

## Edifici singoli e in aggregato: differenze, indicazioni normative e strumenti per la loro applicazione

La progettazione della messa in sicurezza di un edificio in muratura presenta problematiche diverse nel caso di edifici in aggregato rispetto al caso di edifici singoli. Alcune di queste differenze sono indicate nella vigente normativa nazionale ed in particolare nella Circolare n. 7 C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019.

Gli eventi sismici che si sono verificati nel nostro paese negli ultimi anni hanno evidenziato la vulnerabilità del costruito e in particolare del costruito nei centri storici che sono spesso il risultato di uno sviluppo edilizio frutto di processi di accrescimento nel tempo delle città connessi alla evoluzione socioeconomica della società. Alle costruzioni originarie sono state nel tempo applicate modifiche per le normali necessità del vivere civile quali sopraelevazioni, ampliamenti, demolizioni e ricostruzioni parziali conseguenti ad accorpamenti o divisioni di unità abitative.

Comune al caso di edifici singoli è la necessità di un rilievo che individui non solo geometria e materiali degli elementi strutturali (pareti, orizzontamenti, coperture, scale) ma anche dettagli quali il grado di ammorsamento delle murature negli incroci, l'eventuale sfalsamento delle pareti rispetto alle pareti del piano sottostante, la presenza di nicchie o canne fumarie, la tessitura degli orizzontamenti, il grado di rigidità nel piano degli stessi. Le difficoltà proprie del rilievo geometrico di un edificio in muratura possono risultare aggravate, nel caso di edifici in aggregato, da difficoltà di accesso legate alla frammentazione delle proprietà.

Ai fini della individuazione del comportamento strutturale il rilievo è bene sia affiancato da una analisi storico-critica. Secondo la circolare 21/01/2019, n.7/C.S.LL.PP al punto C8.5.1 *"La conoscenza della storia di un fabbricato è elemento indispensabile, sia per la valutazione della sicurezza attuale, sia per la definizione degli interventi e la previsione della loro efficacia"*. È chiaro che la storia di un edificio in aggregato sovente risulta più complessa da analizzare

### **Concrete srl**

Via della Pieve, 19 - 35121 Padova - Tel. 049 8754720  
CF/PI: 02268670284 - [www.concrete.it](http://www.concrete.it) - [info@concrete.it](mailto:info@concrete.it)

rispetto a quella di un edificio singolo risultando la somma di storie di più edifici realizzati in tempi diversi con possibile distinzione tra elementi originari ed elementi realizzati in tempi successivi per completare la occupazione di spazi disponibili.

Al rilievo geometrico è fondamentale affiancare le indagini per la individuazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali. I centri storici, che datano centinaia di anni, sono stati costruiti originariamente con strutture verticali in muratura e orizzontamenti in muratura o legno. Solo modifiche o ristrutturazioni apportate a partire dal XX secolo hanno comportato l'impiego di cemento armato e acciaio soprattutto per il rinforzo degli orizzontamenti con l'inserimento di cordoli e la sostituzione di solai in legno con solai in laterizio accoppiato a travi in acciaio e, più frequentemente, a travetti in cemento armato anche per la realizzazione di nuovi collegamenti interni (vani scala e ascensori).

In presenza di una, probabile, varietà di murature diverse il costo per la esecuzione sistematica di indagini distruttive può risultare improponibile. Occorre allora attribuire alle varie murature classificate visivamente, proprietà desunte da conoscenze sulle caratteristiche dei materiali utilizzati nelle diverse epoche storiche limitando le tradizionali indagini distruttive a situazioni in cui la capacità portante di alcuni elementi strutturali rivesta particolare importanza. Per un controllo delle caratteristiche attribuite ai vari materiali murari utile riferimento possono essere le tabelle C8.5.I e C8.5.II della circolare 21/01/2019, n.7/C.S.LL.PP.

Nel caso in cui l'intervento riguardi un aggregato interessato da un evento sismico è importante un esame dello stato fessurativo per valutare eventuali meccanismi di danno indotti sia localmente che globalmente.

