

# Possibili approcci negli interventi di consolidamento sugli edifici storici

PROF. ING. LORENZO JURINA

Quando mi chiedono quali sono i criteri fondamentali cui attenersi nel consolidamento strutturale degli edifici storici, rispondo che la *necessità* va messa al primo posto. Al secondo la *non nocività*. Al terzo la corrispondenza tra il problema e gli strumenti adottati, e quindi l'*efficacia* del metodo usato. Al quarto, a pari merito, metterei la *compatibilità*, la *durabilità*, la *ridotta invasività*, la *riconoscibilità*. In quinta posizione, la *reversibilità*, o qualcosa che le assomigli. Seguono la *specificità* della soluzione, la sua *leggerezza*, la migliorata *fruibilità* del bene. E sarebbe bene aggiungere anche *eleganza*, *sensibilità* e *buon gusto*, ... per chi ne è capace.

Sui primi temi il consenso è unanime ma riguardo al tema della reversibilità coesistono atteggiamenti diversi. Si va dalle richieste aprioristiche dell'organo di tutela, alla accettazione di una impossibilità teorica, al tentativo di mediare per avvicinarsi all'obiettivo. Personalmente sono convinto che la piena reversibilità non esista, ma credo sia una *"utopia utile"*, capace di portare a scelte responsabili, inducendo a ragionare sulla *qualità* dell'intervento di consolidamento e non soltanto sui suoi parametri quantitativi. La reversibilità può fornire lo stimolo ed il *principio ispiratore* per una progettazione creativa, capace di novità, legata in modo mirato al singolo oggetto di cui stiamo occupandoci.

Parafasando una vecchia battuta sulla differenza tra ingegneri ed architetti (in cui si affermava che gli architetti "vivono", mentre gli ingegneri ... "funzionano"), si può sostenere che una buona soluzione di consolidamento statico non deve accontentarsi di *"funzionare"* a supporto della struttura antica, ma deve *"convivere"* con la struttura antica, con pari dignità di progetto e con pari speranze di vita.

Occorrono interventi responsabili, capaci di tutelare le possibilità future del bene, tenuto conto dei margini di incertezza insiti in ogni scelta, e quindi capaci di essere modificati e migliorati in corso d'opera.

Ogni scelta ed ogni intervento perturba l'esistente, poco o molto che sia. Da ciò la necessità di conoscere l'edificio attraverso una esauriente ricerca storica ed una accurata diagnostica preventiva capaci di condurci all'intervento "minimo necessario".

Nella scelta dell'intervento va posta attenzione al tipo di "contatto" tra materiali antichi e nuovi, soprattutto quando il contatto è di tipo diffuso (come nelle iniezioni murarie) oppure quando l'inserimento della struttura nuova



Figura 1 - Puntelli e cavi per il consolidamento delle capriate della Chiesa di San Carpoforo a Milano

necessita di "spazi" ottenuti da demolizioni dell'antica, oppure ancora quando le eventuali rimozioni del nuovo danneggerebbero anche l'antico.

Se, invece il consolidamento viene ottenuto con un "accostamento" puntuale ed attivo tra strutture antiche e strutture nuove, allora mi sembra che il risultato del rispetto per l'esistente possa essere raggiunto.

"Aggiungere, integrare, appoggiare, legare, cerchiare, tirare, spingere", possono essere azioni reversibili. "Sostituire, iniettare, incollare, demolire", sono certamente irreversibili.

Se ne deduce allora, e lo affermo in modo provocatorio, che solo il *puntone* e il *tirante* rappresentano il vero paradigma dell'intervento strutturale leggero e reversibile.

Semplicemente accostati e quindi rimovibili, paralleli e separati, esterni e riconoscibili, nuovi ma così essenziali da essere anche antichi, il puntone ed il tirante racchiudono la forma ed assieme la sostanza del loro modo di funzionare, in grado di coniugare la minima invasività con il massimo dell'efficacia e della durata, così da coadiuvare, senza esautorarla, la



Figura 2 - Una parete del Castello di Trezzo sull'Adda consolidata con stralli a V rovescia

struttura originaria. Tirante e puntone sono soluzioni semplici ed essenziali, che devono rappresentare una aggiunta dichiarata e non mimetica. Il nuovo deve essere *a vista* ma non deve prevaricare l'antico, deve lasciare leggibili le preesistenze con cui si confronta e si integra, senza contrapporsi. Insomma, deve essere visibile ma non ostentato.

