cm di lato) in grado di collegare in modo uniforme il paramento al nucleo e di distribuire meglio le eventuali tensioni derivanti dal carico del paramento medesimo. Nel caso delle Mura Romane, aventi torri con ampie foderature a sbalzo realizzate nel corso del Medioevo, i diatoni sono stati estratti dai paramenti murari, puliti, preconsolidati, fasciati, forati con inclinazione a 45° e sono stati dotati di barre pultruse in fibra di carbonio rese solidali al concio di pietra mediante incollaggio di resine epossidiche al fine di meglio agganciarsi al nucleo delle mura medesime, aventi queste ultime un notevole spessore (4).

Il secondo esempio si avvale dei principi della precompressione e riguarda l'eliminazione delle spinte esercitate dalla volta lunettata della sala del Trono del Palazzo Ducale di Urbino mediante un sistema di cavi pretesi (Figura 2). La presollecitazione nel campo del restauro fu già felicemente sperimentata nel 1954 da Ferdinando Forlati e Riccardo Morandi sull'Arena di Verona per conferire resistenza agli sforzi orizzontali allo sperone dell'anello esterno mediante l'inserimento di cavi pretesi. Nel nostro caso viene utilizzata con modalità e finalità diverse per contrastare le spinte dell'imponente volta realizzata da Francesco di Giorgio Martini per Federico da Montefeltro. L'intuizione che ha guidato il progetto è semplice ma efficace in quanto la meccanica dell'intervento consiste nel contrastare la spinta della volta in forma "attiva", esercitando forze di richiamo sulle pareti sotto spinta mediante la realizzazione, all'estradosso della volta stessa a quota delle reni, di un sistema di due travi reticolari, alle quali sono ancorati due sistemi distinti di funi tesate tramite particolari forcelle (lasciate a vista da oculi vetrati a pavimento) che consentono una periodica manutenzione dei cavi. Nello specifico, questi ultimi sono stati realizzati con trefoli inguainati (4 trefoli da 0,6 inch lato Cortile d'Onore, 6 inch trefoli da 0,6" lato Piazza del Duca) che hanno assunto un andamento poligonale pressoché parabolico (per facilitarne la tesatura), senza essere perfettamente simmetrici al fine di adattarsi alla specificità costruttiva del contesto. I cavi sono applicati ai muri, su cui preme la volta, mediante distanziatori, tesi anch'essi, dotati di un dispositivo a vite necessario per regolare l'andamento del cavo e fissati alla muratura d'ambito mediante piastre nervate (5).

È necessario vagliare con attenzione le proposte innovative in funzione dei principi conservativi, poiché queste sono spesso impiegate senza esercitare preventivamente la verifica se esista la possibilità di soluzioni di tipo tradizionale; queste ultime sono, in linea generale, preferibili per la loro capacità d'integrarsi con l'antico, ma richiedono una riflessione più complessa, legata sia alle caratteristiche storico-tecniche del manufatto, sia alla ricerca di modi capaci di migliorarne le prestazioni senza alterarne la logica costruttiva. In altri termini, deve svilupparsi, da un lato, un'azione critica nei confronti dei materiali innovativi, dato che i principi della disciplina impongono il "minimo intervento" per la salvaguardia, quanto più possibile estesa, della "sostanza antica" del manufatto; dall'altro è necessaria una rinnovata visione critica nei confronti degli elementi costruttivi storici, che superi il ristretto ambito imitativo e apra gli orizzonti all'introduzione di semplici accorgimenti, poco più che riparativi, in grado di conferire prestazioni aggiuntive senza mutarne il funzionamento originario. Posizione già sperimentata da E. E. Viollet-le-Duc sulla guglia centrale di Notre-Dame di Parigi in cui, contestualmente al ripristino della medesima con materiali e tecniche originari, aggiunse l'utilizzo di chiodi ed elementi metallici nei nodi in grado di migliorare le prestazioni delle connessioni senza variare lo schema strutturale. Nei due esempi di seguito riportati appare evidente il rifiuto ad intervenire con materiali nuovi di dubbia compatibilità a favore di piccole integrazioni in grado di aggiornare l'elemento costruttivo sul piano tecnico. Nel solaio della Villa Parolin-Poggiani a Gazzo Veronese (Figura 3), la tentazione di realizzare pesanti solette in cemento armato, d'introdurre irreversibili barre in resina fibrorinforzata nelle travi maestre o di sovrapporre travi metalliche a quelle lignee, che ne avrebbero inevitabilmente aumentato lo spessore al fine di ampliarne le capacità portanti, è stata rimossa grazie all'uso attento di semplici elementi integrativi in legno, rapportato al caso specifico in esame, rispettando sia i principi costruttivi sia quelli di lavorazione dei materiali (6). Come filo conduttore dell'intervento è stata seguita la "logica del materiale" che ha sempre caratterizzato i magisteri antichi, consistente nel dare risposte ai problemi con soluzioni inevitabilmente legate alla disponibilità materica del contesto ambientale, anziché la "logica della produzione" che risponde ad ogni esigenza con la produzione di un nuovo materiale di tipo industriale (7). Le travi maestre del solaio sono state rinforzate con elementi lignei frapposti ai travicelli, utili per superare il vuoto presente fra questi ultimi e collegarli ad una trave lignea superiore di basso spessore e di pochi centimetri (soli due) più alta rispetto allo spessore dell'assito

