

# Analisi e studio dei rinvenimenti nell'ambito di un intervento di manutenzione straordinaria dell'ex biblioteca di San Pietro in Vincoli in Roma

Giuseppe Rossi\*, Rosy Gioia\*\*, Felisiano Propato\*, Jessica Suanno\*

L'intervento in esame si configura quale manutenzione straordinaria di una piccola parte dell'edificio di San Pietro in Vincoli. In particolare l'area oggetto di interesse riguarda la biblioteca ubicata al piano secondo con accesso da detto piano attraverso una scaletta interna e con affaccio sul cortile interno allo stesso piano.

Lo studio è stato finalizzato al recupero, anche strutturale, di detto ambiente attraverso interventi localizzati atti a rimuovere le vulnerabilità puntuali riscontrate, ottimizzando, localmente, l'assetto strutturale, senza alterare il sistema strutturale globale, cercando, nell'ambito del consentito, di migliorare l'interazione di detto comparto con il complesso.

I lavori di manutenzione straordinaria hanno rappresentato una importante occasione grazie alla quale sono venuti alla luce interessanti elementi architettonici fino ad ora conservati al di sotto del pavimento in marmo rosso.

L'ambiente che ospita la Biblioteca affaccia direttamente sul terrazzo privato che si sviluppa lungo tutta la sottostante navata laterale sinistra della Basilica di San Pietro in Vincoli ed interessa soltanto le ultime due campate (figura 2).

Dal terrazzo si accede alla biblioteca, composta da tre vani, due dei quali di piccole dimensioni, attraverso un piccolo corridoio voltato a botte, sul quale si affacciano i due ambienti accessori, ossia un deposito libri

sulla destra ed un disimpegno sulla sinistra, collegato ai locali della Basilica mediante una scaletta interna.

La Biblioteca, con pianta rettangolare, in corrispondenza dell'ultima campata della navata laterale sinistra della Basilica sottostante, è sormontata da una volta a padiglione finestrata in sommità. L'intero ambiente nel complesso presenta un apparato decorativo caratterizzato da colori molto vivaci: blu, giallo oro, verde e rosso come il marmo della pavimentazione.

I lavori di manutenzione straordinaria (figure 3 e 4) hanno messo in luce importanti elementi architettonici, che grazie alla pavimentazione preesistente sovrastante, hanno mantenuto nel tempo la loro integrità.

Tali preesistenze, probabilmente, sono testimonianza delle diverse destinazioni d'uso che l'ambiente ha avuto nel tempo. Gli elementi architettonici rinvenuti in seguito alla demolizione della pavimentazione esistente riguardano un altare ed un antico condotto in travertino per lo smaltimento delle acque bianche.

Il primo rinvenimento riguarda l'altare in muratura sul quale poggiava il solaio in legno (figura 5) che copriva completamente uno spazio di piccole dimensioni posto ad una quota inferiore rispetto al piano di calpestio della biblioteca.

A tale quota inferiore era collo-



Figura 1 - Vista dall'interno con evidenziata l'area di intervento

cato un inginocchiatoio ligneo posto al di sotto di una grande finestra che mette in comunicazione la Biblioteca con la Basilica (figura 7). Rispetto all'intera finestra murata, con affaccio diretto sul transetto, soltanto una piccola apertura collocata nella parte superiore consentiva la partecipazione alle funzioni religiose (figura 6).

L'altro rinvenimento riguarda un condotto (figure 8 e 9) per il deflusso delle acque bianche, posto lungo tutta la parete sinistra dell'intero ambiente, costituito da grandi elementi lapidei in travertino, scanalati e modellati, collocati in loco, con molta probabilità in seguito alla realizzazione del terrazzo sovrastante l'intera navata laterale sinistra della Basilica.

Nel tempo l'intero condotto è stato protetto da un involucro in muratura, sul quale poggiava direttamente il solaio ligneo (figura 8).

