

ESEMPI DI RESTAURO CONSERVATIVO DI STRUTTURE LIGNEE IN AREA ALPINA E PREALPINA

Dario Foppoli¹, Andrea Paneroni², Anna Pianazza³

1 libero professionista - Foppoli Moretta e Associati s.r.l.

2 libero professionista

3 libero professionista

ABSTRACT: In the following paper are described strenghtening techniques on the wooden structures of two historical buildings placed on the northern part of Lombardy. A proper initial diagnostical activity have provided the parameters suitable for developing a statical analysis and for designing the reinforcement works based on compatible, recognizable and reversible techniques. The chase of study of the strenghtening of wooden floor of Palazzo Besta in Teglio shall emphasize that a proper diagnostical analysis is necessary for a correct design and the chase of study of reinforcement of wooden roof of San Pietro in Lamosa monastery in Provaglio d'Iseo shall emphasize that a proper design for executing is necessary to improving the on site works.

KEY-WORD: wooden structures, on site inspection, reinforcement techniques

Introduzione

Uno degli ambiti più stimolanti che l'attività professionale propone a chi opera nel campo del restauro di edifici storici è l'esperienza del delicato equilibrio tra le esigenze di conservazione e la necessità di adeguare all'uso quotidiano le prestazioni dei fabbricati. La difficoltà di conciliare tali istanze

appare tanto più evidente nell'ambito dell'analisi delle strutture lignee in quanto le peculiari patologie di degrado, come pure la frequente necessità di variare i carichi in gioco, inducono spesso a sentenze di presunta inadeguatezza delle strutturali, giustificando radicali lavori di sostituzione o di rifacimento connotati in genere da scarsa attenzione per l'esistente.

Nel seguito viene indicata la metodologia che, nell'ambito di una corretta pratica progettuale, consente di ribaltare tale logica a partire dalla consapevolezza che, nell'ambito degli interventi su edifici storici, la comprensione e la conservazione delle strutture lignee esistenti nella loro materialità e nella loro funzionalità statica rappresentano uno scopo da perseguire, oltre che un fecondo stimolo professionale.

Vengono presentati due interventi effettuati dagli scriventi su edifici storici tipici dell'area alpina e prealpina lombarda in cui, a partire da una articolata fase conoscitiva preliminare, è stato possibile sviluppare una puntuale analisi statica e progettare interventi compatibili, individuabili e reversibili. Nel caso del consolidamento dei solai lignei del Palazzo Besta di Teglio (SO) verrà in particolare evidenziata la stretta correlazione tra gli esiti delle indagini diagnostiche e la progettazione dell'intervento, mentre nel caso del consolidamento della copertura del Monastero di San Pietro in Lamosa a Provaglio d'Iseo (BS) verrà descritta più nel dettaglio la correlazione tra il progetto e l'operatività del cantiere (1).

L'approccio progettuale al consolidamento delle strutture lignee

Le strutture costruite da travature lignee sono soggette, nel tempo, all'azione di agenti che possono comprometterne in modo parziale o totale l'integrità.

Gli agenti abiotici (infiltrazioni di acqua, eccessive sollecitazioni, contatto diretto o indiretto con la fiamma) producono azioni chimico-fisiche che predispongono il legno ad attacchi biodegenerativi.

Gli agenti biotici costituiscono quasi sempre il vero fattore degenerativo dei tessuti lignei, producendo fenomeni di degrado caratterizzati da un progressivo coinvolgimento di organismi man mano più complessi quali batteri, muffe primarie (agenti di alterazioni cromatiche) funghi lignivori (agenti dapprima della carie soffice e poi della carie bianca e bruna) ed, infine, su legno ormai cariato, muffe secondarie. Gli agenti cariogeni alterano la composizione ligninica o cellulosica dei tessuti, riducendo di conseguenza le caratteristiche meccaniche degli elementi. I danni dovuti ad insetti xilofagi e roditori (Fig. 1), segnalati in genere dalla presenza di rosime, comportano invece la rimozione di porzioni della sezione portante.

Il controllo degli elementi costituenti le strutture lignee deve quindi localizzare e quantificare i fenomeni di degrado per rimuoverne tempestivamente le cause e, se necessario, intervenire al ripristino del danno. L'analisi deve essere articolata in più fasi successive [1] che consentono il progressivo approfondimento dei problemi via via esplicitati.