A metà del secolo scorso, Cesare Brandi chiedeva che "ogni intervento di restauro non renda impossibile anzi faciliti gli eventuali interventi futuri". Ebbene, tiranti e pun-

telli soddisfano efficacemente a questa richiesta.

Nel progetto va quindi adottata una *propensione alla reversibilità*, prudente e realistica, ma insieme capace di scelte innovative, in cui sia prevista la possibilità di soluzioni migliori in un futuro prevedibile. Il recente criterio del *miglioramento sismico* introdotto dalle NTC 2008, con la possibilità di intervenire nuovamente sull'edificio storico al termine del suo periodo di *vita nominale*, va esattamente in questa direzione.

Nella pratica comune il consolidamento si attua con mo-

difiche da apportare alla *geometria* oppure al *materiale*, ma una terza possibilità, molto interessante anche se poco applicata, è rappresentata dall'intervento sui *carichi*, da ridurre, oppure da modificare oppure, paradossalmente, da aggiungere nelle posizioni adeguate.

Tiranti, cavi, stralli e, in modo duale, puntelli, contrafforti, barbacani possono essere di valido aiuto in questa operazione di modifica dei carichi, soprattutto quando queste nuove strutture aggiunte vengano *forzate* contro la struttura esistente, inducendo benefiche coazioni, secondo una modalità di *consolidamento attivo*, che è in grado di assumersi fin da subito una quota delle sollecitazioni, senza attendere che si verifichino ulteriori spostamenti della struttura originaria.

Per non restare nel campo delle enunciazioni, è bene fornire qualche esempio di consolidamento attivo, in cui è ravvisabile la preoccupazione per la reversibilità, assieme a quella per l'efficacia e la non nocività. Sul sito [www.jurina.it](http://www.jurina.it) è possibile trovare qualche ulteriore informazione che si riferisce ai casi citati e ad altri simili.

1) Nelle capriate della Chiesa di S. Carpoforo, a Milano, (fig. 1) l'aggiunta di *due nuovi puntelli verticali in legno*, in grado di costituire un supporto intermedio ai puntoni di falda, troppo inflessi, è stata integrata da *cavi esterni* alla capriata. Questi cavi sono in grado di proteggere la catena lignea trasferendo i carichi dei due puntelli ad una posizione più favorevole (ossia al colmo della capriata stessa) da dove, sollecitando a sola compressione i puntoni di falda, si trasferiscono agli appoggi a terra. I cavi, messi in trazione e regolabili mediante tenditori, restano a vista nel sottotetto e sono facilmente ritegabili all'occorrenza. Essi contribuiscono inoltre a legare tra loro il puntone con la catena, al nodo inferiore, e a collegare mutuamente i due puntoni con il monaco, impedendo scorrimenti relativi, al vertice.

2) Al Castello di Trezzo sull'Adda (fig. 2), un alto muro in mattoni e "ceppo" si ergeva pericolosamente isolato dal contesto. Una serie di stralli diagonali in cavo di acciaio, posti sui due fronti della parete, con un adeguato ritmo sia strutturale che formale, ne hanno incrementato la sicurezza rispetto ai carichi orizzontali senza manomettere o nascondere la struttura originaria. Otto micropali costituiscono l'ancoraggio a terra, mentre per il fissaggio alla parete si sono utilizzate le "buche pontate" già esistenti.

3) Un solaio in cemento armato, realizzato dall'ing. Annoni durante un consolidamento del 1926 presso il Castello Visconteo di Pavia, si presentava inflesso da deformazioni viscosi (fig. 3) che rischiavano di danneggiare la

## Riflessioni sul restauro architettonico, ieri e oggi

PROF. ING. ARCH. MARCO DEZZI BARDESCHI

Seconda parte dell'articolo pubblicato nell'ambito del Focus "Restauro architettonico e strutturale" sul precedente numero del Giornale.