Data l'importanza dei rinvenimenti architettonici su descritti, in fase di progetto si è ritenuto opportuno intervenire reinserendo funzionalmente nel contesto della Biblioteca l'altare riportandolo al suo aspetto originario, come evidente in figura 11.

Gli elementi in travertino costituenti il condotto sono stati completamente rimossi dall'ambiente interno, portati sul terrazzo esterno e collocati su mensole in acciaio (figura 12).

La rimozione del pavimento preesistente in marmo rosso ha messo a nudo un sottostante solaio in legno (figura 13) risalente ad un precedente intervento realizzato nel passato.

L'impalcato, realizzato, evidentemente, per migliorare la distribuzione dei carichi sulla volta sottostante, di fatto, ha "scaricato" la stessa in corrispondenza delle reni, sovraccaricandola in chiave, causando una evidente alterazione nel comportamento statico tipico dell'arco diagonale, cui ha fatto seguito un quadro fessurativo conseguenziale alla parzializzazione della sezione reagente. La realizzazione del nuovo

impalcato ha comportato la rimozione del materiale di riempimento della volta; in tal modo quest'ultima è stata alleggerita in corrispondenza delle reni ma sovraccaricata in chiave, poiché il solaio in legno da un lato poggiava sulla muratura perimetrale, dall'altra direttamente sulla chiave della volta (figure 13 e 14).

La variazione del regime delle spinte ha alterato il comportamento statico della volta nonché la sua stabilità, la quale è garantita da una curva delle pressioni contenuta nello spessore dell'arco che rappresenta l'ossatura della volta; in tal modo la sezione trasversale sarà soggetta a sforzi di compressione e quindi totalmente reagente.

La stabilità dell'arco viene assicurata sia dalla forma curvilinea dello stesso, sia da elementi strutturali in grado di contrastare e reindirizzare le spinte laterali verso il basso.

Nel caso in esame, prima della realizzazione del nuovo impalcato, l'elemento che contrastava le spinte laterali era il rinfianco, il quale oltre ad essere realizzato al fine di creare un piano di calpestio sopra l'estradosso, assolveva alla funzione di contrastare le spinte laterali dovute al peso, favorendo la stabilità dell'arco e quindi una curva delle pressioni interna allo spessore.

Una variazione sul regime delle spinte, come nel caso in esame legata alla rimozione di parte del materiale di riempimento ed alla concentrazione di sollecitazioni in chiave, ha comportato una variazione della curva delle pressioni generando nella sezione tensioni di trazione a cui il concio non è in grado di resistere, con conseguente parzializzazione della stessa e formazione di cerniere plastiche ovvero lesioni.

Il quadro fessurativo riscontrato ha evidenziato lesioni sull'estradosso delle reni, laddove si sono formate cerniere plastiche a seguito dell'insorgere delle tensioni di trazione.

Il supporto tecnico di quanto affermato è stato ottenuto mediante una modellazione FEM di un arco elementare



Figura 2 - Ingresso principale alla Biblioteca



Figura 3 - Fasi di demolizione della pavimentazione preesistente con gli elementi architettonici rinvenuti

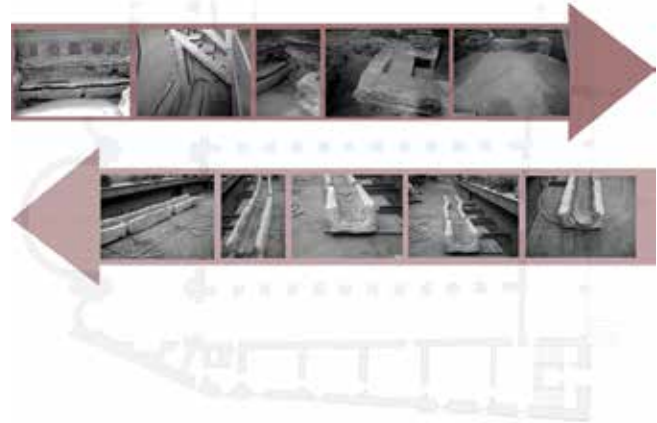


Figura 4 - Fasi di demolizione della pavimentazione preesistente con gli elementi architettonici rinvenuti