- Il rilievo geometrico dell'orditura lignea può essere effettuato mediante misure dirette oppure con tecniche di rilievo tridimensionale mediante laserscan: è opportuno ricordare l'importanza di estendere il rilievo al dettaglio dei particolari costruttivi e delle connessioni tra i vari elementi.
- L'analisi visuale consente di definire lo stato di conservazione del legno e di individuare e circoscrivere le zone da sottoporre ad indagine strumentale; essa viene integrata mediante utilizzo di attrezzature manuali come punteruolo e martello e, laddove vengano evidenziati segnali di anomalia, deve essere approfondita con tecniche strumentali.
- La misura della velocità di propagazione del suono, effettuata con il martello ad impulsi sonori, consente di circoscrivere le zone interessate dal degrado, ma non di quantificare l'entità del danno la porzione sana residua della trave.
- Tali informazioni possono essere ottenute invece misurando la resistenza alla perforazione di un ago sottile che penetra nel legno ruotando a velocità costante (Fig. 2). Tale misura risulta correlata alla densità del legno e quindi consente di individuare eventuali aree di decadimento interno.

L'acquisizione di dettagliate conoscenze sulla conformazione e sullo stato di conservazione di una struttura consente comprendere pienamente il modello statico di comportamento globale e locale della stessa e quindi di progettare l'intervento rispettando il costruito nella sua forma, ma anche nella sua sostanza materiale e tecnologica.

Il Palazzo Besta di Teglio (SO)

Cenni storici

Il palazzo sorge su una struttura preesistente, forse precedente al XIV sec., di cui si conserva traccia nelle murature settentrionali [2]. Si trattava probabilmente di una dimora di carattere rurale, annessa al non lontano castello di Teglio, a partire dal 1425 sotto la giurisdizione della famiglia Besta. La costruzione attuale risponde ad un progetto coerente ed unitario, ed alcune indicazioni cronologiche portano a ritenere che fosse compiuta nella sua struttura principale entro i primi due decenni del XVI sec..

Gli affreschi del cortile principale e del salone d'onore furono realizzati entro il quinto decennio del XVI sec., mentre la decorazione delle altre stanze proseguì con interventi di qualità più modesta nella seconda metà del secolo. Dopo la rivoluzione valtellinese del 1620 e la successiva restaurazione del dominio grigione i Besta, che ebbero parte attiva nella rivolta, dovettero abbandonare Toglio. Iniziò così la decadenza del palazzo che subì numerosi passaggi di proprietà fino a quando, attorno al 1880 venne venduto a famiglie contadine, che lo frazionarono in cinque parti.

Tuttavia, il crescente interesse sorto nei confronti del Palazzo portò all'acquisizione dell'edificio da parte dell'Ufficio Regionale per la Conservazione dei Monumenti in Lombardia, completata nel 1915. A partire dal 1912 furono effettuati estesi lavori di restauro che proseguirono fino al 1927. Altri significativi interventi di trasformazione furono effettuati alla fine degli anni settanta.

Lo stato di conservazione dei solai

Nonostante l'edificio risulti nella disponibilità e nella gestione della Soprintendenza fin dal 1915, non ne è mai stata effettuata una organica campagna ricognitiva e conoscitiva. Inoltre parte dei numerosi interventi strutturali che si sono succeduti nel tempo non risultano documentati in modo completo, non consentendo una visione complessiva dello stato di conservazione e di stabilità del Palazzo. Per ovviare a tali carenze la Soprintendenza ha avviato già da alcuni anni un progetto di manutenzione programmata che, nella fase attualmente in corso, ha ottenuto un significativo finanziamento da parte di Fondazione CARIPLO (2).

Una delle prime attività sviluppate nel corso del 2006 ha riguardato l'analisi dei solai lignei dell'ala ovest in quanto l'evidente oscillazione degli impalcati conseguente al semplice calpestio sollevava giustificati dubbi sulla loro adeguatezza statica. I solai esistenti in questa ala del Palazzo sono realizzati a cassettoni ed accuratamente decorati in corrispondenza della superficie intradossale (fig. 3). E' stata quindi effettuata una accurata campagna di indagine diagnostica per valutare lo stato di conservazione degli elementi lignei e l'effettivo schema strutturale dei solai, impostata secondo le fasi descritte in precedenza.

Poichè il rilievo geometrico aveva messo in luce il notevole spessore dell'impalcato ed alcune borchie in ferro visibili facevano supporre la presenza di elementi di carpenteria strutturale di rinforzo celati entro tale spessore, per mezzo di piccole frese sono stati realizzati fori di ispezione nel pavimento in modo da introdurre una sonda televisiva nell'intercapedine

dell'impalcato, per rilevare la presenza e la geometria degli elementi strutturali non in vista, oltre che il loro stato di degrado (Fig. 4).

