

## Alcune considerazioni sul miglioramento sismico di un edificio in aggregato

Ing. Corrado Prandi – Professionista

*Il miglioramento sismico in un fabbricato parte di un aggregato edilizio, soprattutto se occupato, comporta aspetti di soluzione non immediata: analisi della parte di interesse che consideri anche le parti attigue, modalità d'intervento compatibili con ambienti in uso, limitate modifiche al comportamento dell'intera costruzione.*



*Immagine aerea dell'aggregato e della parte oggetto d'intervento*

### Osservazione e documenti storici

La ricerca di motivazioni utili a sostenere l'origine non unitaria del complesso, ha trovato risposta prima dall'osservazione esterna, che evidenziava livelli difformi delle coperture e delle aperture in parti vicine della costruzione, ma poi soprattutto nella consultazione di cartografie storiche della zona.

Carte datate due secoli addietro, una volta individuata la posizione del complesso riconoscendo punti di riferimento corrispondenti, confermavano come la costruzione fosse inizialmente composta da corpi distinti successivamente interessati da incrementi volumetrici che ne avevano determinato l'accorpamento. A questo punto era possibile sostenere come la costruzione fosse composta da più unità strutturali, con possibilità di analisi che coinvolgessero solo quelle di interesse, ma tenessero conto anche delle unità strutturali adiacenti.



*Prima metà del 1800*



*Seconda metà del 1800*

## Indagini e rilievo

L'assenza di documentazione disponibile, eccetto quella catastale, ha comportato la necessità di un avvicinamento graduale alla conoscenza dell'immobile, che permettesse l'ottenimento di dati sufficientemente accurati per poi procedere alle fasi progettuali.

Una prima fase prevedeva sopralluoghi finalizzati a raccogliere immagini fotografiche, planimetrie catastali delle singole unità immobiliari e a valutare sommariamente le condizioni dell'immobile, che si mostrava in buono stato e con assenza di dissesti; la documentazione preliminare consentiva la composizione sommaria delle planimetrie di piano che indirizzavano verso le prime valutazioni circa le possibilità/opportunità d'intervento, con stesura di un progetto preliminare e di elaborati tecnici ed economici sommari, da sottoporre all'approvazione dei Committenti.

Ottenuta l'autorizzazione a procedere nel progetto, venivano eseguite indagini prevalentemente visive alle parti costituenti e ai materiali d'impiego, accurati rilievi geometrici e indagini sul terreno di fondazione; il tutto con le limitazioni legate all'occupazione degli ambienti.

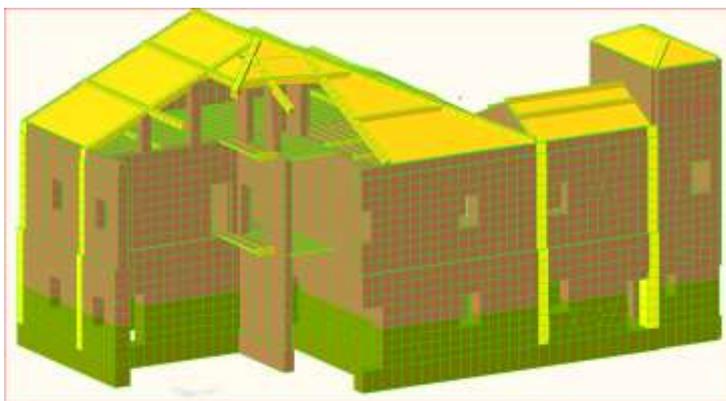
La presenza di impalcati lignei con sezioni non adeguate ai carichi attuali e con modeste connessioni alle pareti perimetrali ed interne, indirizzava verso interventi che ne migliorassero la capacità e rigidità nel piano e fuori piano, conseguendo una migliore distribuzione delle azioni orizzontali tra le pareti e una limitazione nella propensione al ribaltamento delle facciate esterne.

