

Intervento di miglioramento sismico di un edificio condominiale in muratura eseguito con Sismabonus

Abstract

Il miglioramento sismico di un edificio in muratura portante si ottiene verificando le analisi sismiche globali, le analisi statiche e le analisi dei cinematismi locali delle singole pareti, come specificato nella NTC2018. Il raggiungimento di tale livello di sicurezza sismica permette anche di accedere alle detrazioni del SismaBonus. Il software 3Muri Project analizza esegue le verifiche secondo la NTC e fornisce la valutazione della vulnerabilità sismica della struttura nello stato di fatto e di progetto.

Introduzione

Il progetto di miglioramento sismico di un edificio in muratura portante è illustrato cortesemente dallo Studio Tecnico Capellari Associati di Mirandola (MO) per S.T.A. DATA. L'edificio, oggetto di intervento, è un condominio ad uso residenziale composta da una serie di palazzine a schiera a sviluppo orizzontale in centro a Carpi (MO).

Come si vede nella fig.1, il fabbricato presenta 4 livelli intermedi fuori terra, un tetto in laterocemento a due falde con solo guaina di copertura. L'edificio è stato costruito negli anni sessanta del secolo scorso e per questo presenta delle vulnerabilità ai carichi verticali, sismici, vulnerabilità nel piano e fuori dal piano a causa delle murature snelle e delle aperture presenti in esse.



Fig. 1 Foto dei prospetti frontale e laterale del fabbricato analizzato

La struttura portante verticale è in muratura ed è costituita da blocchi pieni e di tipo doppio UNI, prevalentemente a due teste.

Il progetto ha la finalità di garantire un miglioramento sismico dell'edificio nel rispetto della Normativa italiana NTC2018 e di accedere alle detrazioni fiscali previste nel SismaBonus.

1. Indagini conoscitive

Il rilievo geometrico e strutturale del fabbricato è stato eseguito dai tecnici dello Studio Capellari e da un laboratorio autorizzato. L'obiettivo dei saggi è quello di individuare le geometrie e le tipologie costruttive degli elementi portanti che costituiscono l'immobile.



Fig. 2 Rilievo geometrico strutturale del fabbricato

Sono state eseguite anche indagini distruttive in alcuni punti per rinvenire le caratteristiche delle armature che costituiscono alcune parti del fabbricato, come i solai in laterocemento e i pilastri a piano terra. Le planimetrie, realizzate a seguito dai rilievi geometrici, mostrano che le piante piano tipo sono costituite da moduli abitativi ripetuti e, in particolare, costituiti da 2 moduli con un corpo scala centrale tra di essi. I moduli affiancati sono disposti a scaletta, come mostrato in fig. 3. Ci sono 8 moduli in ogni livello. La planimetria è identica per i 3 livelli fuori terra del fabbricato mentre il livello a piano terra presenta una cantina e dei locali di servizio.



Fig. 3 Configurazione dei fabbricati e di testata della schiera

Si può osservare che, oltre ai muri perimetrali, ci sono i muri che contornano il vano scale e dei muri di spina centrale che al piano terra hanno spessore 40 cm mentre ai piani superiori hanno spessore 25 cm. I

muri esterni hanno tutti uno spessore di 25 cm mentre i muri che abbordano la scala hanno uno spessore di 12-15 cm, ossia pari ad una testa di mattone.

2. Analisi di vulnerabilità

Si è realizzato il modello dello stato di fatto del fabbricato condominiale nel programma di calcolo strutturale degli edifici in muratura 3Muri Project, di S.T.A. DATA. Tutte le caratteristiche reali, ricavate sperimentalmente dalle indagini in situ sul fabbricato, sono state inserite nel modello, come si mostra nella fig. 4. Sono state condotte le seguenti 3 tipologie di analisi del fabbricato assoggettato ai carichi verticali e sismici, nel rispetto della Normativa italiana NTC2018 e Circolare2019:

1. la verifica ai carichi sismici, eseguita con le 24 analisi statiche non lineari;
2. la verifica ai carichi verticali;
3. la verifica della parete singola a pressoflessione fuori dal piano.

