

## IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE FORTIFICATE

Lorenzo Jurina, Politecnico di Milano  
[www.jurina.it](http://www.jurina.it)

### Premessa

La conservazione dei complessi castellani spesso è più difficoltosa di come può apparire ad una prima analisi; la stratificazione che hanno subito durante i secoli, le modifiche che l'uso ha imposto, l'abbandono, rendono notevolmente fragili anche le costruzioni nate per resistere ai secoli. La stessa articolazione, differenza tipologica e costruttiva delle varie parti costituenti i complessi rappresenta un nodo problematico per la conservazione.

Difficilmente, inoltre, un castello giunge a noi secondo il suo progetto originario, non solo, con ogni probabilità più è antico e più ci giungerà trasformato. Questo si spiega facilmente con le diverse metodologie difensive che nei secoli si sono susseguite e che hanno imposto, spesso, sostanziali modifiche nell'architettura di difesa, pensiamo alle differenze dell'architettura delle fortificazioni medievali rispetto a quelle moderne. Anche nel caso di strutture che non avevano come prerogativa principale la difesa, assistiamo di continuo a grossi rifacimenti dovuti al cambiamento del gusto ed alle diverse esigenze di rappresentanza.

La conseguenza diretta di queste variazioni è spesso ben visibile, altre volte invece è meno evidente, e solo dopo un tempo considerevole diventa manifesta.

Cambiamenti di funzione possono aggravare i carichi che solai, volte e murature sostenevano, oppure demolizioni e ricostruzioni possono far variare notevolmente la geometria delle strutture, quasi mai ottenendone un miglioramento. Nuove costruzioni addossate e non ammorsate alle esistenti possono provocare entrambi i danni con la possibile aggravante della messa in opera con tecnologie nuove di materiali diversi, i quali si comportano in maniera differente alle sollecitazioni.

Nei casi in cui tutto questo non si verifichi, ma si decida di riutilizzare la struttura destinandola a nuove funzioni, si presenta frequentemente la necessità di controllare e mettere "in sicurezza" il complesso o, se non altro, la parte investita dal progetto; necessità che è ancor più sentita se il progetto prevede, come quasi sempre succede nel caso di questi edifici, l'apertura al pubblico.

*Geometria, materiali e carichi* sono i parametri meccanici che caratterizzano l'edificio ed è su questi che si potrà intervenire con modifiche che coinvolgano vuoi la resistenza, vuoi la rigidità dell'insieme. La tendenza più diffusa tra i progettisti è quella di proporre modifiche alla geometria o ai materiali, ma è facile verificare che molto spesso proposte di modifica ai carichi sarebbero più facili ed efficaci da realizzare.

L'approccio richiesto ai progettisti strutturali è dunque quello di una *specificità* dell'intervento, il quale, in definitiva, va pensato adattato al singolo edificio con un atteggiamento che implica interdisciplinarietà, verifiche incrociate, scientificità nell'approccio ed una dose di creatività.

L'intervento di consolidamento allora deve manifestarsi a chi lo vuole vedere ma deve rimanere in sottotono per chi privilegia l'immagine precedente; deve dichiararsi come contemporaneo ma non contrastare con la materia e con la tipologia dell'esistente, deve potersi rimuovere con la minima perdita di materiale, colore e tessitura originale. Un intervento di buon gusto, un intervento unico e singolare, come singolare è la struttura cui si affianca, ma che contemporaneamente sia poco costoso, sia facile da montare e smontare e di cui sia agevole la manutenzione.

Alcuni dei casi illustrati di seguito esemplificheranno questo discorso, dando un riscontro materiale a questa premessa. Essi rappresentano una personale traduzione "nel mondo del reale" dell'idea di consolidamento strutturale, progettazione e reversibilità, cui mi ispiro con tutti i limiti ed i compromessi impliciti in ogni traduzione.

## Castello Visconteo: torre sud-ovest, Pavia

Agli inizi del '900 la Torre Sud-Ovest del grande edificio del 1500 costruito a Pavia dalla famiglia dei Visconti presentava un notevole degrado, con fessurazione e depressioni significative della grande volta a vela del primo piano. Nel 1925, su progetto dell'Annoni, è stato completamente rimosso il materiale di rinfiacco e di pavimento lasciando alla volta il solo compito di sopportare il peso proprio. Al di sopra della volta è stato realizzato un solaio in c.a., irrigidito da travi di nervatura incrociate ogni 200 cm circa, allo scopo di reggere i carichi accidentali. Per maggior prudenza (così almeno sembrava!) la volta in muratura era stata appesa al solaio in c.a. mediante venti barre metalliche, di lunghezza variabile tra 300 e 1500 mm e diametro di 30 mm.