La zona di edificazione, prossima al torrente, era caratterizzata dalla presenza di terreni fini e coesivi nei primi metri e granulari a seguire, complessivamente di capacità compatibile con i carichi trasmessi dalla costruzione; le murature erano in sasso alla base e laterizie in altezza, con impiego di leganti a modeste caratteristiche meccaniche; gli elementi lignei, pur inadeguati nelle sezioni per i carichi attuali, erano mediamente in buono stato, eccetto che nella copertura dove risultavano essere stati interessati da vistose infiltrazioni di acqua piovana.

## Modellazione

A questo punto i dati raccolti erano ritenuti sufficienti per procedere a dimensionamenti di interventi locali e a una modellazione che indagasse il comportamento globale dell'immobile.

Veniva predisposto un modello al continuo con impiego di elementi bidimensionali ed elementi trave, coerente nella geometria e nella caratterizzazione dei materiali, che per i moduli elastici impiegavano i valori intermedi negli intervalli suggeriti dalla circolare normativa.



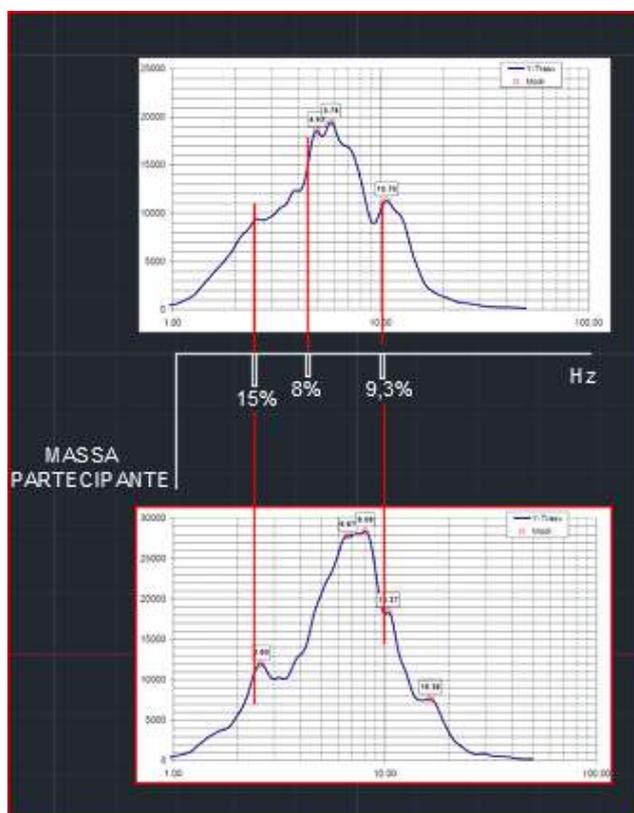
*Differenziazione dei materiali  
con indebolimenti (in giallo) nelle zone di antica connessione*

I vincoli degli impalcati con le pareti, nelle distinte modellazioni dello stato di fatto e nella condizione di progetto, venivano differenziati quanto alla capacità di sfilamento, per metterne in conto la diversa efficacia di ancoraggio nelle due condizioni; per simulare poi l'interazione con il terreno, alle fondazioni venivano imposte molle elastiche verticali, mentre venivano imposte molle elastiche orizzontali alla parete di confine, intendendo simulare l'interazione tra porzioni contigue del fabbricato.

### Misure strumentali per attribuire la rigidità alle molle elastiche

La rigidità delle molle in fondazione derivava dalle opportune correlazioni con le caratteristiche del terreno, mentre la rigidità delle molle orizzontali applicate alla parete di confine, veniva inizialmente attribuita con riferimento a precedenti modellazioni.

L'impiego di velocimetri attivati dai microtremori ambientali, posizionati in punti significativi ai piani, restituiva le frequenze di vibrazione principali del fabbricato, che potevano essere confrontate con quelle restituite dall'analisi del modello.