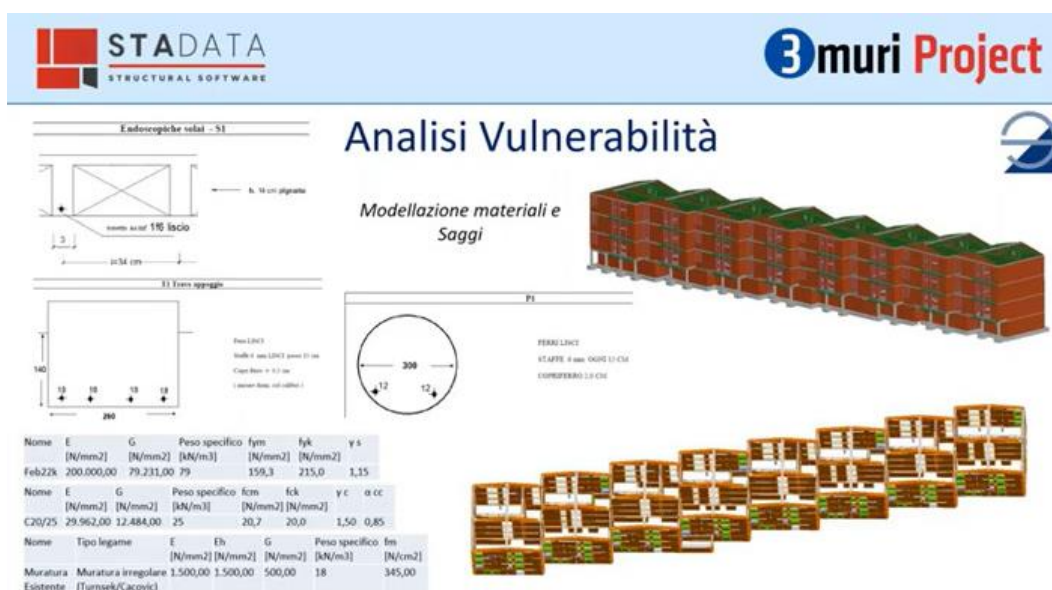


Fig. 4 Modellazione dello stato di fatto del fabbricato condominiale in 3Muri Project

Chiaramente la forma del fabbricato, costituito da palazzine a schiera, definisce in pianta un lato più lungo in X rispetto al lato in Y e fa supporre che il fabbricato abbia una comportamento meccanico migliore in X. Le curve di capacità, ricavate dalle analisi globale pushover, mostrano, invece, che il fabbricato non ha una risposta migliore ai carichi sismici in direzione X.

Si osserva che, sul lato lungo sono presenti comunque delle vulnerabilità importanti sia perché le pareti sono incastrate sui pilastri del piano terra sia perché sono presenti numerose piccole aperture a piano terra non allineate con quelle dei piani superiori. La continuità dei maschi murari non è, quindi, presente e si rileva un comportamento peggiore rispetto a quello nell'altra direzione.

Nella direzione Y si sono ottenuti dei risultati scadenti perché è il lato più corto della stringa e, poi, perché gli allineamenti hanno murature portanti con spessori pari a una testa di mattone dal piano terra in su. Si nota che pochi maschi murari hanno continuità dal piano campagna al tetto.

Inoltre, i cordoli sono insufficienti per garantire la scolarità e l'armatura presente nei solai e nei pilastri è scarsa.

I risultati ottenuti dalle analisi statiche non lineari sono i seguenti:

- Dir. X: fattore di vulnerabilità pari a 0,27;
- Dir. Y: fattore di vulnerabilità pari a 0,30.

L'analisi statica per i soli carichi verticali mostra che il fabbricato ha delle vulnerabilità in alcuni elementi interni per la presenza di muri snelli e definisce un fattore di sicurezza pari a 0,48.