Nel 1995 si era proceduto a realizzare la pavimentazione sul solaio rimasto al rustico per molti anni. Pochi mesi dopo il pavimento si è improvvisamente sollevato, fessurandosi in modo vistoso. L'ipotesi diagnostica formulata è che si fosse manifestato un cedimento viscoso del solaio in c.a. sottoposto a carichi permanenti di notevole entità che, abbassandosi, aveva chiamato ad una funzione strutturale il pavimento stesso, sottoponendolo a un "carico di punta" nel suo piano. A riprova di questa ipotesi, una ispezione del vano compreso tra la volta e il solaio, ha rivelato che una parte dei 20 tiranti metallici "di sicurezza" si erano instabilizzati per carico di punta e quindi, una parte del solaio in calcestruzzo veniva a gravare sulla volta sottostante.

La prima operazione è stata quella di modificare il vincolo superiore dei tirantini di sicurezza posti in opera a collegamento tra la soletta e la sottostante volta, trasformandolo da "cerniera" a "carrello monolatero". In questo modo si è consentito loro di lavorare solo a trazione e non a compressione.

La seconda operazione ha comportato la realizzazione di una struttura di contrasto in tiranti di acciaio inox inserita nello spazio libero tra volta e solaio. Il problema da superare era rappresentato dall'esiguo spazio (soli 27 cm) esistente in chiave tra la volta ed il solaio, che non consentiva di introdurre strutture di sufficiente altezza strutturale.

Si è quindi posto in opera un tirante a forma di "anello ottagonale" di diametro 500 cm circa, in barre di acciaio inox, posto concentricamente alla volta ma ad una quota inferiore alla chiave, verso cui convergono otto tiranti inclinati provenienti dai bordi superiori del solaio in c.a.

Dai vertici dell'anello ottagonale sorgono poi otto puntoni verticali telescopici, sempre in acciaio inox, che trovano contrasto superiormente sul solaio in c.a.

Un'adeguata regolazione delle spinte applicate dai puntoni telescopici ha consentito di trasferire il 70% del peso permanente del solaio alla nuova struttura in acciaio, lasciando al più rigido solaio in c.a. il compito di assorbire i carichi accidentali di breve durata.



Figura 1. Consolidamento della volta, progettato da Annoni (1925), tramite grigliato in c.a. I forti carichi permanenti hanno dato origine a fenomeni di cedimento viscoso

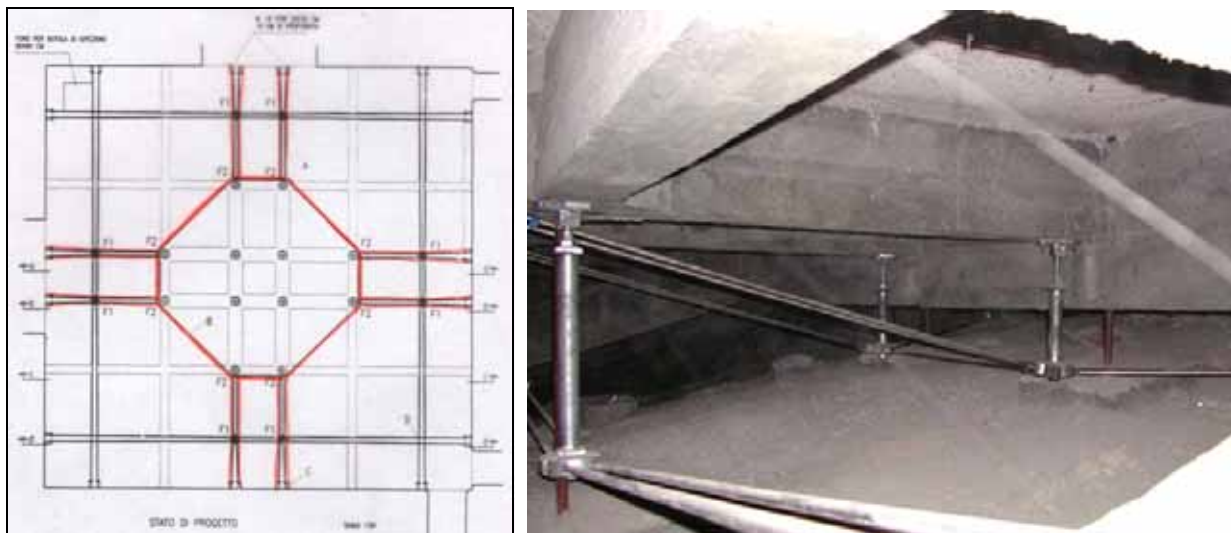


Figura 2. a) Schema del posizionamento delle nuove barre e “dell’anello ottagonale”. b) Particolare dei punti telescopici e delle barre

### Castello Visconteo: torre sud-est, Pavia

I lavori di sistemazione della copertura hanno evidenziato come l’orditura lignea principale fosse sottodimensionata rispetto ai prevedibili carichi di esercizio.