## Gli aggregati edilizi

Il professionista che si accinge a progettare un intervento di messa in sicurezza di una porzione di un aggregato edilizio deve come prima attività individuare le Unità Strutturali (US) che lo compongono e le azioni che su ciascuna di esse possono derivare da unità strutturali contigue. Secondo la circolare 21/01/2019, n.7/C.S.LL.PP. C8.7.1.3.2. *"La porzione di aggregato che costituisce l'US comprende cellule tra loro legate in elevazione ed in pianta da un comune processo costruttivo, e considera tutti gli elementi interessati dalla trasmissione a terra dei carichi verticali"*.

### **Concrete srl**

Via della Pieve, 19 - 35121 Padova - Tel. 049 8754720  
CF/PI: 02268670284 - [www.concrete.it](http://www.concrete.it) - [info@concrete.it](mailto:info@concrete.it)

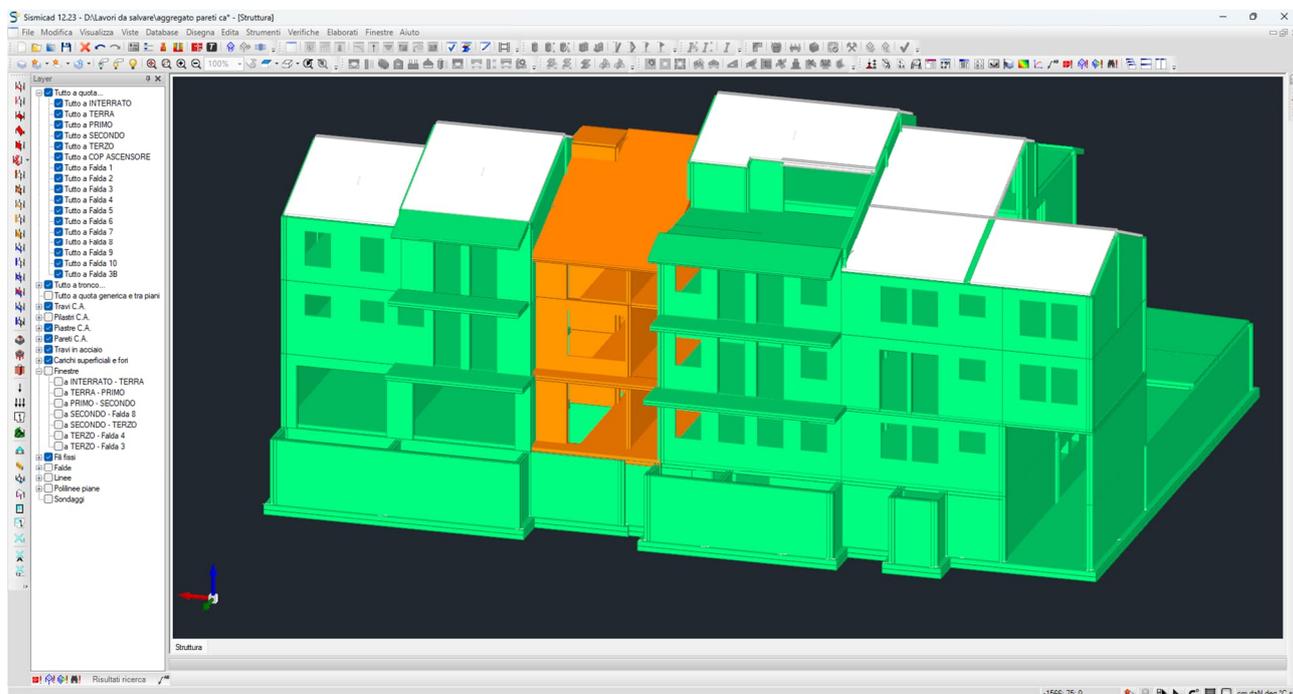


Figura 1 – Porzione di aggregato edilizio (Sismicad 12)

La US è caratterizzata da comportamento strutturale unitario nei confronti dei carichi orizzontali e verticali e deve garantire con continuità il trasferimento dei carichi in fondazione. Generalmente essa è delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui costruiti con tipologie costruttive e strutturali diverse, o con materiali diversi, oppure in epoche diverse.