La verifica della parete singola a pressoflessione fuori dal piano è superata per la maggior parte dei muri e solo in alcuni casi non è verificata perché indica un fattore di sicurezza pari a 0,87.

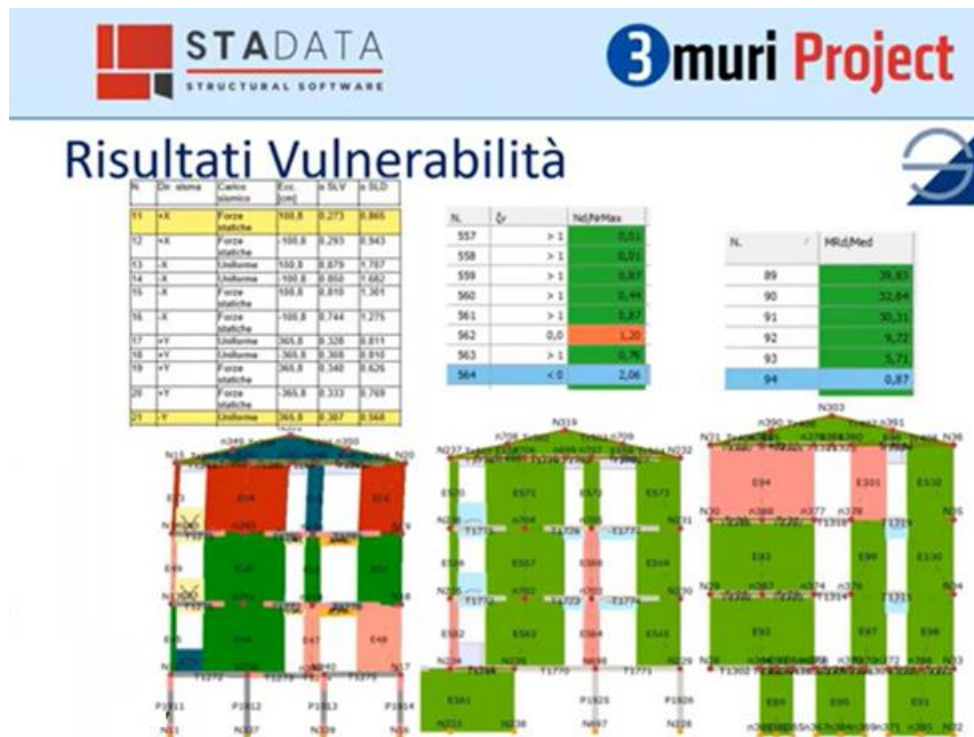


Fig. 5 Risultati delle analisi di calcolo strutturale condotto sul modello dello stato di fatto in 3Muri Project

3. Progetto di intervento di miglioramento sismico

Il progetto di intervento parte rispettando, innanzitutto, la prima prescrizione data per gli edifici abitati, ossia la prescrizione di limitare gli interventi all'interno dell'immobile e soprattutto all'interno delle parti abitate, che in questo caso riguardano tutti i tre livelli sopra il piano terra.

L'intervento progettato ha riguardato, quindi, solo le parti esterne del fabbricato.

I materiali considerati efficaci, ai fini del miglioramento sismico e statico, sono stati inseriti nel modello 3D, in 3Muri Project, sulle murature esterne nello stato di fatto.

Si è dimostrato alla Committenza che, ricollocando le aperture del piano terra in linea con quelle dei piani superiori si otteneva un comportamento migliore della muratura portante e tale intervento è stato concesso dato che non avrebbe recato pregiudizio alle attività condominiali.

Si mostra, nella fig. 6 in alto a sinistra, il prospetto della facciata frontale con l'intonaco armato e con le aperture al piano terra allineate con quelle superiori. Tutte le murature perimetrali sono state ricoperte con i materiali considerati efficaci.

In particolare, gli interventi progettati sono i seguenti:

- posa dell'intonaco armato sui lati degli spazi comuni, come il piano terra;
- posa di rinforzi in fibre FRM bidirezionali sulle murature;
- posa di rinforzi in fibre di acciaio in avvolgimento sui pilastri.