Le travi lignee della copertura sono state rinforzate mediante l’aggiunta di tiranti di piccolo diametro posti inferiormente a collaborare con la struttura esistente. Il tesaggio di questi elementi è garantito dalla presenza di alcune aste telescopiche. A creare una sorta di cerchiaggio per la muratura perimetrale sono state poste in opera, su due livelli, delle tirantature (esterne alla muratura per la maggior parte del loro sviluppo). La soluzione proposta, per mantenere un buon ammassamento tra le murature perimetrali, ha previsto anzitutto lo sfruttamento delle “buche pontae” che interessano le pareti della torre: al loro interno, senza praticare perforazioni addizionali, sono stati disposti dei tiranti attivi che comprimono orizzontalmente la parete a sacco della torre, per creare un confinamento laterale favorevole. Per consolidare la sottostante volta, invece, si è utilizzata la tecnica dell’“arco armato”

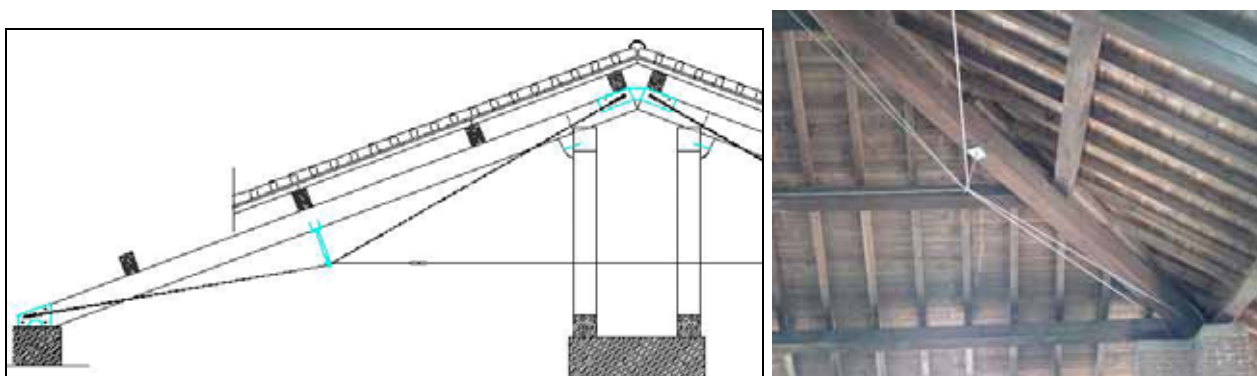


Figura 3. a) Schema indicante il posizionamento dei tiranti e delle aste telescopiche; b) vista dell’ intervento realizzato

## Castello Mediceo, Melegnano (Milano)

Si trattava di ripristinare un sufficiente margine di sicurezza per le volte di alcune sale del castello Mediceo di Melegnano, nei confronti di un previsto uso pubblico.

La possibilità di ispezionare le parti nascoste ha messo in evidenza che la sostituzione effettuata nel passato delle catene lignee estradossali con catene metalliche posizionate alla quota di imposta della volta a padiglione, in numero inferiore rispetto alle originarie, non ha consentito il totale ripristino della capacità portante della volta e quindi della sua sicurezza.

Ciò è dovuto anche dalla permanenza delle catene lignee che intersecano la volta, interrompendone la continuità facendone diminuire la resistenza. Queste ultime sono state lasciate in opera dopo la loro dismissione strutturale. Questo fatto ha creato una sorta di **giunto** continuo tra varie porzioni contigue di volta che purtroppo non funzionano più in regime di monoliticità.

Tra porzione e porzione di volta viene così a crearsi una sconnessione che lascia sostanzialmente indipendenti le varie porzioni, ad affrontare i carichi che su di esse agiscono. La circostanza evidenziata è maggiormente importante nelle volte a “padiglione” che si comportano approssimativamente come due archi tra loro perpendicolari che vanno da parete a parete. A seguito della sconnessione indotta, uno dei due archi di scarico non può formarsi e quindi non collabora al sostegno dei carichi, siano essi pesi propri o pesi accidentali.

L'intervento ha previsto la ricostruzione della monoliticità della volta a padiglioni mediante demolizione a fasi alterne (cantieri di piccole dimensioni) della catena lignea e sostituzione con nuova muratura ammorsata a quella esistente. Prima di questa operazione è stato, però, necessario provvedere alla messa in sicurezza della struttura. Questa usualmente viene fatta dal basso. Una serie di ragioni contingenti ha, tuttavia, impedito questa possibilità. La puntellazione è stata realizzata operando nel locale soprastante alla volta, mediante utilizzo di funi in acciaio a formare una “catenaria” dalla quale pendono tiranti sub-verticali che attraversano le volte e le sostengono mediante l'utilizzo di un graticcio di ripartizione. Il contrasto orizzontale alle spinte esercitate dalla catenaria viene fornito dalle travi del solaio di sottotetto, in prossimità delle quali le catenarie si ancorano.

