

CONSOLIDAMENTO E RINFORZO



Calcolo al mq (metro quadrato).

Per **consolidamento delle costruzioni** si intende tutti quei processi di conoscenza, di progetto e di intervento, atti a far recuperare ad un edificio le sue caratteristiche strutturali, perse a causa di un'azione sismica, di degrado o di altre azioni che portano la struttura a perdere delle caratteristiche strutturali. La maggior parte delle azioni di consolidamento avvengono su strutture in murature portante, realizzata spesso secondo le *regole dell'arte* e calcolate secondo criteri di calcolo differenti da quelli per le strutture in cemento armato, secondo la scienza delle costruzioni.

Spesso questi tipi di intervento strutturale sono affiancati da altri di recupero o di restauro.

La conoscenza della costruzione storica in muratura è una parte fondamentale per una buona valutazione della sicurezza sismica e per poter eseguire un buon intervento di miglioramento. I problemi riscontrabili sono quelli di tutti i comuni edifici, anche nel caso di beni appartenenti al patrimonio culturale tutelato, è tuttavia difficile valutare o ritrovare i dati originari dei materiali e della costruzione, valutare le modifiche intercorse nel tempo, i fenomeni di degrado derivanti dalle trasformazioni antropiche, o dovute al terremoto. Considerando che una campagna di indagini su tutto l'edificio sarebbe troppo costosa ed invasiva. L'attendibilità del modello e dei materiali a cui ci riferiamo per una valutazione non può essere sempre disponibile in toto, per questo è stato introdotto il concetto dei *livelli di conoscenza* relativamente al livello delle indagini e dei rilievi eseguiti, si sono creati dei *fattori di confidenza* per poter valutare realmente gli interventi.

Grazie a queste indagini si possono valutare diversi fattori che servono per valutare la struttura:

- Identificazione della costruzione e della struttura
- Rilievo geometrico complessivo di fessurazione

- Ricostruzione della storia della struttura
- identificazione dei materiali e del loro stato di degrado
- Conoscenza del sottosuolo e delle fondazioni

La scelta della strategia e delle tecniche di intervento è relativa alle scelte ed alle valutazioni eseguite nella fase conoscitiva e di monitoraggio dell'edificio. L'obiettivo non è solo la conservazione del manufatto, ma anche la conservazione del funzionamento strutturale, dove questo sia recuperabile senza dover perdere il bene stesso, si dovrà valutare anche la possibilità di inserimento di opere impiantistiche. Per conservare meglio l'originalità del manufatto è necessario che gli interventi sia in numero minore e di impatto minimo, ma sufficientemente efficienti, senza tuttavia aumentare eccessivamente la rigidità, poiché la rigidità aumentata in un solo punto potrebbe influire su tutto l'edificio, creando elementi troppo rigidi che potrebbero causare danni gravi in caso di sisma: esempio è la realizzazione di un tetto in cemento armato sostituito ad uno in legno, oppure realizzare un solaio in laterocemento rigido invece che uno in legno, queste due soluzioni inseriscono degli elementi rigidi che non permettono alla struttura di muoversi per dissipare l'energia proveniente da un'azione sismica.

Gli interventi dovranno conservare il più possibile la presenza di beni artistici e decorativi. Si devono evitare interventi di demolizione-ricostruzione o demolizione-sostituzione, intervenendo per conservare la struttura esistente senza apportare trasformazioni radicali. Si deve verificare l'intera struttura prima e dopo l'intervento proposto, il tutto in fase progettuale, per verificare che la soluzione di intervento proposta sia sufficiente. È inutile pensare ad interventi che non producano effetti di sicurezza efficienti sulla struttura. Spesso la semplice manutenzione su queste strutture può prevenire alcuni danni che si vanno a creare col tempo. Sono privilegiati gli interventi che non troppo invasivi e che possono essere eliminati in futuro. Se ci sono elementi danneggiati si dovranno riparare e mantenere, facendo recuperare, se possibile la loro capacità strutturale. È molto importante che gli interventi proposti siano anche poco impattanti in corso d'opera, il cantiere non deve essere troppo invasivo, se necessario si dovrà fare un progetto di cantiere, sempre che non sia eccessivamente invasivo.

Si possono riassumere le diverse strategie di intervento:

- Rinforzo degli elementi resistenti, aumentandone resistenza, duttilità o entrambe;
- Inserire elementi nuovi, per aumentare la sicurezza di una parte o di tutto l'edificio, questi non dovranno tuttavia sconvolgere il funzionamento della struttura;
- Cambio di destinazione d'uso diminuendo i carichi in gioco;
- Inserire protezioni passive di base o controventi;
- Se possibile ridurre le masse, valutando tuttavia se porta maggiori benefici o meno;

Questi interventi possono differire per alcune caratteristiche:

- Invasività e reversibilità;
- Comportamento statico e dinamico accertato e conseguito;
- Estensione;

- Stato di coazione fornito;
- Integrità architettonica;
- Durabilità e compatibilità materiale;

Esistono casi in cui si deve intervenire non a livello strutturale ma impiantistico, come la messa a norma, che tuttavia spesso intervengono a livello strutturale. Si dovrà quindi valutare come l'impianto incide sullo strutturale, anche come carichi, quindi si dovranno realizzare impianti che non siano troppo invasivi nella struttura. Esempi sono i tagli e le bucatore eseguite negli orizzontamenti, nei solai, nelle murature.