Nel dettaglio 01 della fig. 6, che richiama il prospetto Sud, si mostra che le finestre su questo prospetto sono molto ravvicinate e sono separate da un pilastro in muratura che, nelle analisi, esibisce una crisi fragile. Per evitare tale crisi è stato progettato l'intervento di rinforzo con calastrelli per setti in muratura.

Si è osservato, nel rilievo strutturale, che il solaio di copertura in laterocemento presenta i travetti senza la soletta e, quindi, si è progettato di inserire per ogni falda un controvento realizzato con un nastro forato all'estradosso.

Si è progettato di inserire, inoltre, delle fasce in fibra di acciaio a livello dei solai per inibire i meccanismi locali di natura fragile.



Fig. 6 Interventi di rinforzo inseriti nel modello dello stato di progetto in 3Muri Project

Tutti gli interventi descritti sono stati inseriti, studiati e verificati all'interno del software di calcolo strutturale, 3Muri Project, tramite le diverse finestre di dialogo dedicate agli interventi di rinforzo strutturale. La progettazione degli interventi è stata facilitata anche dalla presenza di ricche librerie di materiali specifici presenti in commercio. Si è inserita la fibra unidirezionale GEO STEEL 200 a livello dei solai, la fibra NHL 105 e le fibre con mesh 66 per l'intonaco armato diffuso.



Fig. 7 Software 3Muri Project – finestre di dialogo dedicate all'inserimento degli interventi di rinforzo strutturale negli elementi in muratura portante e nei solai

Inserendo manualmente alcuni parametri e avendo a disposizione, nelle librerie, gran parte delle caratteristiche dei materiali usati, i professionisti dello studio tecnico hanno modellato con oculatezza l'intervento di rinforzo verificando il miglioramento sismico e le proprietà dei muri rinforzati, senza ricorrere ad ulteriori strumenti.



Fig. 8 Tabelle dei risultati ottenuti in 3Muri Project

I miglioramenti delle verifiche globali, rilevate nel modello 3D di 3Muri Project, sono i seguenti:

- Dir. X: fattore di vulnerabilità pari a 0,63 (aumento del 30%);
- Dir. Y: fattore di vulnerabilità pari a 0,43 (aumento del 30%);
- Carichi verticali: fattore di sicurezza pari a 0,66 (aumento del 15%);

Si mostrano, qui, solo le verifiche dei cinematismi locali ritenuti più significativi, ossia quelli generati da una parete senza cordolo sommitale e con cerniere diffuse alla base o in corrispondenza dei piani. Chiaramente, la vulnerabilità ai meccanismi locali è stata modellata nella situazione limite, ossia considerando una parete senza cordoli in cui sono state inserite le azioni del tiro delle catene di acciaio ipotizzate, G600.

In fig. 9 si mostrano, inoltre, i risultati delle verifiche per i meccanismi locali citati. Si osserva che la parete senza le catene mostra un cinematismo di ribaltamento e il risultato della verifica è in rosso perché non è soddisfatta.

Successivamente, inserendo le catene in acciaio con un tiro adeguato, la verifica dei meccanismi locali, ipotizzati dai progettisti, risulta verde perché soddisfa i criteri della Normativa.