Per aumentare la portanza e la sicurezza delle volte è stata proposta una particolare tecnica di intervento che utilizza una serie di cavetti in acciaio inox estradossali, tra loro perpendicolari, secondo la tecnica definita dell' “arco armato”.

Questi cavetti sono collegati alle murature laterali con un sistema di barre filettate, redance, grilli, golfari, sempre in acciaio inox, e sono messe in trazione mediante un sistema di tenditori.

La volta risulta così sostanzialmente sollecitata da carichi radiali che ne aumentano lo stato di compressione, rendendola maggiormente resistente alla presso-flessione indotta dai carichi accidentali e soprattutto da quelli non simmetrici.

Questa tecnica ha consentito di raggiungere risultati uguali o superiori a quelli ottenibili con gli interventi tradizionali (cappa superiore in calcestruzzo collaborante), ma con modalità e rispetto della realtà materica e costruttiva dell'esistente del tutto differenti, dovuti alla sua limitata invasività.

La versatilità di impiego dell'acciaio, la sua resistenza e la durabilità propria dell' **inox**, ne fanno un sistema leggero, reversibile, poco invasivo, manutenibile con facilità e controllabile nel tempo (tesatura progressiva dei tiranti).

Sono così perseguibili tutti quegli obiettivi che debbono condizionare tutte le fasi di intervento sul costruito, anche l'intervento di consolidamento, fase che in molti casi rischia di rappresentare un momento di danneggiamento e perdita della realtà storica dell'edificio.

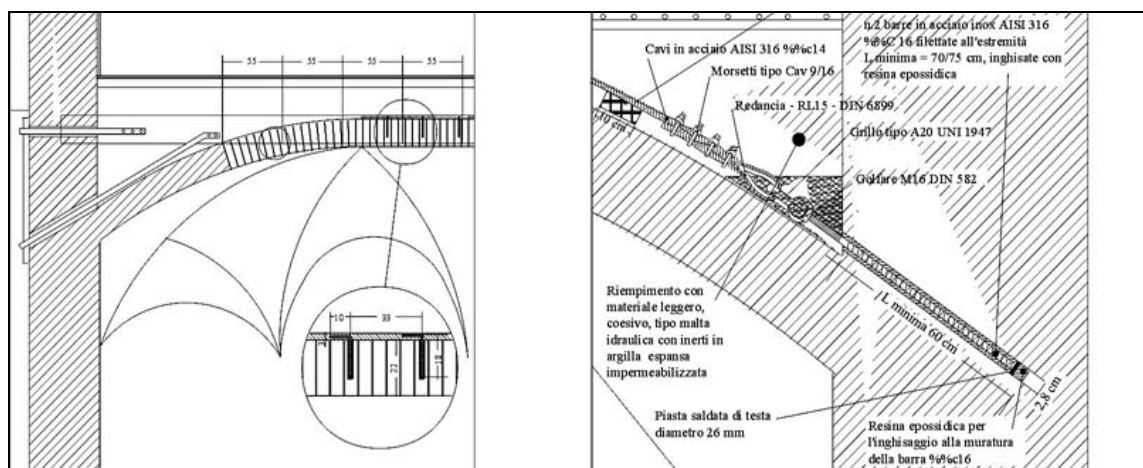


Figura 4. Intervento di consolidamento sulle volte del Castello Mediceo di Melegnano e opere provvisionali di messa in sicurezza

### Castello di Trezzo d'Adda (Milano)

La necessità di garantire la sicurezza di un maschio murario isolato presente all'interno del castello, in previsione di un ampliamento del suo uso, richiedeva una soluzione economica e provvisoria di messa in sicurezza che consentisse di utilizzare anche successivamente gli spazi nelle vicinanze dell'elemento stesso.

Si è optato per un intervento particolarmente semplice, costituito da una doppia serie di "stralli" diagonali incrociati che controventano la parete sui due fronti. La presenza di buche pontai che attraversano la parete, anche in questo caso, facilita la posa dei cavi ed il loro ancoraggio reversibile alla muratura. La soluzione sopra proposta, che usa cavi "strallati" di esiguo spessore resistenti a trazione, è sostanzialmente trasparente nel senso che consente di non perdere la visione di assieme del monumento.



Figura 5. Il maschio murario prima e dopo l'intervento.





Figura 6. a) Schizzo preliminare di progetto; b) Dettagli dei tiranti di strallatura.

### Mastio del Castello di Montorio (Varese)

Una cerchiatura esterna “sui generis” ed un contemporaneo rinforzo a flessione è stato proposto per il consolidamento dei beccatelli fessurati del mastio.