## I meccanismi locali

Come noto, le modalità di collasso degli edifici in muratura sono classificate in meccanismi di 1° modo (o meccanismi locali) che riguardano prevalentemente il comportamento fuori piano delle pareti nei quali il collasso avviene per perdita dell'equilibrio e meccanismi di 2° modo (o meccanismi globali) che riguardano il comportamento nel piano delle pareti nei quali il collasso avviene per rottura del materiale.

### Concrete srl

Via della Pieve, 19 - 35121 Padova - Tel. 049 8754720

CF/PI: 02268670284 - [www.concrete.it](http://www.concrete.it) - [info@concrete.it](mailto:info@concrete.it)

Le analisi dei meccanismi di 1° modo sono preliminari alle analisi dei meccanismi di 2° modo e sono sostanzialmente le medesime sia per gli edifici in aggregato che per edifici singoli. Si allegano alcune immagini di possibili meccanismi di primo modo.

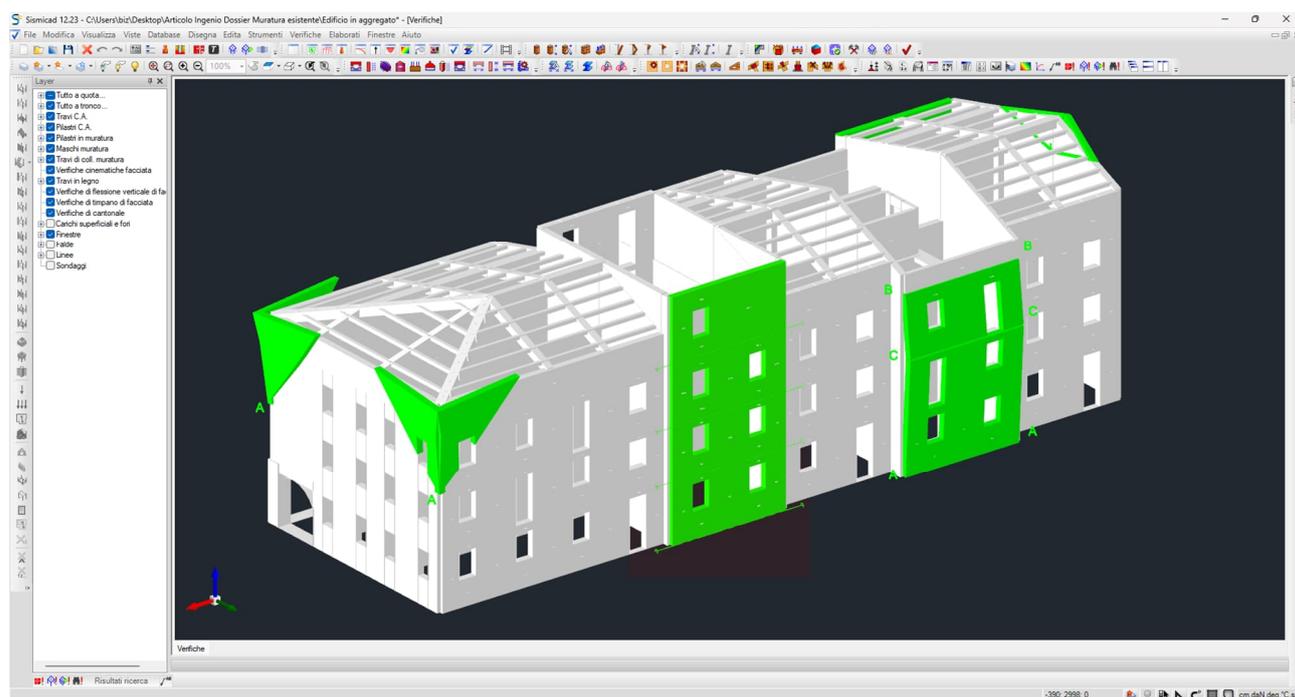


Figura 2 – Verifica dei meccanismi del Primo Modo in Sismicad 12. Da sinistra: ribaltamento del cantonale, ribaltamento di facciata con rotazione ai piani, flessione di facciata su asse che minimizza il coefficiente di sicurezza, ribaltamento del timpano.