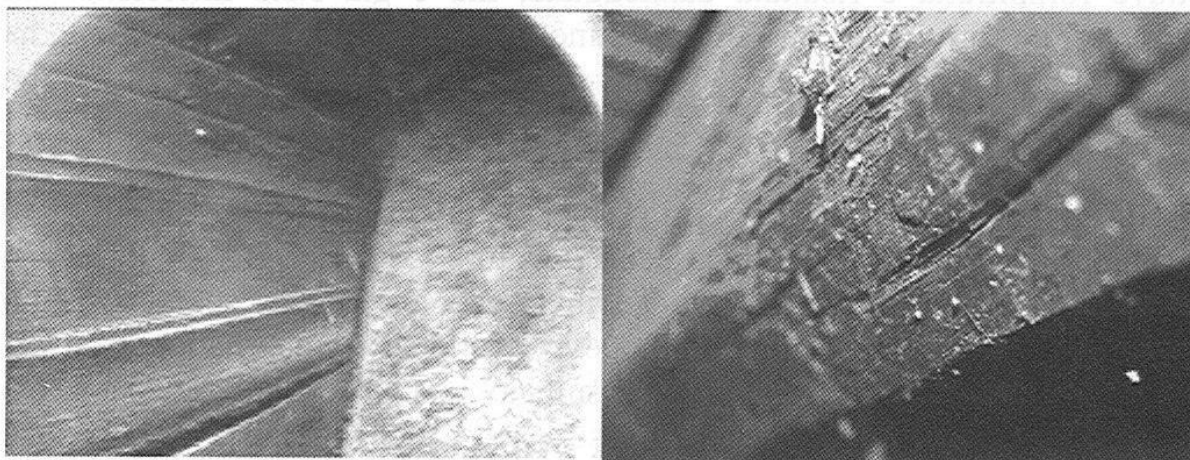


Figura 4 – Rilievi endoscopici delle strutture in legno nell'intercapedine sotto la pavimentazione

Tale ispezione ha in particolare messo in evidenza la presenza di profili metallici rompitratta IPE 160, presumibilmente collocati a rinforzo dei solai durante i restauri novecenteschi.

Il degrado degli elementi in legno è stato dapprima valutato attraverso l'ispezione visuale, e successivamente analizzato sperimentalmente attraverso misure effettuate con Resistograph (Fig. 5).

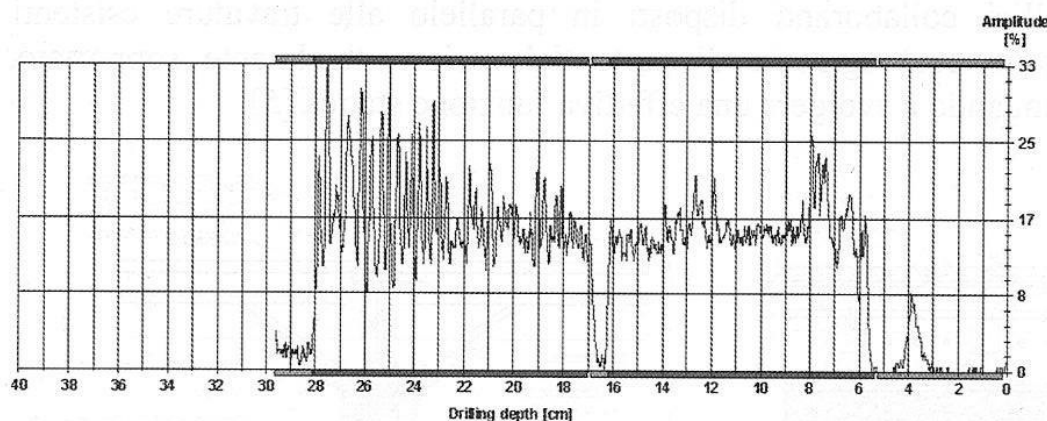


Figura 5 – Esempio del profilo resistografico di una trave dell'orditura portante del solaio

Nel caso specifico, in particolare, lo stato di conservazione delle strutture portanti è risultato generalmente adeguato, con problemi localizzati unicamente in corrispondenza delle teste di singoli travetti del lato sud, in

una zona evidentemente interessata nel passato ad infiltrazioni di acqua piovana, ed in corrispondenza di un moderno servizio igienico. Un'unica trave rompitratta è risultata danneggiata, ma è già stata interessata nel passato da un intervento di ripristino, pur se inadeguato, che ne ha comportato la sospensione ad una trave in legno di rinforzo posta all'interno dell'intercapedine.