Questi elementi costruttivi servivano originariamente da mensole di sostegno delle merlature difensive della torre e sono oggi in procinto di collassare a causa delle operazioni di demolizione violenta di queste sovrastrutture avvenute nel passato e della successiva azione disgregante della pioggia e soprattutto dei fulmini che hanno provocato lesioni diffuse, sia longitudinali che trasversali all’asse, con crollo dell’elemento in almeno quattro casi.

Scartata l’idea di sostituire gli elementi danneggiati e scartata anche la soluzione di una cucitura armata interna con barre metalliche, troppo rischiosa stanti le condizioni della pietra stratificata, si è optato per una soluzione esterna che comporta l’uso di un tirante disposto sopra al beccatello, una sorta di “briglia” che, collegata alla muratura, collabora a sopportare gli sforzi dovuti al momento flettente provocato dal peso dell’elemento.

La briglia ha una seconda funzione che è quella di “cerchiare” il blocco in pietra opponendosi, almeno parzialmente, alla apertura delle fessure longitudinali esistenti, contribuendo così a mantenere la monoliticità del blocco medesimo.

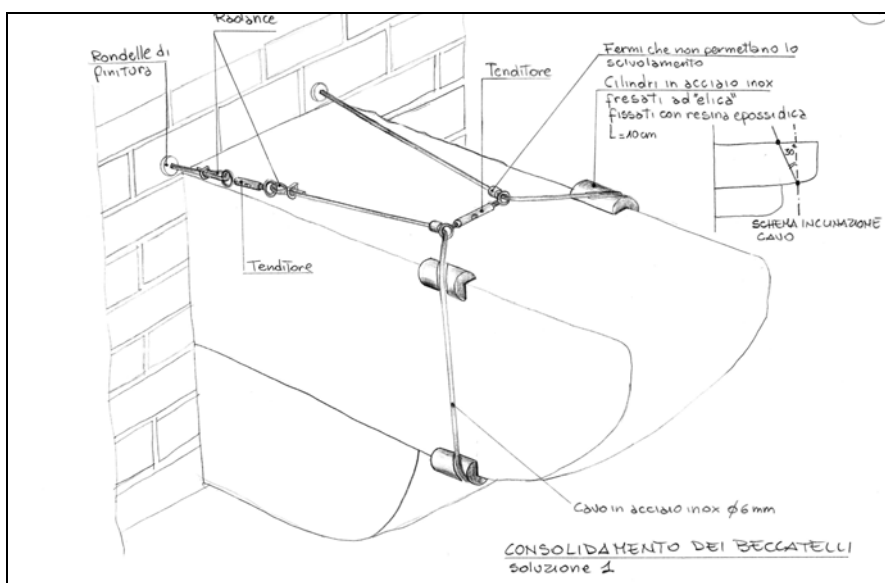


Figura 7. “Briglia” in cavo inox a sostegno e cerchiatura dei beccatelli in pietra del Castello di Montorio, a Verona

## Castello della Manta (Cuneo)

Nel corridoio delle grottesche, la volta presenta una grave situazione di dissesto e di divaricazione dovuta alla spinta orizzontale della volta ribassata, priva di catene. Da notare il fatto che la volta è di sottotetto ed è priva di rinfiacco. L'assenza di catene all'imposta della volta fa sì che i muri tendano ad allontanarsi tra loro creando una sorta di cerniera cilindrica in chiave. La parete che appare maggiormente soggetta alle forze trasmesse dalla volta è quella di minore spessore, che affaccia verso l'esterno del complesso, e che è meno vincolata da elementi di contorno. Un sopralluogo effettuato sull'estradosso ha rilevato che le catene lignee delle capriate di copertura sono parzialmente inglobate nella volta e che su di esse poggia una trave di epoca più recente che corre in senso longitudinale. Tale trave è stata in passato collegata alla volta attraverso numerosi ganci metallici, nell'ingenuo tentativo di "sospenderla" dall'alto.

Tutte queste considerazioni hanno determinato la scelta di intervenire solo nella zona estradosale della volta. Per quanto riguarda la stabilità locale si è progettato di opporre un contrasto alle forze orizzontali mettendo in opera alcune **"graffette metalliche"** estradosali.