avente spessore 30cm e proprietà meccaniche tipiche della muratura esaminata. Sono state condotte analisi statiche non lineari facendo crescere il sovraccarico accidentale, confrontando il caso "Volta Carica" in cui è presente il materiale di riempimento ed i carichi sono distribuiti lungo tutto lo sviluppo della volta, con il caso "Volta Scarica" in cui è assente il materiale di riempimento alle reni ed i carichi sono concentrati sulla chiave (figura 15).

La figura 16 mostra come il caso di "Volta Scarica" favorisce il cinematisimo con formazione delle tre cerniere plastiche, di cui le due alle reni con apertura delle fessure estradosali; per

lo stesso step di carico, invece, il caso di "Volta Carica" mostra che ancora l'arco è totalmente compresso, per cui il cinematisimo evidenziato nel caso A è ancora lontano, il che dimostra il miglior comportamento strutturale del caso B rispetto a quello A.

Poiché non era possibile intervenire dall'intradosso e ricordando che si tratta di un intervento di rafforzamento locale per cui necessita non alterare masse e rigidità che possono modificare il comportamento globale dell'opera, si è intervenuti applicando due strati di fibra di carbonio all'estradosso della volta, disposti secondo quando indicato in figura 17: la funzio-



Figura 5 - Rimozione del solaio ligneo



Figura 6 - Affaccio alla Basilica



Figura 7 - Altare coperto della pavimentazione preesistente in marmo rosso



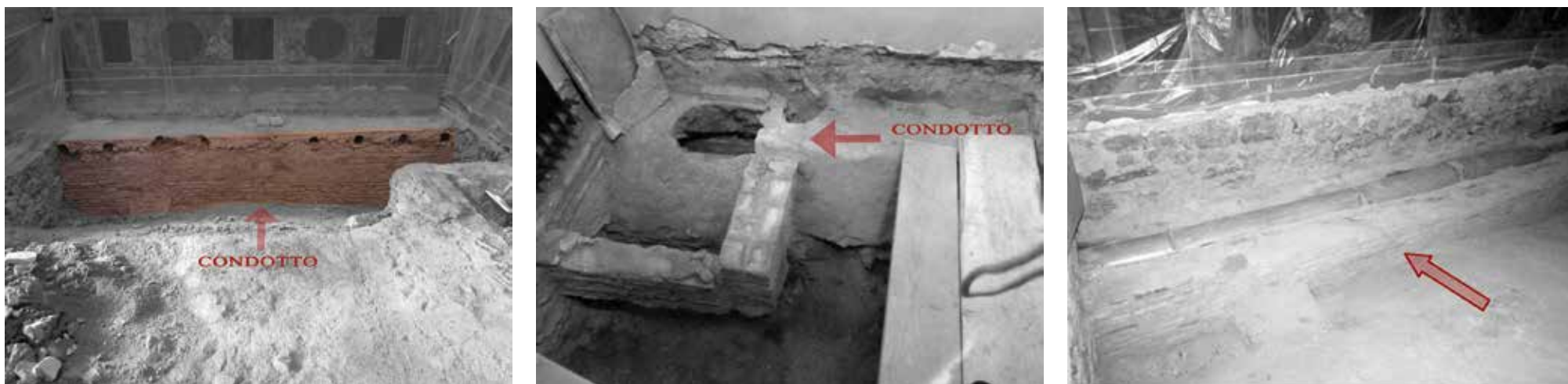


Figura 8 - Da sinistra, Altarino coperto della pavimentazione preesistente in marmo rosso e condotto in travertino posto al di sotto del pavimento