Il progetto di consolidamento

Le informazioni diagnostiche così puntualmente assunte hanno consentito di stimare la resistenza meccanica delle travature [3] e le conseguenti analisi numeriche, sviluppate sulla base dei rilievi geometrici e del degrado, hanno fornito una valutazione del complessivo livello di adeguatezza statica dei solai. Tutti i solai analizzati non risultano idonei a sopportare il carico variabile prescritto dalla normativa sulla base della prevista destinazione d'uso; le verifiche sono state ripetute riducendo i carichi variabili fino al valore di $0,5 \text{ kN/m}^2$, in corrispondenza del quale alcuni singoli elementi strutturali dei solai, segnatamente le travi rompitratta, entrano comunque ancora in crisi (Fig. 6).

Poichè tale valore appare incongruo anche rispetto ad eventuali limitazioni d'uso, a questo punto è risultata inevitabile l'esecuzione di un intervento di consolidamento dei solai [4]. Il progetto redatto si basa sul presupposto di intervenire in modo reversibile, senza modificare la concezione statica degli impalcati né modificarne in modo significativo il peso. Di conseguenza si è scelto di operare irrigidendo i solai mediante elementi lignei ovvero metallici collaboranti disposti in parallelo alle travature esistenti che vengono così sgravate di parte del carico attualmente sopportato, pur continuando a svolgere una effettiva funzione statica [5].

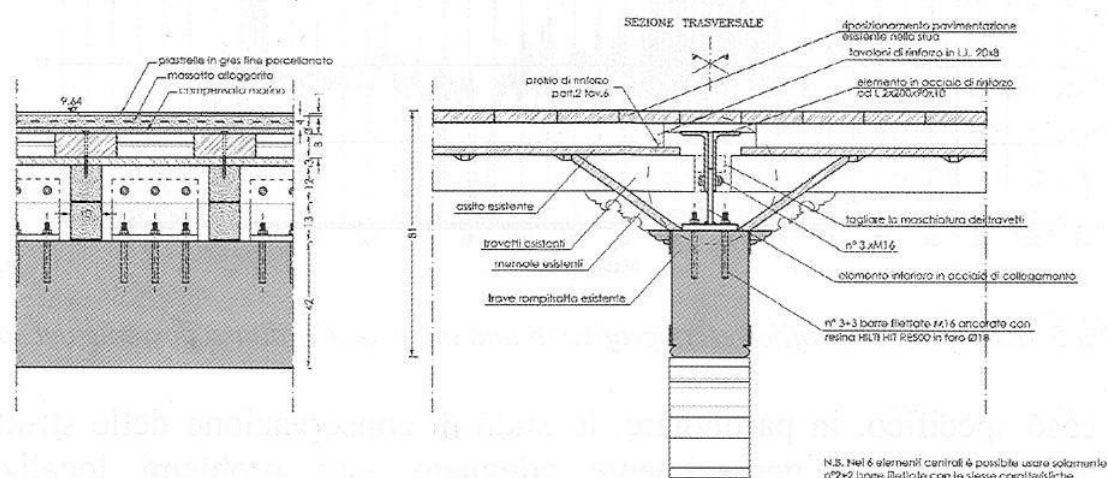


Figura 7 – Sezione di progetto di un solaio – rinforzo dei travetti e del rompitratta

Tali elementi vengono dimensionati in modo da poter essere contenuti all'interno dell'intercapedine già esistente nel solaio e quindi da non interferire con la percezione visiva dello stesso (Fig. 7). I rinforzi, peraltro completamente nascosti alla vista, vengono realizzati con materiali che siano comunque ben individuabili e distinguibili da quelli esistenti, segnatamente il legno lamellare e l'acciaio (3).

Il monastero di San Pietro in Lamosa a Provaglio d'Iseo (BS)

Cenni storici

Il Monastero di San Pietro in Lamosa fu edificato, a ridosso della fine del secolo XI, sul cordone più interno dell'anfiteatro morenico sebino, in un luogo che per posizione e caratteristiche geografiche era già stato sede di culti pagani e paleocristiani. Nel 1083 un piccolo oratorio, eretto da una famiglia feudale di stirpe longobarda, fu ceduto all'Ordine Monastico di Cluny. Durante i successivi cinque secoli il Monastero di San Pietro raggiunse l'apice delle sue funzioni religiose, sociali ed economiche. Nel 1535 il monastero passò in gestione ai Canonici regolari di San Salvatore di Brescia ed assunse il ruolo di chiesa parrocchiale di Provaglio; passato nel 1765 ai canonici di San Giovanni Evangelista di Brescia viene confiscato e soppresso nel 1783 durante il periodo napoleonico. All'inizio dell' XIX secolo viene acquistato dalla famiglia aristocratica dei Bonini e trasformato in residenza nobiliare, per essere poi parzialmente abbandonato dopo la seconda guerra mondiale. La chiesa venne ceduta alla Parrocchia nel 1983 e qualche anno dopo anche gli ambienti circostanti il chiostro centrale vennero acquistati dal Comune di Provaglio, con l'intento di avviare il restauro del complesso(4), fortemente danneggiato soprattutto a causa delle precipitazioni nevose dell'inverno del 1985, per ubicarvi la sede della Fondazione Culturale San Pietro in Lamosa. [6]