### IL RESTAURO NEL NOVECENTO: SOSTANZA E MATERIA

All'inizio del nuovo secolo il compito di indirizzare le giuste scelte del restauro passa ora ad un giovane ingegnere-architetto ispettore del Ministero: Gustavo Giovannoni (1873-1947), indicato dallo stesso Boito come proprio corifeo ed erede fin dal congresso degli Ispettori della Soprintendenza di Palermo (1912). È ad Atene nell'ottobre 1931 che viene redatta (proprio con il sostanziale apporto di Giovannoni) quella Carta che, confermando la precedente di Boito del 1883, mette fuori legge il ripristino, le "restituzioni integrali" e le ricostruzioni congetturali, incentrando l'impegno comu-

ne su una tempestiva e periodica attività di manutenzione "atta ad assicurare la conservazione". L'attenzione così si sposta decisamente sulla materialità del documento, cioè sulle tecniche di consolidamento dell'organismo strutturale e sulla conservazione fisica dei materiali. Ora più che gli storici dell'arte sono chiamati in prima linea i tecnici (l'ingegnere strutturista e l'architetto, il chimico ed il fisico dei materiali). E infatti a Firenze un giovane ingegnere della Soprintendenza, Piero Sanpaulesi (1904-1980), riprendendo lontane sperimentazioni di "silicatizzazione" (sperimentate dallo stesso Viollet le Duc e citate da Boito), inizia a condurre prove di trattamento chimico-fisico delle pietre con fluosilicati. Nasce, agli Uffizi, il primo laboratorio di prove e trattamento dei materiali (1936). E a Roma il ministro Bottai firma le due storiche leggi di tu-

segue a pag. 8



segue a pag. 11

# Possibili approcci negli interventi di consolidamento sugli edifici storici

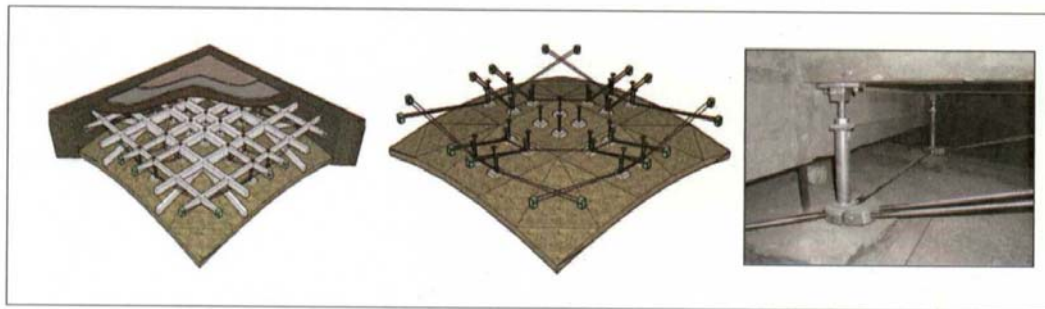


Figura 3 – Un solaio nella torre Sud-Ovest del castello di Pavia consolidato con cavi e puntelli telescopici

segue da pag. 7

sottostante volta, preziosamente affrescata. Si è adottata una soluzione con cavi inox e puntelli di contrasto telescopici, contenuta nell'intercapedine tra il solaio in c.a. e la volta in mattoni. Poiché i tiranti non potevano collegare direttamente i lati opposti della piastra (in quanto, avendo bisogno di una monta di almeno 80 cm, avrebbero forato la volta), essi "passano attorno" all'ostacolo, ossia alla volta, creando un anello ottagonale inferiore, in trazione, che ha consentito la "chiusura" del sistema reticolare e il trasferimento dei carichi agenti sul solaio. Interessante osservare che si è inserita una struttura nuova in cavi d'acciaio, che funziona a trazione, tra una volta antica in muratura, che lavora a compressione, e ad un solaio di consolidamento in c.a., recente ma già storicizzato, che vive a flessione.

Come si diceva, ad ogni secolo i suoi materiali e le sue tecnologie...

4) La medioevale Torre San Dalmazio di Pavia (fig. 4), molto fessurata, presentava un cavetto verticale continuo. Si è optato per una soluzione di "torre nella torre", dove il traliccio metallico interno, oltre a dare duttilità alla struttura, assume su di sé una parte del peso proprio tramite numerosi "pendini" diagonali post-tesati, ubicati nell'intercapedine tra le due torri. Trecento corti tiranti, inoltre, inseriti orizzontalmente nelle buche pontae esistenti, hanno applicato una efficace cerchiatura alla muratura.