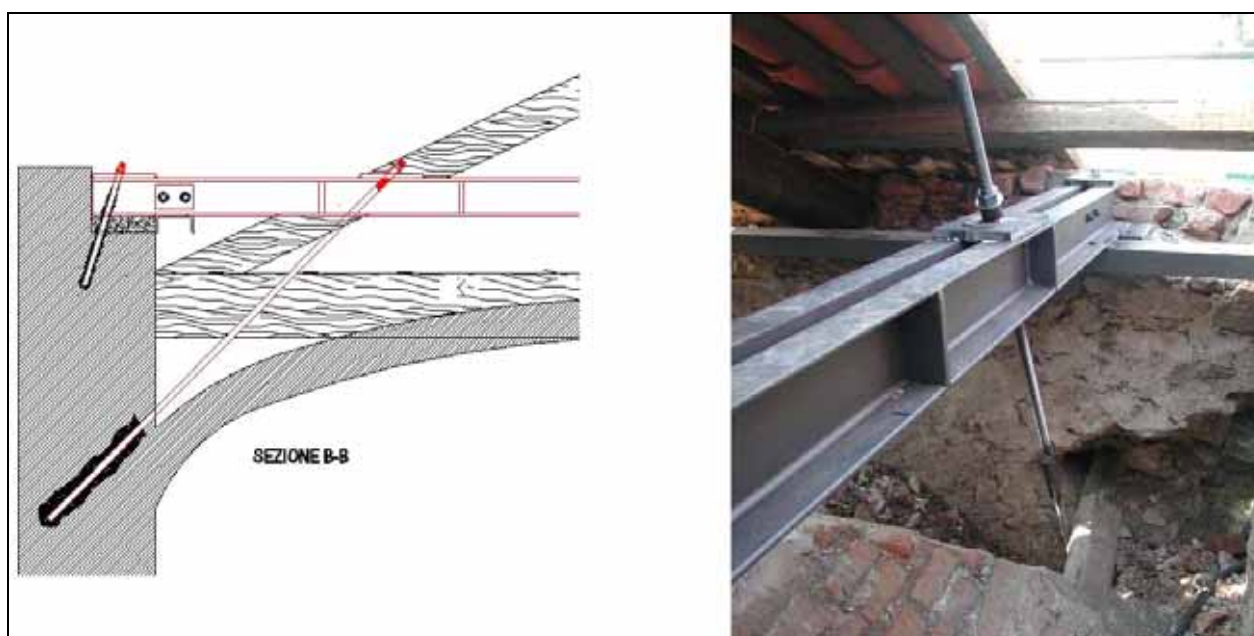


Figura 8. Particolare della "graffetta metallica" estradosale di contrasto alla spinta della volta.

## Una nuova soluzione per il consolidamento degli archi: "l'arco armato"

Gli interventi di consolidamento su archi e volte in muratura rappresentano un tema di difficile soluzione nel restauro degli edifici storici. Ciò è dovuto in parte alla progressiva perdita di conoscenza tecnica su questo argomento ed alla obiettiva difficoltà di operare nel rispetto delle preesistenze in contesti importanti e spesso vincolati.

La rinnovata sensibilità di questi ultimi anni per un approccio conservativo al restauro strutturale richiede ai progettisti nuove ed affidabili proposte di intervento e ciò ha ridestato un interesse per l'argomento che non è solo teorico. Gli eventi sismici, che ad intervalli purtroppo frequenti interessano il patrimonio edilizio storico, hanno evidenziato inoltre come interventi poco riguardanti del contesto possano portare ad un incremento della vulnerabilità, invece che ad una sua riduzione.

Risulta necessario individuare e sperimentare tecniche in cui le nuove strutture si pongano *"in parallelo"* alle strutture esistenti, limitandosi a collaborare con queste senza sostituirle, e che assieme incrementino la resistenza e la duttilità globale, senza indesiderate modifiche nella distribuzione delle masse e delle rigidezze.

Nelle patologie più frequenti sugli archi e le volte si evidenziano per lo più lesioni concentrate in pochi punti, assimilabili a vere e proprie “*cerniere*” strutturali, che, quando superano il numero di tre, generano un meccanismo di collasso. La struttura, che in origine è tre volte iperstatica, si trasforma in un cinematismo ad uno o più gradi di libertà, con conseguente crollo.

Molte sono le tecniche finora adottate nel consolidamento degli archi e volte: l’uso di catene di contrasto alle imposte, l’uso di rinfianchi posti alle reni, il getto di una cappa collaborante in cemento armato all’estradosso delle volte. L’esperienza tuttavia ha dimostrato che l’applicazione di queste tecniche di intervento, a fronte della loro efficacia in termini di sicurezza, molto spesso comporta implicazioni tali da alterare, o addirittura snaturare, la realtà strutturale e costruttiva dell’arco.

Non vanno trascurati inoltre i cosiddetti “effetti collaterali”:

- il forte carattere di invasività delle soluzioni con rinforzo dei piedritti o con l’uso di catene intradosali,
- la dannosità sulle strutture verticali e sulle fondazioni di incrementi di peso per l’aggiunta di rinfianchi, nonché le notevoli controindicazioni della loro presenza e della loro massa in caso di eventi sismici,
- l’irreversibilità della tecnica con cappa collaborante in cemento armato, nonché i relativi problemi relativi alla traspirabilità della muratura.