ligneo integrativo posto in opera e reso collaborante grazie all'inserimento di viti autofilettanti disposte a 45° con passo variabile - raffittito agli appoggi - per garantire la perfetta trasmissione degli sforzi fra le parti collaboranti. Il solaio così irrigidito è stato ancorato alle murature perimetrali con semplici profili metallici collegati con spinotti.

Il secondo caso esamina il miglioramento al comportamento sismico del tetto e del sistema tetto-muratura di palazzo Mazzolari Mosca a Pesaro (8) (Figura. 4) conseguito con l'introduzione di semplici accorgimenti tecnici che fanno uso di elementi in metallo, divenuti ormai anch'essi "tradizionali", i quali non stravolgono il comportamento del tetto e dell'edificio ma ne migliorano le prestazioni agendo puntualmente come rinforzo delle singole parti e miglioramento delle connessioni, al fine di resistere a sollecitazioni orizzontali e opporsi ai cinematismi di rottura. Le falde del tetto realizzate in parte con ossatura lignea e tavelle in cotto e in parte sostituendo le tavelle con un assito ligneo, sono state rinforzate, nel primo caso, con una soletta in calce armata con fibre di vetro (che ha il compito di collegare fra loro le tavelle) e controventate nel proprio piano con diagonali metalliche, mentre quella totalmente lignea con un nuovo assito posto in diagonale. Le falde, per impedire la rotazione delle parti sommitali delle murature, sono collegate con elementi metallici a "Y" ai muri perimetrali, i quali a loro volta sono rinforzati con tralicci metallici posti sopra di essi e ancorati mediante barre metalliche.

Non si può non condividere quanto affermato da Riccardo Dalla Negra, a proposito dei ripristini conseguenti a incendi, eventi bellici e calamità naturali, sul fatto che: "Il richiamo all'eccezione rispetto ai principi conservativi assume toni inquietanti di fronte a eventi traumatici gravissimi e imprevedibili" (Dalla Negra, 2011). Altrettanto "inquietanti" sono le modalità tecnico-operative che vengono impiegate nella ricostruzione. La mancanza di chiarezza teorica ha come conseguenza diretta l'uso improprio della tecnologia e l'assenza d'un rigoroso impiego dei mezzi tecnici. L'intervento è animato da obiettivi imitativi e utilitaristici che sottraggono significato al valore culturale del progetto di restauro e ostacolano quella visione sistemica necessaria per un uso appropriato della tecnologia, tanto delle tecniche tradizionali, quanto di quelle contemporanee. Ossature murarie sono realizzate con paramenti in mattoni che nascondono al loro interno tecnologie avanzate per adeguarsi ai livelli prestazionali prescritti dalle vigenti normative, mentre le superfici architettoniche e tutte le finiture in vista vengono trattate in modo tradizionale onde sembrare antiche.

