

Le interviste

La rubrica “Le Interviste” che vuole mettere a tu per tu il lettore con personalità della ricerca e delle istituzioni, cercando di chiarire il più possibile l’opinione del mondo della ricerca nei riguardi di alcuni temi di ingegneria sismica e di sismologia. L’intento è quello di trattare in modo molto semplice e lineare dei temi che ai più possono sembrare complessi, andando a coinvolgere esperti del settore che rispondendo ad alcune domande cercheranno di chiarire i dubbi dei lettori.

Le interviste sono pensate e condotte da ricercatori esperti che attraverso domande specifiche riusciranno a raggiungere l’obiettivo previsto.

Questa intervista è stata condotta dal sismologo Massimiliano Stucchi. Stucchi è stato ricercatore presso il CNR, direttore della sezione INGV di Milano. Oggi collabora con Eucentre ed anima il blog “terremoti e grandi rischi”. Il blog “terremoti e grandi rischi” nasce nel settembre 2013 durante il processo “Grandi rischi” e ora ha lo scopo di dedicare spazio a materiali e opinioni riguardo al processo oltre che a dibattiti e interviste sui terremoti, i loro effetti e possibili modalità per la riduzione del rischio sismico. Il blog “terremoti e grandi rischi”, è disponibile all’indirizzo: <https://terremotiegrandirischi.com/>

Gli edifici in muratura alla prova dei terremoti italiani

Intervista di Massimiliano Stucchi a Guido Magenes

Guido Magenes è professore di Tecnica delle costruzioni all’Università di Pavia e allo IUSS Pavia. È inoltre Advisor del Dipartimento Costruzioni e Infrastrutture della Fondazione Eucentre. La sua area di maggior competenza è il comportamento sismico delle costruzioni in muratura e per questo ha anche partecipato e tuttora partecipa a numerosi comitati tecnico-normativi italiani e europei.

Abbiamo discusso con lui del comportamento degli edifici in muratura in Italia, con particolare riferimento a quanto avvenuto in occasione degli ultimi terremoti.

I terremoti del 2016 hanno determinato una sequenza di scuotimenti che ha messo a dura prova gli edifici della zona colpita, in particolare quelli in muratura. Gli effetti visti sul campo sono molto diversi fra loro: accanto agli edifici già pesantemente danneggiati dal terremoto del 24 agosto ve ne sono altri che hanno visto aggravare le loro condizioni dalle scosse di ottobre, e altri che sembrano non aver subito danni gravi in tutta la sequenza. Hai una spiegazione per questo?

Il patrimonio di edifici in muratura esistenti sul nostro territorio ha caratteristiche e qualità molto variabili, in funzione dell’epoca di costruzione, dei materiali e dei criteri costruttivi utilizzati, della tipologia e forma architettonica (edifici ordinari o chiese, palazzi, torri, eccetera...), degli eventuali interventi di manutenzione e rinforzo o manomissione e indebolimento succedutesi nel tempo. Certamente esistono tipologie problematiche ricorrenti, ma la diversità del comportamento degli edifici in muratura, al netto della severità dello scuotimento (ovvero del diverso moto del terreno nei vari siti), è dovuta appunto a questa grande variabilità.

Nel caso specifico della sequenza sismica dell’Italia centrale, che ha interessato un’area molto vasta e quindi una notevole varietà di edifici, si è quindi osservato quello che dici tu: dall’edificio di costruzione recente, di pochi piani, in buona parte o in tutto conforme ai criteri moderni di progettazione e di costruzione, che non ha presentato danni di rilievo, agli edifici storici con grandi luci ed altezze, come ad esempio le chiese, che tendono ad essere più vulnerabili e hanno quindi subito danni significativi e crolli a causa delle loro dimensioni, dei rapporti geometrici e della loro organizzazione strutturale. In molti casi anche la scarsa qualità dei materiali ha ulteriormente aggravato la situazione.

In tutti i Comuni colpiti vigeva la normativa sismica, con diversi anni di decorrenza (gli estremi sono rappresentati da Amatrice e Accumoli, 1927, e Arquata del Tronto, 1984). La distribuzione del danno non sembra essere influenzata da queste diversità; c'è una ragione?

Non tutte le normative sono ugualmente efficaci: una norma del 1927 è ovviamente molto diversa, sotto tanti punti di vista, da una norma degli anni '80 o degli anni 2000 e, come ho accennato sopra, gli edifici costruiti nel rispetto delle norme più recenti si sono comportati generalmente bene (edifici costruiti con blocchi artificiali e malte di buona resistenza, oppure anche edifici in pietra demoliti e ricostruiti con malte di buona qualità).