E’ necessario allora proporre e sperimentare sistemi alternativi, meno invasivi e capaci di adattarsi ai singoli casi. Negli anni passati l’autore ha proposto e sperimentato una tecnica originale, denominata “arco armato”, che consente di consolidare archi e volte in muratura con un minimo apporto di nuovo materiale, e che comporta la semplice aggiunta di cavi metallici post-tesati posti in aderenza alla muratura.

L’obiettivo dell’intervento di consolidamento (analogo peraltro a quello che a suo tempo si era proposto il progettista originario) è quello di ottenere *la massima corrispondenza* tra forma d’asse dell’arco e curva delle pressioni, o per lo meno di ridurne l’eccentricità a valori minimi e comunque contenuti nello spessore strutturale. La tecnica proposta tende ad ottenere tale corrispondenza non mediante invasive modifiche apportate alla geometria ma mediante l’aggiunta di nuove forze che modifichino quella già agenti e la loro distribuzione.

Se si fosse in grado, lungo lo sviluppo dell’arco, di impedire l’apertura di almeno una tra le due famiglie di cerniere (tutte quelle di estradosso oppure tutte quelle di intradosso) nella struttura non si potrebbero formare alcun meccanismo con cerniere alternate. La struttura, originariamente continua, potrebbe al massimo degradarsi ad “arco a tre cerniere”, di cui due al piede ed una in campata, che staticamente è ancora efficiente.

La soluzione più semplice per ottenere questo risultato è rappresentata da *una armatura “passiva” diffusa e resistente a trazione*, ad esempio una membrana applicata su un lato della volta, all’estradosso, oppure, in modo duale, all’intradosso.

Se invece di limitarsi ad un semplice accostamento tra muratura ed armature passive si adottano cavi posti in trazione (facendoli funzionare da “*tiranti attivi*”) si ottiene una distribuzione di forze applicate sull’arco in direzione radiale, il che provoca una benefica compressione assiale e, di conseguenza, la centratura della curva delle pressioni.

Per realizzare una adeguata “forzatura” tra le funi e l’arco (mediante coazioni imposte che inducono una trazione nelle funi ed una contemporanea compressione nell’arco) è sufficiente fissare le funi agli estremi dell’arco ed allontanarle dall’estradosso mediante cunei o distanziatori a vite, uniformemente ripartiti. Analogo risultato si ottiene con comuni tenditori, posti ad esempio alle estremità dei cavi, a patto di consentire lo scorrimento tra il cavo e la muratura lungo la linea di contatto.



E' interessante notare ancora che nel caso di archi particolarmente deformati la *tecnica attiva* sopra proposta consente di applicare carichi distribuiti anche in modo non uniforme sulla struttura in mattoni.

E' sufficiente infatti mantenere il cavo separato dalla muratura e forzare maggiormente la fune, e di conseguenza il sottostante arco, dove sia presente un maggiore imbozzamento

In altre parole, al posto di modificare la geometria dell'arco per consentirgli di sopportare i carichi esistenti, è possibile modificare i carichi applicati in modo da rendere ottimale la geometria esistente, ottenendo una ricentatura della curva delle pressioni, condizione necessaria per la stabilità dell'arco. Si agisce in sostanza con la stessa strategia del "rinfiacco alle reni" senza tuttavia alcun incremento delle masse in gioco.

Per l'efficienza dell'armatura con cavi metallici estradossali non si richiedono archi con geometria a tutto sesto. La tecnica descritta può essere utilizzata anche nel caso di archi notevolmente depressi in quanto in un cavo curvo, che sia teso in modo uniforme su tutta la lunghezza, l'entità delle forze radiali applicate è inversamente proporzionale al raggio di curvatura.

Il metodo dell'arco armato si propone in definitiva, anche in questo caso, di riportare la struttura ai preesistenti livelli di sicurezza senza necessariamente provvedere ad un ripristino o ad una modifica della geometria originaria, ciò che soprattutto in presenza di superfici affrescate risulta inopportuno. Si è parlato finora genericamente di "tiranti", e naturalmente la preferenza va accordata a quei materiali che siano in grado di garantire la maggiore resistenza e la maggiore durabilità, come l'acciaio inox. Sarebbe possibile tuttavia anche l'uso di materiali diversi, quali i compositi fibrorinforzati, ma trattandosi di interventi di tipo "attivo" è importante adottare materiali che siano poco influenzati da fenomeni viscosi, pena la necessità di frequenti ritesature.

Qualunque sia il materiale adottato, i vantaggi dell'uso di tiranti di rinforzo post-tesati sono comunque evidenti e si possono riassumere nel ridotto ingombro, unito a costi contenuti, leggerezza, grande resistenza, elevata duttilità globale dell'insieme muratura-cavi, immediata riconoscibilità e possibile reversibilità dell'intervento.