Lo stato di conservazione della copertura

A partire dal 2002 è stata effettuata una campagna di indagini conoscitive, che è stata sviluppata, secondo i criteri già indicati, a partire dal rilievo geometrico dettagliato delle coperture e dal rilievo delle patologie di degrado di ogni singolo elemento componente la struttura primaria e secondaria.

Tale ispezione ha evidenziato come le coperture del Monastero siano realizzate utilizzando legname molto disomogeneo, in molti casi né rettificato né scortecciato, con capriate e false capriate costruite grossolanamente e schemi strutturali casuali e "improvvisati". Principalmente le coperture presentano con strutture ad una o due falde,

sorrette da travi di colmo e terzere; l'orditura secondaria, in larga parte formata da travetti disomogenei, con sezione variabile e sottodimensionati, sorregge un assito discontinuo nei tratti di copertura non in vista, ed un manto in tavelle di cotto nelle parti visibili (Fig.8).

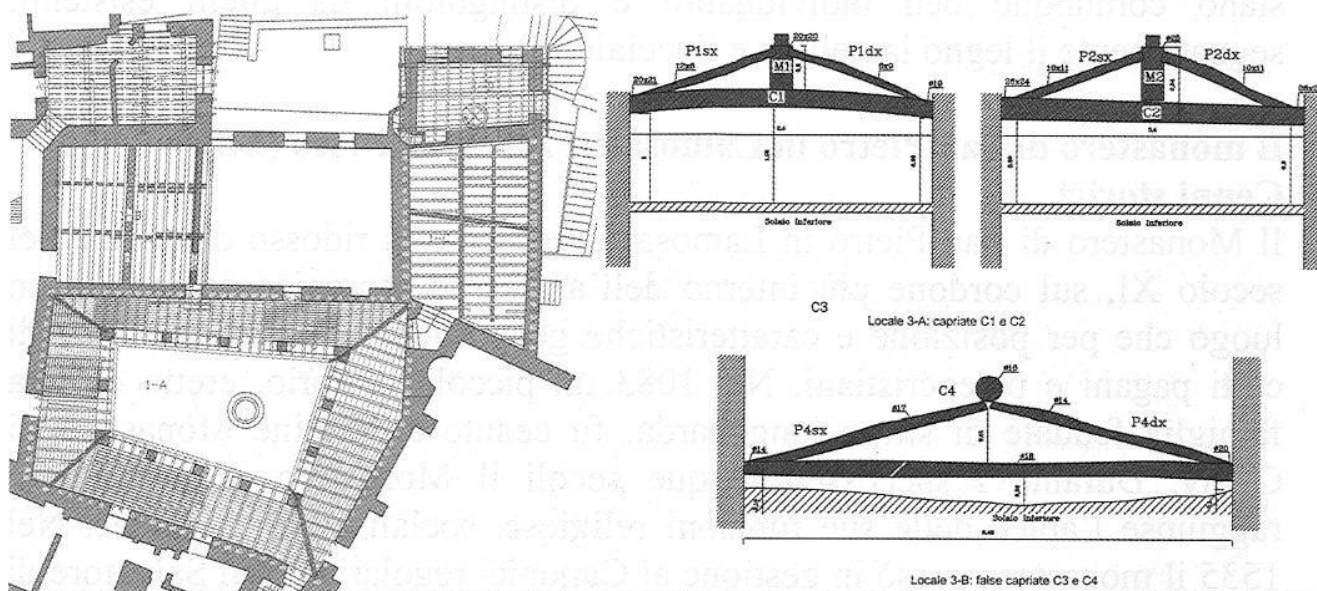


Figura 8 – Pianta struttura lignea di copertura Livello 1 – Particolari capriate

Gli elementi lignei presentavano diffuse alterazioni causate da infiltrazioni dal manto di copertura, peraltro ancora riscontrabili al momento del rilievo, ed attacchi da insetti xilofagi. Sulla struttura di copertura monofalda del salone ad ovest del chiostro centrale, parzialmente crollata ed in apparenza fortemente degradata, i rilievi visuali sono stati integrati effettuando misure di resistenza alla perforazione sui quattro puntoni in rovere e sulle terzere. Dagli esiti di tali indagini è emerso che per la maggior parte delle travature era possibile garantire un livello di resistenza sufficiente mediante piccoli interventi localizzati, soprattutto nelle zone di appoggio, mentre l'ultimo puntone presentava un degrado tale da renderlo completamente inadeguato a reggere i nuovi carichi di progetto della copertura.