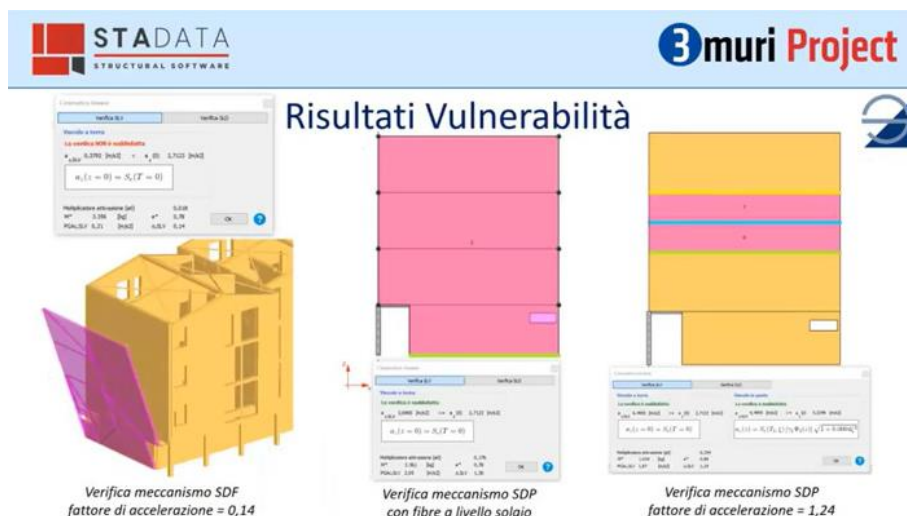


Fig. 9 Immagini delle verifiche dei meccanismi locali di ribaltamento eseguite in 3Muri Project

4. Conclusioni finali

Si ritiene adeguato il livello di sicurezza verificato per questa tipologia di immobile con gli interventi studiati e realizzabili nel rispetto delle prescrizioni citate in precedenza.

Inoltre, il miglioramento dei fattori di vulnerabilità ha permesso anche di accedere alle detrazioni fiscali del Sismabonus.

Si precisa che, in direzione Y, le pareti perimetrali, su cui si è potuto intervenire, sono solo due e, quindi, non si è potuto ottenere un aumento della resistenza in Y per l'intero fabbricato.

Per avere risultati più apprezzabili in tale direzione sarebbe auspicabile intervenire anche sulle pareti delle parti interne del condominio e, quindi, solo quando l'immobile sarà reso disponibile nella sua interezza.

Per maggiori informazioni il nostro Team è sempre a vostra disposizione al n. verde 800 236 245 oppure all'indirizzo comm@stadata.com.

3Muri Project X4 è un software di calcolo strutturale nato dal team di sviluppo di STA DATA, appositamente pensato come **soluzione integrata e modulare per l'analisi delle strutture in murature e miste**, sia dal punto di vista globale che locale.

Accanto al modulo principale, dedicato alla verifica globale della struttura, sono disponibili i seguenti moduli opzionali che completano il programma:

1. **modulo Meccanismi locali** consente questa verifica a partire dal modello utilizzato per la verifica globale realizzata con il modulo principale, qualora il comportamento scatolare non sia garantito per mancanza dei collegamenti tra solai e pareti;
2. **modulo Analisi di sensibilità.** Il calcolo delle strutture esistenti in muratura è particolarmente complesso a causa delle incertezze delle entità in gioco, come le rigidità degli elementi, le resistenze, le geometrie. L'analisi di sensibilità ha come obiettivo una migliore conoscenza del comportamento strutturale attraverso l'individuazione dei parametri che maggiormente incidono nel calcolo, permettendo di focalizzare l'attenzione su questi dati;
3. **modulo Fondazioni** consente, a completamento delle verifiche delle strutture in elevazione, la verifica delle strutture di fondazione esaminando la distribuzione delle tensioni sul terreno. Il modulo Fondazioni, inoltre, permette l'esame della capacità portante e i cedimenti di fondazioni continue, il progetto di plinti di fondazione in c.a.
4. **modulo Multithreading e solutore a matrici sparse** che permette di utilizzare due differenti impostazioni di calcolo in merito al processore: la selezione del metodo di calcolo a matrici dense o matrici sparse e il multiprocessore. Il modulo multithreading permette di indirizzare ogni analisi su un differente processore del pc, con un notevole risparmio in termini di tempo.
5. **modulo IFC** consente l'importazione ed esportazione in formato IFC, per consentire l'interoperabilità tra progettisti differenti.
6. **modulo SismoTest** dedicato alla Classificazione sismica degli edifici, secondo il D.M. n. 65 del 7/3/2017.