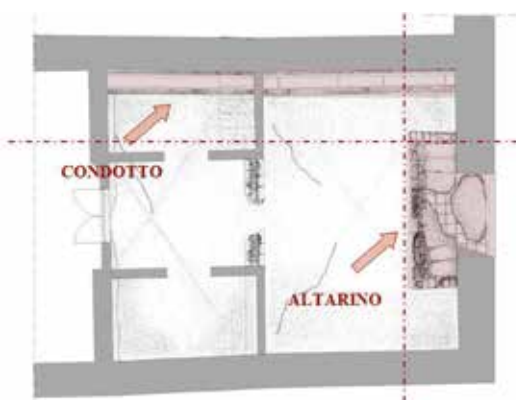


Figura 9 - Pianta della Biblioteca con evidenziati in rosso i rinvenimenti architettonici nell'ambito di un intervento di manutenzione straordinaria

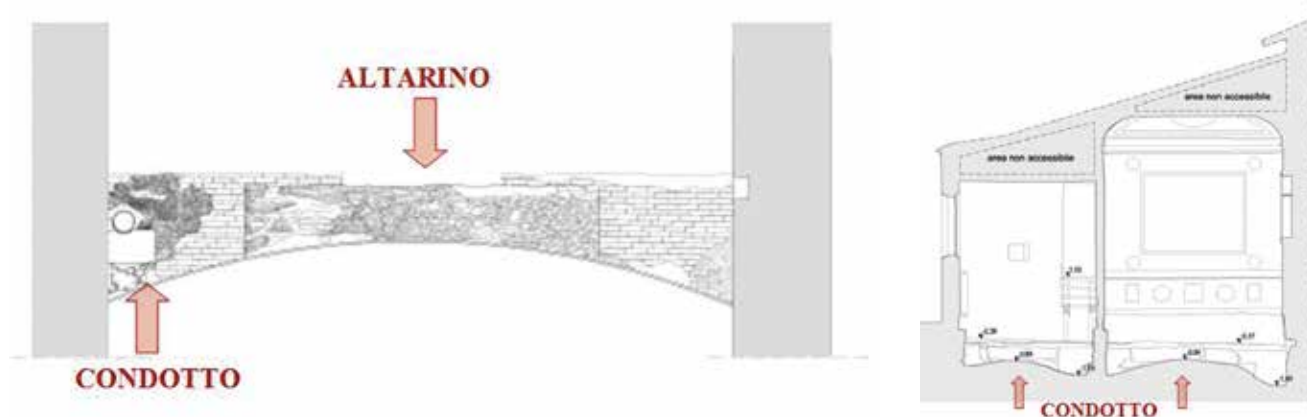


Figura 10 - Sezioni della Biblioteca con evidenziati l'altarino in pietra e la sezione del condotto

ne è quella di avere un materiale reagente a trazione, così da impedire la formazione delle cerniere alle reni, aumentando il moltiplicatore dei carichi fino al raggiungimento di un nuovo cinematiso con rottura a compressione della muratura. Come si vede dalla Fig.18, relativo ad uno step di carico superiore di circa il 17% rispetto a quello ultimo relativo allo

stato attuale (caso A di figura 16), le fibre di carbonio alle reni reagiscono a trazione permettendo così l'incremento del moltiplicatore dei carichi fino al valore in corrispondenza del quale si raggiunge la deformazione ultima della muratura a compressione.

Il consolidamento con le fibre sfrutta la resistenza a trazio-

ne del materiale, infatti la porzione di volta interessata dall'applicazione del nastro assume le caratteristiche di una sezione mista in cui le tensioni di compressione sono assorbite dalla muratura, le tensioni di scorrimento tra muratura e nastro dalla resina, mentre quelle di trazione sono assorbite dal nastro. Si tratta, quindi, di un intervento di consolidamento

passivo, ovvero il rinforzo non è chiamato in causa, se non quando si verificano ulteriori deformazioni sulla struttura. L'applicazione di materiali compositi fibrorinforzati, ha voluto sia chiudere le lesioni presenti, sia aumentare la resistenza del sistema voltato, ovvero contrastare la formazione di cerniere e, quindi, impedire l'innescio della fessurazione. In tal modo,