*In BLU: frequenze restituite dai velocimetri*

*In BIANCO/ROSSO: masse partecipanti/frequenze restituite dall'analisi del modello*

Il procedimento di "taratura" delle molle orizzontali consisteva nell'attribuire diversa rigidità alle stesse, rilanciando ogni volta il solutore, sino al riconoscimento di frequenze comparabili dei modi restituiti strumentalmente e dalla modellazione.

## Impiego dei risultati

Ritenendo che la coerenza tra i valori ottenuti numericamente e strumentalmente costituisca elemento di validazione della modellazione, si procedeva all'impiego dei relativi risultati per le verifiche di capacità e la successiva classificazione dell'immobile.

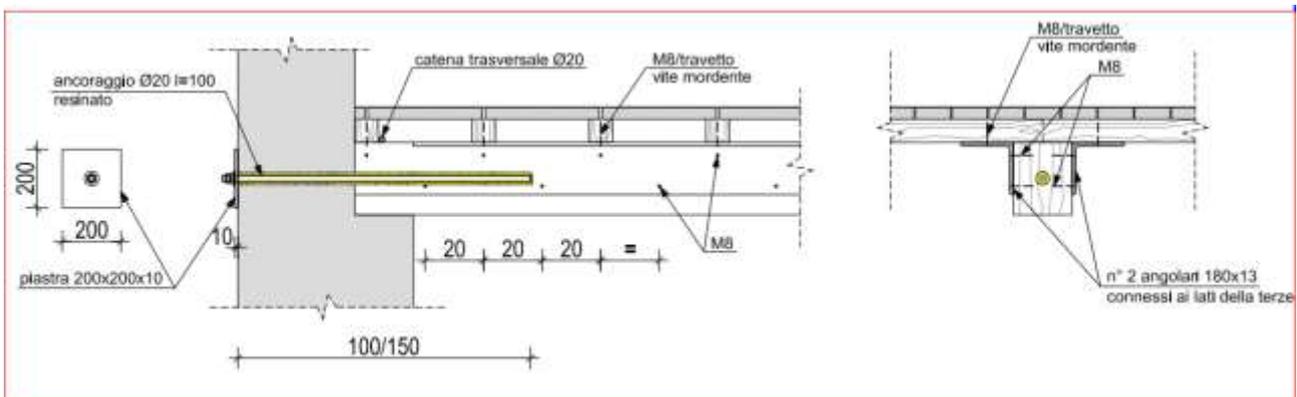
In luogo dei risultati puntuali, venivano assunti i valori medi per le zone maggiormente gravate, ritenendoli i più rappresentativi del comportamento dell'immobile, per il quale i dati di partenza erano sicuramente affetti da indeterminazione ed approssimazioni.

Le verifiche globali di capacità hanno considerato la tensione tangenziale per SLV e gli spostamenti per SLD, ottenendo gli indici necessari alla classificazione sismica dell'immobile nella condizione iniziale e di progetto.

## Interventi in progetto

I risultati ottenuti dalle verifiche globali hanno indirizzato le opere in progetto, confermando le iniziali e sommarie ipotesi d'intervento; gli specifici interventi di miglioramento delle pareti con intonaci armati e di contrasto al ribaltamento con tiranti, l'adeguamento degli impalcati con profili metallici e il rifacimento della copertura, sono stati dimensionati seguendo altri percorsi di calcolo, locali e semplificati.

La soluzione dei modelli relativi alla condizione iniziale e di progetto, hanno permesso il confronto tra indicatori quali la variazione intervenuta nei taglianti al piede, tra spostamenti di interpiano e tra eccentricità di piano tra centri delle masse e delle rigidità, indirizzando nella definizione dell'intervento come "di miglioramento sismico" e in considerazioni circa le possibili alterazioni nel comportamento dell'intero fabbricato.



*Bolzoni di contenimento e irrigidimenti flessionali delle travi lignee*