A differenza della mancanza strutturale che viene valutata possiamo avere differenti tipi di intervento volti ognuno a ripristinare un determinato fattore:

- Ridurre la carenza di collegamenti tra gli elementi;
- Ridurre la spinta degli archi e delle volte;
- Ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai e consolidarli;
- Coperture;
- Incremento della resistenza delle murature;
- Interventi su pilastri e colonne;
- Interventi di fondazione;
- Interventi su elementi non strutturali.

Ridurre la carenza di collegamenti tra gli elementi

Si eseguono per far sì che la struttura reagisca con un comportamento d'insieme, realizzando dei buoni ammorsamenti tra le pareti ed efficaci collegamenti tra i muri ed i solai, che le spinte prodotte dalle volte siano ben contrastate come i tetti spingenti. Per permettere queste strutture si possono realizzare:

- **Inserimenti di tiranti**, come le catene: vengono inserite degli elementi metallici o no, di solito sono delle barre metalliche, ma possono anche essere degli elementi lignei, che corrono lungo tutti i muri perimetrali fissati all'estremità con dei bolzoni, permettendo all'edificio di comportarsi in maniera scatolare. Questi impediscono alle pareti il ribaltamento fuori dal piano, fa formare il meccanismo tirante-puntone nelle fasce murarie sopra porta e sotto le finestre. Vengono spesso inseriti al lato delle murature a livello degli orizzontamenti in maniera da rendere l'intervento reversibile. Se si dovesse intervenire inserendo una catena all'interno della muratura la si deve mettere in guaina e non gettata, in maniera che sia reversibile, sollecitata al punto giusto ma senza aumentare eccessivamente il livello di compressione nella muratura.
- **Scuci e cuci**: eseguito con pietre o mattoni quando i collegamenti tra le murature sono deteriorati, scadenti o ci siano delle fessurazioni. Si tratta di demolire una parte di muratura e di ripristinarla secondo le regole, per ripristinare il comportamento della muratura. Visto

che comunque è una tecnica distruttiva si dovrà valutare se realizzarla, se la perdita di una parte originaria di muratura è accettabile o meno.

- **Perforazioni armate:** si eseguono delle forature con una trivella, vengono inserite all'interno delle barre metalliche e quindi delle malte da boiacatura o delle resine. Devono eseguirsi se non è possibile fare altrimenti, visto la notevole invasività dell'intervento, oltre che la non sicurezza sull'efficacia vista che spesso non sussiste una omogeneizzazione tra i materiali. Si eseguono solo su murature in buono stato, altrimenti è consigliabile inserire delle catene.
- **Cordoli in sommità:** si possono eseguire per collegare la muratura quando questa è poco coesa o per migliorare l'interazione con la copertura. Si tratta di un cordolo realizzato sulla sommità dei muri perimetrali che unisce tutte le pareti. Può essere realizzata secondo diverse tecniche:
 - Muratura armata: si esegue una muratura piena a tutto spessore che copre tutto lo spessore della muratura. Sono mattoni pieni al cui interno in appositi fori viene inserite una armatura in acciaio. Questo tipo di intervento permette alla struttura di avere dei valori di compressione simili a quelli della muratura, ma con una resistenza a trazione sicuramente superiore a causa della presenza dell'acciaio. Il collegamento con la muratura sottostante può essere garantito solo dall'attrito oppure si possono realizzare dei tirafondi di collegamento.
 - Acciaio: risulta una buona scelta meccanica visto la leggerezza della struttura, ottima per consolidare la sommità ed un ottimo collegamento se il tetto superiore è in legno. Esistono due tecniche principali:
 - Struttura reticolare e piatti metallici posizionati in sommità;
 - Piatti o profili posizionati sui due paramenti collegati con delle barre metalliche, il tutto posizionato leggermente più basso del punto di sommità della muratura;
 - Cemento armato: è una struttura molto usata, tuttavia l'eccessivo peso e l'eccessiva rigidità di questa scelta non la rende una buona soluzione.

Consolidamento superficiale

I consolidamenti superficiali vengono fatti sulle parti esterne di un elemento per consolidarlo dopo che ha subito degli effetti dovuti al degrado, alla presenza di mancanze, macchie, ecc... . Sono interventi che vengono spesso fatti su pareti affrescate o comunque di pregio. Le operazioni di consolidamento superficiale sono volte a migliorare la coesione e l'adesione tra i materiali. I consolidanti entrano nei pori superficiali dell'elemento andando a riempire i vuoti presenti aumentando le caratteristiche meccaniche.

Questi materiali vengono applicati per immersione, tasche, pennello, contatto, spruzzo, iniezione, colatura. Si dividono in due grandi famiglie che dipendono dall'origine, cioè organici o inorganici. Nei primi rientrano le resine acriliche e i collanti artificiali. Mentre i consolidanti inorganici sono ad esempio il latte o l'acqua di calce, il silicato di etile e l'idrossido di bario.

Preconsolidanti

Si può intervenire con un'azione preconsolidante solo quando ci sia una vera necessità. Questa può essere fatta prima di applicare il vero consolidante, semplicemente applicandone un dosaggio diluito o con una velatura della superficie da andare a consolidare.