Non direi quindi che la distribuzione del danno non sia del tutto influenzata dal contesto normativo. Dipende da cosa c'era scritto nella norma e da quanti edifici sono stati costruiti o riparati o rinforzati dopo l'introduzione della norma (nei centri colpiti una percentuale notevole degli edifici era stata costruita prima delle normative sismiche che hai ricordato). Le norme e i criteri progettuali non nascono necessariamente perfetti e aggiustano il tiro sulla base dell'esperienza dei terremoti. Ad esempio, certamente è solo da quindici-venti anni che si è incominciato a riconoscere che certi tipi di interventi proposti e largamente applicati dopo i sismi del Friuli e della Basilicata sono dannosi o non funzionano (si pensi ai famigerati "cordoli in cemento armato in breccia" inseriti in un edificio esistente in muratura di pietrame: è da Umbria-Marche '97 che si è incominciato a capirne l'inefficacia).

Nei centri in cui la presenza di una normativa o di una classificazione sismica sembra non aver sortito alcun effetto bisogna tener conto anche del fatto che i controlli sulla qualità della costruzione degli edifici, in particolare in muratura, erano inesistenti o inefficaci almeno fino alle legislazioni più recenti. L'uso di una malta scadentissima è un elemento ricorrente in molte delle vecchie costruzioni in muratura crollate o danneggiate nell'ultima sequenza sismica. In centri come Accumoli e Amatrice sembra che anche dove sono stati fatti interventi sugli edifici, sostituendo ad esempio i vecchi solai, o inserendo qualche catena, non ci fosse consapevolezza o si sia molto sottovalutato il problema della scarsa qualità muraria, rendendo in definitiva inefficaci gli interventi fatti. Aggiungiamo poi che gran parte di quelle aree hanno subito dagli inizi del 1900 ad oggi un notevole spopolamento, con inevitabili conseguenze sulla manutenzione delle costruzioni, che ha portato ad un incremento di vulnerabilità piuttosto diffuso.

Quanto – e come - gioca nella sicurezza sismica di un edificio in muratura la sua realizzazione, al di là del progetto?

La domanda mi dà l'occasione di soffermarmi ancora un momento su cosa si intende per "progetto", che è qualcosa di diverso dal mero "calcolo". Il progetto comprende tutti gli aspetti di ideazione, concezione, scelta e organizzazione della struttura, scelta di materiali e tecniche costruttive con la consapevolezza di come potranno e dovranno essere realizzati in opera, calcoli di verifica delle prestazioni in termini di sicurezza e di comportamento in esercizio, prescrizioni sui dettagli costruttivi. Nella progettazione sismica moderna è inoltre necessario tener conto, quando rilevante, della risposta sismica delle parti non strutturali della costruzione. Deve inoltre esserci il controllo che quanto prescritto nel progetto sia realizzato in fase di costruzione. Il calcolo è quindi solo una componente del progetto. È interessante quindi notare come gran parte degli edifici esistenti in muratura non è stato calcolato, perlomeno come intendiamo il calcolo strutturale ora. La prima norma tecnica nazionale sulle costruzioni in muratura con una descrizione sufficientemente dettagliata dei calcoli per la verifica strutturale risale al 1987. Norme tecniche con indicazioni per il calcolo sismico, sono state emanate dopo il sisma del Friuli 1976 e via a seguire. Prima di quelle norme esisteva sostanzialmente una letteratura e una manualistica tecnica, con riferimento ai principi della meccanica, nonché una tradizione costruttiva. Vorrei chiarire che sto parlando di norme che dicano come *calcolare* la *resistenza* di un edificio in muratura, soggetto ad azioni sismiche o non sismiche. Tanto per fare un esempio, il Regio Decreto del 1909 (post terremoto di Messina), grande esempio storico di normativa sismica, dà criteri per definire l'azione sismica, dà regole costruttive e geometriche ma non dice come si calcola la resistenza (quella che oggi si chiamerebbe la capacità) di un edificio in muratura.

La tradizione costruttiva basata sul rispetto della "regola dell'arte" ha sempre avuto ben presente l'importanza del dettaglio costruttivo, della qualità dei materiali, di come l'edificio viene costruito, e questo ha consentito e consente ad edifici ben costruiti ma non "calcolati" di resistere egregiamente a scosse sismiche anche molto violente. Nella costruzione moderna il rispetto in cantiere delle regole esecutive, del controllo della qualità dei materiali, è altrettanto importante, anche se lo è per la muratura come per le altre tipologie. La sensibilità della struttura a difetti costruttivi è funzione del livello di robustezza della concezione strutturale. Una costruzione scatolare in muratura, fortemente iperstatica (cioè in cui il numero di elementi resistenti è superiore al minimo necessario per garantire l'equilibrio dei carichi) potrebbe in principio essere meno sensibile al problema di una struttura prefabbricata isostatica (cioè in cui il numero di elementi resistenti è pari al minimo necessario per garantire l'equilibrio dei carichi, per cui è sufficiente che un solo elemento vada in crisi per avere il collasso). Ovviamente stiamo parlando di eventuali difetti locali e non

generalizzati su tutta la costruzione. Se tutti i materiali sono scadenti in tutta la costruzione è un grosso guaio, ed è comunque difficile dire se sta peggio un edificio in muratura o uno a telaio in cemento armato, in cui magari aggiungiamo difetti nei dettagli d'armatura nei nodi o negli ancoraggi...