Il progetto di consolidamento

Il progetto è stato finalizzato ad ottenere il necessario aumento del grado di sicurezza strutturale della copertura senza modificare, per quanto possibile, la concezione statica originaria del sistema esistente, ma intervenendo puntualmente laddove l'analisi della situazione attuale abbia evidenziato carenze progettuali originarie o problemi di degrado.

Nella scelta delle modalità di intervento è stato privilegiato l'utilizzo di tecniche poco invasive, quali l'inserimento di strutture metalliche leggere o

di strutture in legno in parallelo agli elementi esistenti, limitando per contro l'utilizzo di tecniche più invasive, quali l'esecuzione di iniezioni, ai casi in cui dette operazioni risultassero indispensabili e non altrimenti sostituibili, generalmente per ricostruire la continuità di strutture attualmente molto degradate.

Per la quasi totalità delle coperture è stata attuata una conservazione integrale dell'orditura primaria e secondaria mediante solo trattamento impregnante e antiparassitario, con consolidamento delle parti decoese per infiltrazioni di umidità o attacchi xilofagi (Fig.9).

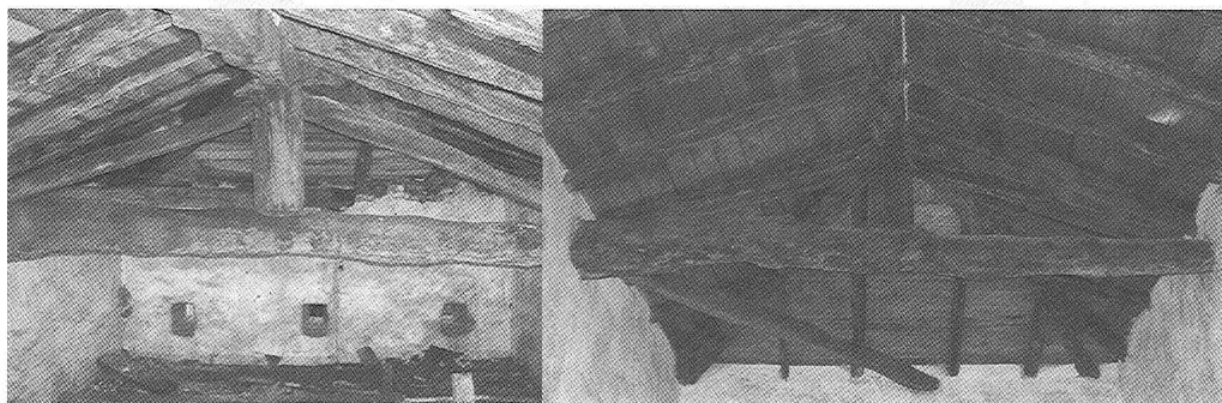


Figura 9 – Copertura dell'ambiente "torre colombiera" prima e dopo il restauro

Gli interventi di consolidamento più significativi hanno interessato la copertura dell'ambiente ad ovest del chiostro centrale, dove oltre alle problematiche legate al forte degrado della struttura lignea, è stato rilevato un significativo fuoripiombo della muratura di appoggio dei puntoni, realizzata con malta e pietrame disposto in modo caotico e caratterizzata dalla presenza di numerose cavità interne. Il progetto ha previsto il consolidamento delle murature mediante iniezione a bassa pressione di boiaccia a base di calce idraulica naturale certificata; dopo il periodo di stagionatura delle malte da iniezione, sono stati ricollocati i quattro puntoni precedentemente smontati e trattati (Fig.10).

Lo schema statico di tali elementi è stato riportato a quello di strutture non spingenti inserendo quattro coppie di tiranti in acciaio inox (Fig.11) collegati da una parte all'estremità del puntone e dall'altra alla saetta rompitratta.

Il puntone maggiormente degradato è stato mantenuto in opera inserendo un profilo a T in acciaio zincato all'interno di una fresata precedentemente predisposta longitudinalmente alla trave, a sua volta collegato con il già descritto sistema di tiranti.