nel momento in cui nasceranno sollecitazioni di trazione sulla volta, il nastro in fibra reagirà alla sollecitazione, opponendosi, quindi, alla formazione della cerniera. Per tale motivo lo strato di fibre è stato applicato, potendo agire solo sull'estradosso della volta, in corrispondenza degli archi diagonali e perimetrali per migliorare il comportamento sta-

tico senza, peraltro, modificare la rigidezza del sistema, nonché la geometria che continuerà ad avere il suo aspetto originale.

\*Ingegnere, Planningworkshop s.r.l.  
\*\*Architetto, Planningworkshop s.r.l.



Figura 11 - Recupero dell'altarino



Figura 12 - Elementi in travertino scanalato



Figura 13 - Solaio in legno

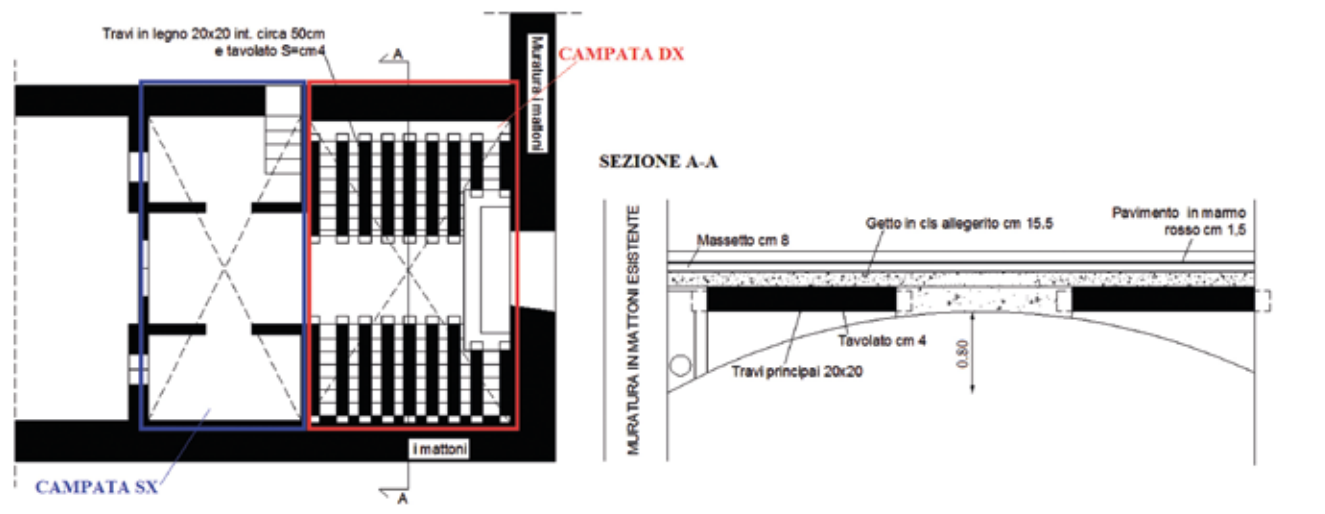


Figura 14 - Schematizzazione solaio oggetto di intervento - Stato attuale

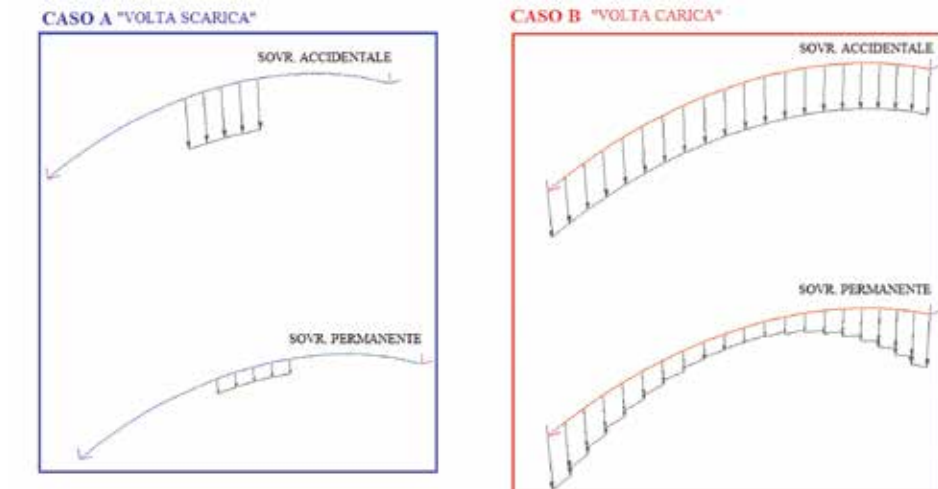


Figura 15 - Modello FEM arco elementare - Distribuzione delle azioni

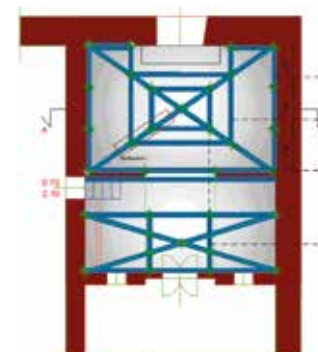


Figura 17 - Intervento di rafforzamento locale sulla volta - applicazione di fibre di carbonio

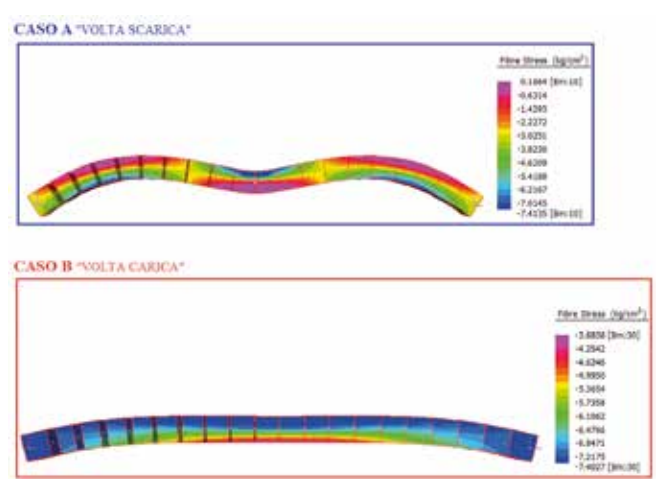


Figura 16 - Confronto deformato e stato tensionale casi A e B per lo stesso step di carico

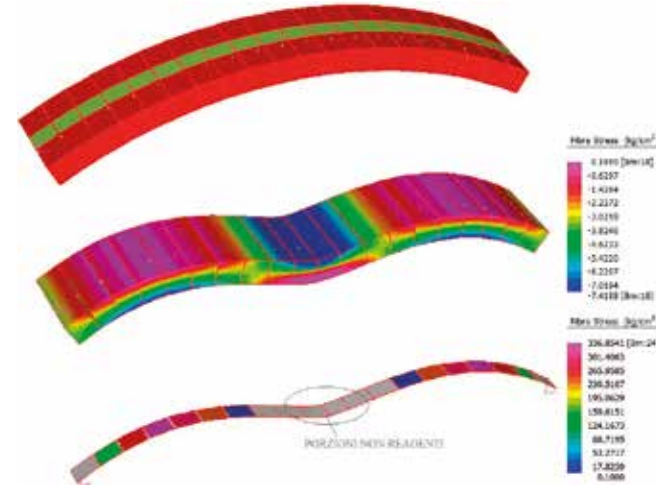


Figura 18 - Deformato e stato tensionale arco elementare con applicazione FRP all'estradosso