Per quanto riguarda le analisi dei meccanismi di 2° modo esse devono essere precedute dalla individuazione delle Unità Strutturali che compongono l'aggregato.

A differenza dagli edifici singoli, per gli edifici in aggregato la analisi dei meccanismi di 2° modo difficilmente può essere ottenuta con una modellazione unitaria dell'intero aggregato tramite l'utilizzo di un software tridimensionale che tratti la non linearità della muratura. Questo approccio è consigliabile solo in presenza di un organismo strutturale omogeneo con orizzontamenti complanari e dotati di apprezzabile rigidità nel funzionamento a diaframma

#### **Concrete srl**

Via della Pieve, 19 - 35121 Padova - Tel. 049 8754720

CF/PI: 02268670284 - [www.concrete.it](http://www.concrete.it) - [info@concrete.it](mailto:info@concrete.it)

di piano. In caso contrario i risultati possono risultare poco realistici per vari motivi: complessità dell'organismo strutturale, eterogeneità di tipologie costruttive dovuta alla evoluzione nel tempo del fabbricato, difficoltà di modellare in modo aderente alla realtà comportamenti fondamentali per la affidabilità della soluzione quali le rigidità dei diaframmi di piano e le connessioni tra elementi murari.

Per questi motivi il §8.7.1 delle NTC 2018 ricorda che per fabbricati in aggregato non è generalmente possibile effettuare un'analisi globale estesa a tutti gli immobili contigui e suggerisce in questi casi di limitare l'analisi ad una porzione (US) più o meno estesa dell'aggregato. La norma propone metodologie di analisi semplificate diverse per le unità strutturali interne e per quelle di testata o di angolo.

Qualora i solai dell'edificio siano di rigidità trascurabile suggerisce di procedere all'analisi delle singole pareti dell'US, ciascuna analizzata come struttura indipendente, soggetta ai carichi verticali di competenza ed all'azione del sisma nella direzione parallela alla parete tenendo conto di eventuali pareti parallele contigue appartenenti ad altra US.

Nel caso di solai dotati di rigidità significativa, la verifica di una US in aggregato può essere svolta mediante l'analisi statica non lineare analizzando e verificando separatamente ciascun interpiano dell'edificio e trascurando la variazione della forza assiale nei maschi murari dovuta all'effetto dell'azione sismica. Per US aderenti su più lati ad altre contigue, l'analisi può essere svolta trascurando gli effetti torsionali, ipotizzando che i solai, considerati infinitamente rigidi, possano unicamente traslare nella direzione considerata dell'azione sismica.

Per la modellazione di edifici in aggregato un utile riferimento può derivare dal documento ReLUIS *"Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e rafforzamento/miglioramento di edifici in aggregato"*, il quale riporta la definizione di Unità Minima di Analisi (UMA) che è quella porzione di aggregato, generalmente più ampia della Unità Minima di Intervento (UMI) in oggetto (comprendente solitamente alcune US adiacenti alla UMI), da includere quindi nella fase conoscitiva e di diagnosi del danno sismico e della vulnerabilità, in modo da poter valutare eventuali effetti di interazione, come ad esempio la spinta di sistemi voltati, la presenza di carichi verticali e orizzontali provenienti da solai o da pareti di US adiacenti alla UMI.

**Concrete srl**

Via della Pieve, 19 - 35121 Padova - Tel. 049 8754720

CF/PI: 02268670284 - [www.concrete.it](http://www.concrete.it) - [info@concrete.it](mailto:info@concrete.it)



## Conclusioni

In conclusione, la messa in sicurezza di edifici in aggregato comporta per il progettista un impegno decisamente superiore rispetto al caso di edifici isolati. Le metodologie semplificate proposte dalla norma per la analisi dei meccanismi di 2° modo richiedono valutazioni qualitative del progettista che, proprio perché qualitative, comportano ulteriori assunzioni di responsabilità esposte a possibili contestazioni.

Concrete srl  
Ing. Luigi Nulli

### **Concrete srl**

Via della Pieve, 19 - 35121 Padova - Tel. 049 8754720  
CF/PI: 02268670284 - [www.concrete.it](http://www.concrete.it) - [info@concrete.it](mailto:info@concrete.it)