Nell'esempio che segue si vuol chiarire come il consolidamento "nascosto" non sia stato utilizzato per rispettare, a scapito della sua struttura, l'immagine esterna del manufatto dissimulando l'intervento, ma perché si trattava dell'unica soluzione possibile per garantire la conservazione, a cielo aperto, come richiesto, dei resti della chiesa di San Francesco in Fano, lacerata dai terremoti dei primi decenni del secolo scorso (Figura 5). La scelta di conservare il manufatto rigorosamente nelle condizioni in cui ci è pervenuto, senza ripristinarne la parte sommitale delle murature e il tetto, dato che la chiesa ha assunto col tempo l'aspetto d'un rudere piranesiano, ha imposto l'adozione d'impegnative tecniche contemporanee inserite all'interno delle membrature in grado di stabilizzare, in zona sismica, la parete destra della navata, totalmente libera e affetta da una forte pressoflessione e dal distacco dei paramenti murari risalenti a due epoche successive (9). L'intuizione che ha distinto il progetto di consolidamento della parete, per risolvere in modo definitivo il dissesto, è stata di collegare strutturalmente la muratura strapiombata medievale alle semicolonne interne aggiunte in epoca neoclassica e di migliorare così la resistenza sismica d'entrambi gli elementi, mediante otto barre metalliche tipo dywidag disposte ad andamento spaziale, che mettono in grado le murature di lavorare a mensola sotto l'azione sismica. L'ancoraggio delle barre alla base è stato conseguito tramite sottofondazioni su micropali che hanno anche lo scopo di scongiurare fenomeni di collasso di tipo rigido dell'elemento strutturale e fenomeni di ribaltamento sul piano ortogonale alla parete, in caso di azione sismica. La continuità strutturale delle murature sommitali, tema essenziale a causa della perdita del tetto, è stato affrontato realizzando due cerchiature metalliche orizzontali sovrapposte, collocate nella zona alta delle pareti verticali. Le cerchiature collegano tutto il perimetro superiore con esclusione della parete strapiombata e della facciata che hanno una quota inferiore; su queste è stato invece realizzato un cordolo a traliccio orizzontale il quale, a sua volta, si ricollega con esse mediante tralicci che proseguono sulle parti inclinate del profilo della parete (10).

Ringraziamenti

Si ringraziano l'ing. Denise Sottara e l'ing. Giulia Maddalena per il supporto offerto alla ricerca e alla stesura delle illustrazioni presenti nel contributo.

Note

1 - Un approfondimento sui temi trattati è sviluppato in Carbonara, G. (1997), *specie nei capitoli Storia, scienza e tecnica nel restauro*, pp. 443–451 e *Consolidamento 'critico' e restauro*, pp. 453–465.

2 - Si richiamano in forma sintetica le verifiche che devono essere condotte per conseguire la compatibilità fisico-meccanica e chimica fra materiali antichi e di nuova concezione. Per verificare la compatibilità fisico-meccanica debbono essere verificate le seguenti caratteristiche: meccaniche (resistenza a compressione, trazione e flessione), elasticità, dilatazione termica, conducibilità termica, gelività, permeabilità al vapore d'acqua, durezza, durevolezza o durabilità, porosità, grado di compattezza, colore. Per quanto attiene la compatibilità chimica che coinvolge tanto le relazioni fra elemento antico e nuovo materiale, quanto quelle fra nuovo materiale e ambiente, devono essere verificate, nel primo caso, le seguenti caratteristiche: inerzia termica nei riguardi del materiale, affinità chimica con l'eventualità di possibili formazioni di sottoprodotti dannosi, variazioni delle proprietà ottico-cromatiche dei materiali, solubilità in solventi organici; mentre nel secondo caso debbono essere verificate le seguenti caratteristiche: stabilità agli agenti atmosferici (particolarmente importante per i prodotti applicati alle superfici esterne degli involucri), stabilità alla luce, stabilità al colore, solubilità (in particolare nei confronti dell'acqua), ossidabilità che, soprattutto per i materiali organici, determina la rottura dei legami chimici alterandone le caratteristiche.