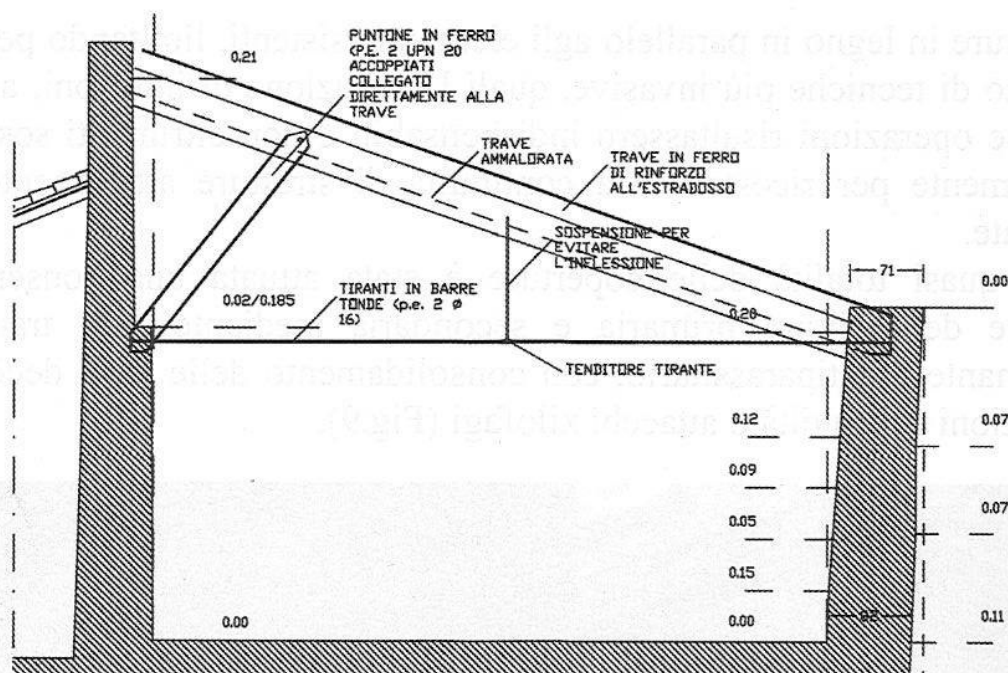


Figura 10 – Sezione ambiente a ovest del chiostro centrale - rinforzo puntone degradato

NOTE

- (1) Si ringraziano gli arch. Carlo Birrozzi e Fulvio Besana della Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio di Milano, responsabili per le attività diagnostiche sul Palazzo Besta e il Comune di Provaglio d'Iseo.
- (2) Nell'ambito del bando 2008 "Diffondere le tecnologie innovative per la conservazione programmata del patrimonio storico architettonico".
- (3) Il lavoro descritto risulta al momento attuale in fase di appalto e la sua esecuzione è prevista a partire dal settembre 2009.
- (4) Progetto di Restauro a cura di Arch. M.Abba, Arch. A.Pianazza, Ing. A.Paneroni, Ing. D.Foppoli. Lavori finanziati da Fondazione Cariplo nell'ambito del bando aperto: "Valorizzare il patrimonio culturale attraverso la gestione integrata dei beni".

BIBLIOGRAFIA

- [1] UNI 11119 lug.2004 Beni culturali; Manufatti lignei; Strutture portanti degli edifici – Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera
- [2] G. GALETTI, G. MULAZZANI (1983), Il Palazzo Besta di Teglio, ed. Banca Piccolo Credito Valtellinese
- [3] UNI 11035-2 feb.2003 Legno strutturale; Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza e i valori caratteristici per tipi di legnami strutturali italiani.
- [4] UNI 11138 nov.2004 Beni culturali; Manufatti lignei; Strutture portanti degli edifici – Criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione di interventi
- [5] C. MODENA, F. TEMPESTA, P. TEMPESTA (1997), Una tecnica a secco basata sull'uso del legno per l'adeguamento statico di solai in legno, L'Edilizia n. 11/ 12 novembre/dicembre 1997 pp. 22-32
- [6] E. PAGNONI (1999), Storia di un monastero. San Pietro in Lamosa di Provaglio d'Iseo, ed. Gruppo Editoriale Delfo.