5) Un intervento rappresentativo dei benefici ottenibili modificando i carichi che agiscono su una struttura è la tecnica dell'"arco armato" (fig. 5). Si tratta di appoggiare uno o più cavi in acciaio all'estradosso di un arco, o di una volta, in muratura e di sottoporli a trazione in modo da

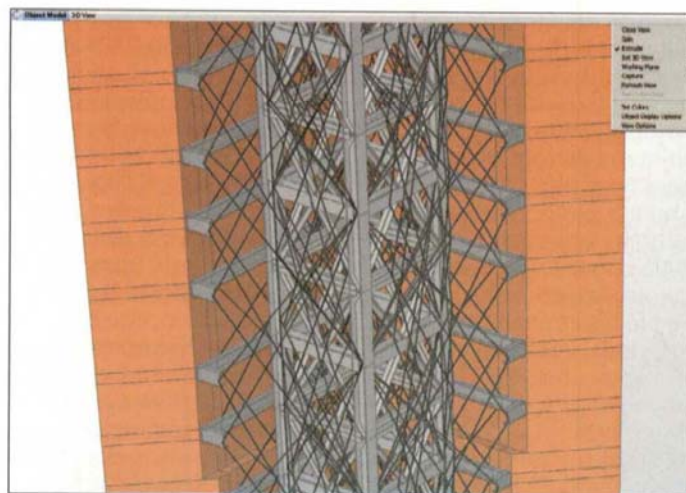


Figura 4 – Il traliccio interno di consolidamento attivo della Torre San Dalmazio a Pavia

esercitare una distribuzione di carichi radiali sull'arco stesso, così da rendere più baricentrica la curva delle pressioni. In tal modo si procrastina la formazione di cerniere e quindi di meccanismi di collasso. Nel caso in cui l'estradosso non risulti praticabile, il cavo può essere posto all'intradosso, utilizzando semplici tasselli ancorati all'arco. Il metodo è stato testato in numerosi interventi ed è stato oggetto di sperimentazione. In sintesi, invece di modificare la geometria per fare sì che risulti adeguata ai carichi, si modificano i carichi (aggiungendo a quelli esistenti, verticali, dei nuovi carichi radiali) così che essi diventino ottimali per la geometria data. Il sistema presenta interessanti potenzialità per il consolidamento reversibile, veloce ed efficace di ponti ad arco in muratura, in cui si preveda un incremento di traffico, e per il rinforzo reversibile di strutture voltate in zona sismica, che evita la aggiunta di nuove masse ed è in grado di dissipare energia senza giungere al collasso.

6) Una proposta recente, ancora sul tema della reversibilità e della efficacia, si riferisce al consolidamento con "cerchiatura" di colonne in muratura (fig. 6) mediante

l'inserimento di un sottile cavo inox circonferenziale, teso, all'interno dei giunti tra i mattoni. Tale aggiunta, molto semplice e poco invasiva, incrementa in modo drastico la duttilità e la resistenza, senza modificare la rigidità delle colonne e, da un punto di vista formale, risulta particolarmente rispettosa della preesistenza. Voglio sottolineare che quelli illustrati sono solo esempi e pertanto sono validi per "uno" specifico problema e per "un" determinato contesto. Anche se da idea nasce idea (ed è bene discuterne) ogni generalizzazione va evitata, alla ricerca dell'intervento mirato e risolutore del problema che ci è stato affidato. È quello che tutti noi chiediamo al nostro medico curante quando ci mettiamo nelle sue mani.

È quello che le strutture antiche chiedono a noi ingegneri, invitandoci, ogni giorno di più, a non essere banali ed a collaborare in modo creativo con i nostri colleghi, ingegneri o architetti che siano.

prof. ing. Lorenzo Jurina  
Professore di Tecnica delle Costruzioni,  
Facoltà di Architettura del Politecnico di Milano,  
Dipartimento di Ingegneria Strutturale



Figura 5 – La tecnica dell'"Arco armato"- interventi all'estradosso ed all'intradosso



Figura 6 – Cerchiatura di colonne in muratura con cavi ubicati nei giunti