Come ha giocato nell'aggravamento del danno (laddove si è verificato) il ripetersi degli scuotimenti forti? Si tratta di qualcosa che è implicitamente previsto, e contrastato, dalle norme sismiche? Viceversa, come spieghi i numerosi casi di assenza quasi totale di danno?

Lo scuotimento ripetuto aggrava tanto più il danno quanto più il danno generato dalla scossa precedente è grave. Sembra un'affermazione un po' banale, però nella sostanza è quello che succede. Per esempio, se in un edificio in muratura una prima scossa genera solo poche fessure non molto ampie e di un certo tipo (ad esempio fessure orizzontali nei muri, che si richiudono dopo la scossa per effetto del peso proprio), l'edificio non ha perso molta della sua capacità resistente; quindi se verrà assoggettato a scuotimenti ripetuti, meno intensi della prima scossa, è possibile che il danno non si aggravi eccessivamente, e se verrà assoggettato ad uno scuotimento più forte della prima scossa avrà una resistenza uguale o di poco inferiore a quella che avrebbe se la prima scossa non ci fosse stata. Se invece una scossa porta a sviluppare fessure diagonali (le cosiddette fessure "per taglio") o fessure verticali con distacchi, la parte lesionata ha perso una quota significativa della sua capacità di resistere e lo scuotimento ripetuto successivo può portare al degrado progressivo e al crollo anche se le scosse successive subite dall'edificio, singolarmente sono magari meno forti della prima. È qualcosa di visibile e riproducibile anche in laboratorio.

Detto questo, ci sono tipologie di costruzioni e di elementi strutturali che sono più o meno sensibili al ripetersi dell'azione sismica. Quando gli ingegneri sismici parlano di "duttilità" della struttura o di un meccanismo si riferiscono anche a questo, cioè alla capacità di una struttura di resistere a ripetuti cicli di sollecitazione ben oltre la soglia della prima fessurazione o del primo danno visibile, senza arrivare al crollo. Una costruzione moderna ben progettata in cemento armato è una struttura di questo tipo, ad esempio. La muratura non armata, invece è più suscettibile al danno indotto dalla ripetizione di cicli di sollecitazione post-fessurazione. Come conseguenza, gli edifici esistenti in muratura una volta danneggiati da una prima scossa sono più vulnerabili a scosse successive. Se invece la prima scossa non genera danni di rilievo la sicurezza della costruzione si mantiene, nella maggior parte dei casi, più o meno inalterata e questo rende conto del fatto che anche numerose costruzioni in muratura hanno resistito alle scosse ripetute. Purtroppo a volte il danno può non essere chiaramente visibile. Il danno nella muratura si origina sotto forma di micro-fessure (non visibili ad occhio nudo) che si sviluppano poi in macro-fessure. Se in una prova di laboratorio si spinge un campione di muratura ad una condizione molto prossima all'innescò delle macro-fessure ma si rimuove il carico prima del loro sviluppo, può succedere che in una fase di carico successiva la macro-fessura si formi ad un livello di carico inferiore a quello raggiunto nella prima fase. Può quindi succedere che un edificio che ha resistito ad una scossa violenta senza danni apparenti si lesioni visibilmente per una scossa successiva meno violenta della prima.

Mi chiedi se il comportamento della struttura a scosse ripetute sia implicitamente considerato nelle norme sismiche: la risposta è affermativa, almeno per alcuni aspetti. Ad esempio, il rispetto di certi dettagli costruttivi nel cemento armato e l'applicazione di certe regole nel dimensionamento delle sezioni e dell'armatura hanno proprio anche questo scopo, di rendere la struttura meno suscettibile al danno sotto azioni ripetute. Inoltre strutture meno duttili, come quelle in muratura non armata, vengono progettate con azioni sismiche di progetto più elevate anche per "compensare" la loro maggiore suscettibilità al degrado dovuto all'azione ripetuta. Ci sono però alcuni aspetti del problema della resistenza e dell'accumulo del danno sotto scosse ripetute che restano ancora da esplorare e costituiscono un argomento di ricerca ancora abbastanza "di frontiera". In particolare, se è vero che incominciano ad essere disponibili dei modelli concettuali per valutare come cambia il rischio (ovvero la probabilità di collasso o di danneggiamento) di un edificio o di un insieme di edifici al trascorrere del tempo e al susseguirsi delle scosse sismiche, questi modelli vanno ancora notevolmente affinati per dare risultati che siano quantitativamente affidabili.

Nota: una versione più estesa di questo colloquio, pubblicata nel 2018 nel blog "terremoti e grandi rischi", è disponibile all'indirizzo: <https://terremotiegrandirischi.com/2018/02/07/gli-edifici-in-muratura-alla-prova-dei-terremoti-italiani-colloquio-con-guido-magenes/>