*Tavola 1 – Ravello, Oratorio dell'Annunziata, la macchina d'altare.
(foto M. Montuori, 2008)*



Fig. 1 – Palazzo Besta: particolare dei pannelli in legno all'intradosso dei solai

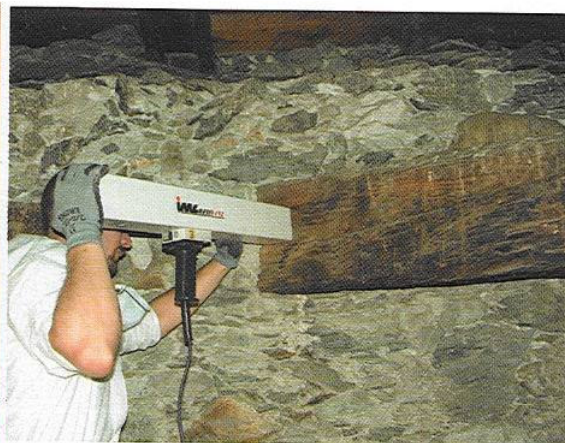


Fig. 2– Indagini con resistograph :

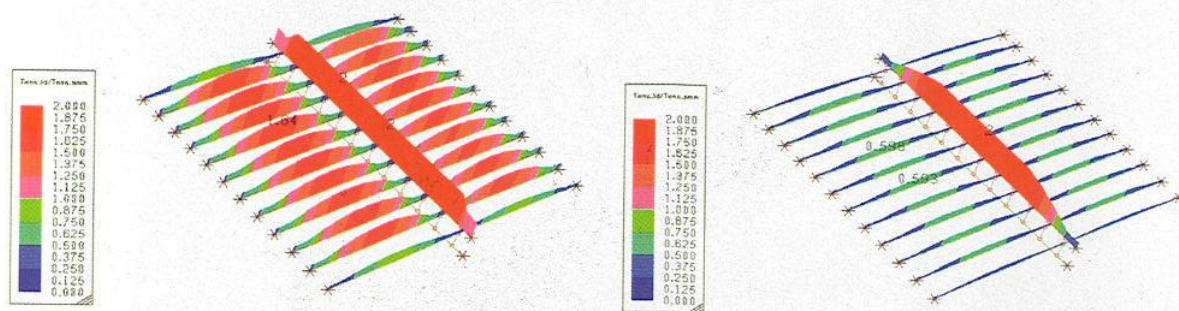


Fig. 3– Verifiche strutturali in differenti condizioni di carico: il colore rosso evidenzia gli elementi non adeguati

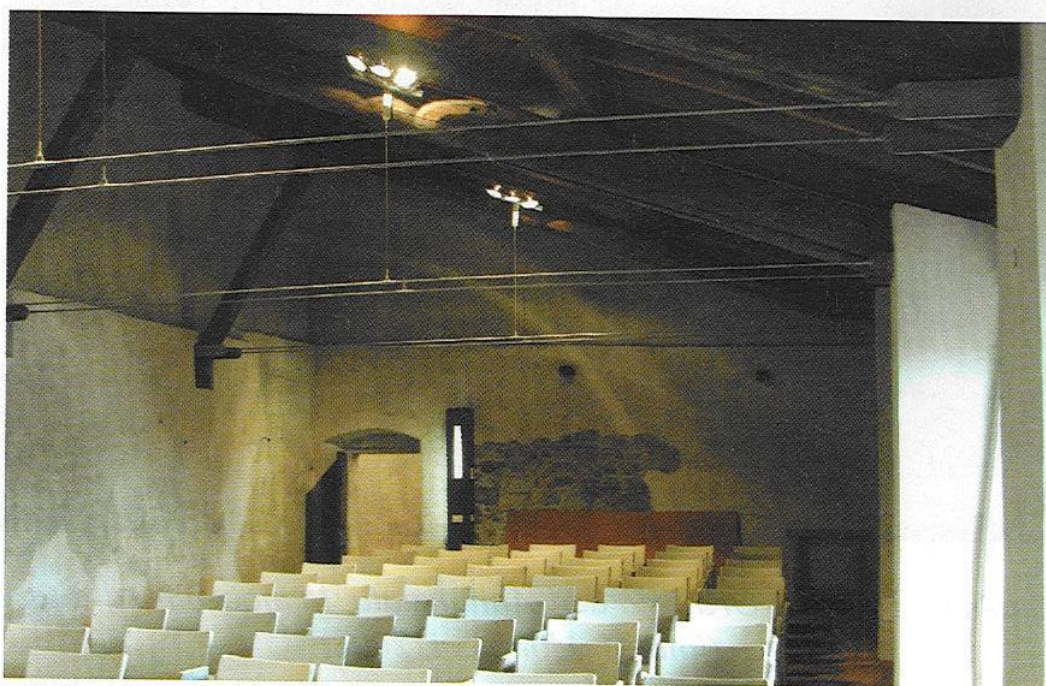


Fig. 4– S.Pietro in Lamosa – Provaglio d'Iseo (BS) – Restauro Copertura Sala Conferenze