Il metodo dell'arco armato è stato sottoposto a prove sperimentali per controllarne la validità. In modo specifico si sono confrontati i carichi di collasso di archi semplici, di archi rinforzati con cappa in c.a. e di archi "armati" all'estradosso con cavi inox, tutti delle stesse caratteristiche geometriche e di materiale

Oltre ad un confronto tra l'arco armato ed il più diffuso metodo tradizionale, si voleva dare risposta ad una domanda: "nella soluzione di consolidamento che prevede il getto di una cappa collaborante in c.a., è davvero fondamentale la presenza del conglomerato cementizio oppure il rinforzo strutturale vero e proprio è costituito in modo prevalentemente dalla armatura metallica, resistente a trazione, che vi è contenuta?"

## **Conclusioni**

La decisione di consolidare un edificio storico mediante l'aggiunta di nuove strutture esterne non è quasi mai facile da prendere in quanto il confronto con l'esistente impone di risolvere prioritariamente il tema del rispetto e dell'accostamento architettonico tra stili ed epoche, accanto al problema sostanziale che ha originato l'intervento e che è tipicamente statico o funzionale. Più semplice sarebbe un intervento mimetico, quello che non si vede ma c'è, quello che funziona senza dare nell'occhio. Più semplice ma tale da costituire un inganno, se non altro all'intuizione statica dell'osservatore, e tale da rappresentare una negazione ingiustificata, un'abdicazione al ruolo di proposta che nuovi materiali o nuove concezioni strutturali hanno introdotto in questi decenni e che, sono diversi ma non meno nobili e degni di visibilità di quelli passati. Certo altro è manifestarsi discretamente all'osservatore che vuole vedere ed altro è sovrapporsi prepotentemente a quanto c'era prima. Io credo che una soluzione percorribile stia nella proposta di interventi che accompagnino l'esistente senza negarsi ma senza prevaricarlo, che dichiarino la specificità dei materiali utilizzati e la novità delle tecniche, in una alternanza che ne nobiliti le differenze e le complementarità. Con un occhio di riguardo alla durabilità dei nuovi materiali e con un ulteriore

criterio in mente, quello della reversibilità, che lungi dal rappresentare una sudditanza tecnico-progettuale o un atteggiamento di scarso coraggio davanti all'esistente, aiuti il progettista, anzi meglio, aiuti il gruppo dei progettisti a pensare in termini di manutenzione programmata e di possibile verifica o di modifica futura delle strutture aggiunte.

Gli esempi descritti presentano soluzioni con elementi a scomparsa, oppure totalmente a vista o parzialmente a vista; soluzioni passive, soluzioni attive o soluzioni parzialmente attive; soluzioni in acciaio normale, oppure zincato a caldo o in acciaio inox, a secondo del grado di rischio che il loro utilizzo prospettava.

Sempre più fattibili e vicine appaiono soluzioni dove il materiale acciaio verrà sostituito o affiancato da composti fibrosi di eccezionali caratteristiche dal punto di vista meccanico e della durabilità.

Molte sono pertanto le soluzioni rese possibili dall'apporto di materiali ed elementi strutturali leggeri, soprattutto con una modalità di funzionamento "attivo" come sopra illustrato, ma va sottolineato che "la" soluzione, tra tutte le possibili, rimane quella che riconosce la assoluta singolarità ed irripetibilità dell'opera monumentale. Questa priorità deve spingere, durante l'individuazione di una scelta progettuale, ossia di un compromesso culturale, tecnico ed economico, a sfruttare in modo ottimale le risorse tecnologiche, gli strumenti di previsione e controllo ed i materiali disponibili, nel tentativo di consegnare al futuro, in condizioni dignitose, l'opera affidata.

## **Bibliografia**

- Jurina L., *Il confinamento laterale delle pareti in muratura mediante tiranti inseriti nelle buche puntaie*, Conv.naz. *La meccanica delle Murature tra teoria e progetto*, Messina, Settembre 1996.
- Cultreri O., Savoldelli G., *Arco armato*, Tesi di laurea, Facoltà Architettura, Politecnico di Milano, relatore prof. L.Jurina, 1997.
- Jurina L., *I tiranti metallici nel consolidamento degli edifici monumentali*, atti del XVI Congresso C.T.A., Ancona 1997.
- Jurina L., *L'arco armato: una nuova tecnica di consolidamento di archi e volte in muratura con uso di tiranti metallici*, XVI Convegno CTA, Ancona 1997.
- Jurina L., Demartini R., *Pavia, Castello Visconteo (1926-1997) un "sostegno" per Ambrogio Annoni*, ANANKE, n. 24, 1998.
- Jurina L., *Una tecnica di consolidamento attivo per archi e volte in muratura*, Convegno ASSISI 99, Seismic performance of built Heritage in Small Historic centers, Assisi, Aprile 1999.
- Jurina L., Jadicicco M., *L'acciaio inossidabile nel consolidamento delle strutture*, Convegno "Progettare e costruire con l'acciaio inossidabile", Milano, novembre 2000.