3 - Per efficacia si intende la capacità reale di raggiungere gli effetti e i risultati voluti. Nel caso del restauro ciò deve avvenire seguendo i criteri del buon restauro, ovvero: minimo intervento, reversibilità e distinguibilità.

4 - La proposta strutturale è dovuta all'ing. Giuseppe Tosti, la direzione lavori è stata svolta da Claudio Galli, col supporto, per entrambi, della consulenza del prof. Giovanni Carbonara.

5 - L'ideazione progettuale è dovuta all'ing. Vittorio. Guidi che ha operato negli anni 1991-93 su incarico della Soprintendenza per i beni architettonici e per il paesaggio delle Marche, che hanno gentilmente fornito disegni e immagini dell'intervento.

6 - L'intervento è stato progettato dall'ing. Matteo Grilli.

7 - Per un approfondimento sulla tecnologia degli elementi costruttivi negli edifici preindustriali la cui la strutturazione è fortemente influenzata dai fattori ambientali, economici e dalla cultura materiale del luogo, tutti fattori che portano ad una sostanziale omogeneità del patrimonio edilizio d'un dato territorio, pur con infinite variazioni, cfr. Galli, C. (1997), *Tecnologia e progetto nel recupero. Manuali storici e nuovi profili*, Kappa, Roma, pp. 132-134.

8 - La proposta progettuale, elaborata con la consulenza di Claudio Galli e il prof. Giovanni Carbonara, è stata presentata nell'ambito dell'appalto integrato come offerta tecnica migliorativa dall'impresa Lancia che ha conseguito il lavoro.

9 - Il progetto di consolidamento si deve alla qualificata esperienza dell'ing. Giuseppe Tosti, mentre i lavori sono stati diretti da Claudio Galli che ha fatto parte dell'ATP. L'intero percorso progettuale è stato sostenuto dalla consulenza del prof. Giovanni Carbonara.

10 - Per un approfondimento sulle strategie di consolidamento utilizzate Cfr. C. Galli (2011), *Il complesso restauro "runderale" della chiesa di San Francesco in Fano*, in *L'architetto italiano*, pp. 38 – 55.

Riferimenti Bibliografici

Boscarino, S., (1988). *Conoscenza delle strutture architettoniche: metodi e tecniche d'approccio*, in *Atti del III Congresso Nazionale ASS.I.R.C.CO. Conoscere per intervenire: il consolidamento degli edifici storici*. Catania, 10–12 novembre 1988, pp. 14, 75-79.

Carbonara, G., (1997), *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Napoli: Liguori, p. 274.

Dalla Negra, R., (2011). *Il restauro consapevole: la traduzione dei principi conservativi e il difficile rapporto con le preesistenze*, in Balzani, M. (2011), a cura di, *Restauro, Recupero, Riqualificazione. Il progetto contemporaneo nel contesto storico*, Milano: Skira, p. 18.

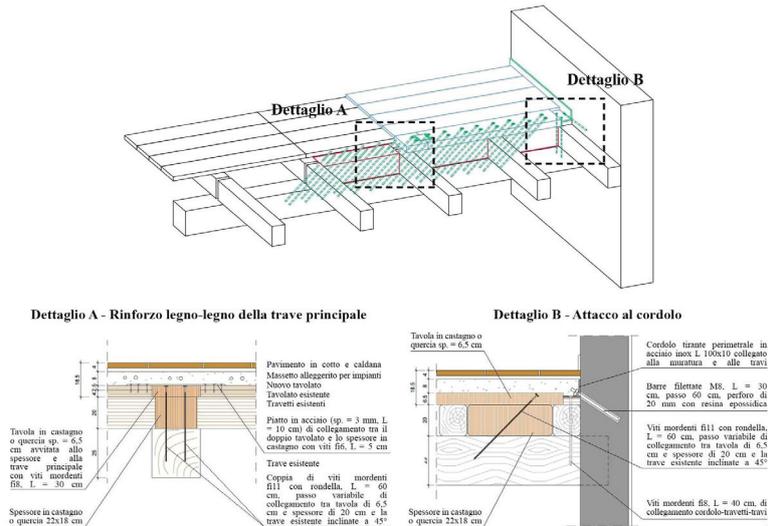


Figura 3. L'aggiornamento del solaio sul piano tecnico, mediante piccole integrazioni, ne aumenta le prestazioni senza variarne lo schema statico originario.

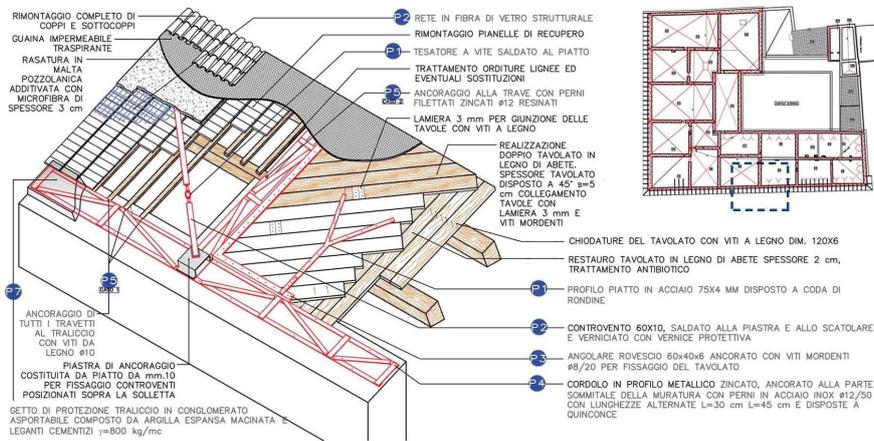


Figura 4. Il miglioramento alla risposta sismica del tetto è conseguito con l'introduzione di semplici elementi metallici e un nuovo assito che conferiscono alla struttura un comportamento scatolare in grado di opporsi ai cinematismi di rottura.

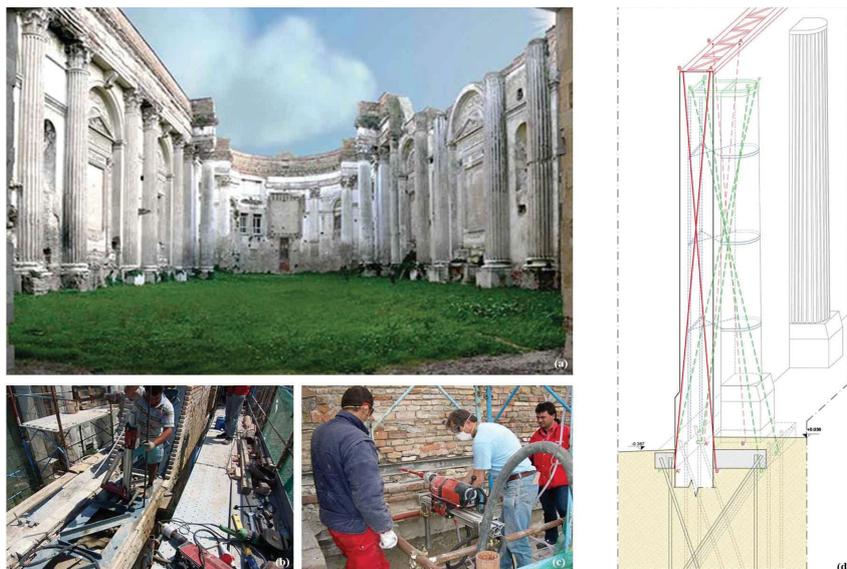


Figura 5. Il consolidamento “nascosto” non è stato utilizzato per rispettare, a scapito della struttura, l'immagine esterna del manufatto dissimulando l'intervento, ma quale unica soluzione possibile viste anche le condizioni al contorno. Il palinsesto murario, composto da una parete medievale esterna presso inflessa e parzialmente distaccata dall'adiacente parete ottocentesca interna, è stato riconnesso mediante cinque serie di cuciture spaziali.