UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

FLORE
Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

La vulnerabilità sismica dell'edilizia storica e dei monumenti

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

La vulnerabilità sismica dell'edilizia storica e dei monumenti / G. Tempesta. - In: COSTRUIRE IN LATERIZIO. - ISSN 0394-1590. - STAMPA. - Costruire in Laterizio, Anno XXIV, N. 140 marzo-aprile:(2011), pp. 13-16.

Availability:

This version is available at: 2158/596454 since:

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

12 October 2024

La vulnerabilità sismica dell'edilizia storica e dei monumenti

Nel saggio scritto nel 1986 sul tema "Architettura e Terremoti", Salvatore Di Pasquale pone in risalto, nel confronto tra i due termini riportati nel titolo di questa breve nota, la complessità di una relazione che solo negli ultimi anni ha preso corpo "… dando luogo ad una crisi non ancora completamente risolta"(1).

Il tema dell'intervento di salvaguardia antisismica nell'edificato storico, tipico dei centri antichi italiani, propone il dilemma tra recupero della potenzialità abitativa e carattere originario del tessuto edilizio, inteso quest'ultimo come *facies* dell'impianto urbanistico e tipologico. A tale proposito, è bene considerare che, se è pur vero che il tema della sicurezza costituisce da sempre il criterio di base nella formulazione delle normative sismiche, al tempo stesso l'esigenza della conservazione della memoria storica dei centri urbani, come anche la tutela dell'architettura monumentale intesa come espressione più rappresentativa del bene culturale, devono apparire imprescindibili e indilazionabili.
L'obiettivo finalizzato al conseguimento della sicurezza sismica diviene, quindi, elemento cruciale nelle scelte degli interventi, assumendo il carattere culturale del tema stesso della sicurezza in quanto, se svolto disconoscendo la consapevolezza del valore e della natura dell'ambiente in cui si opera, può produrre guasti irreparabili.

A tale proposito, l'apparato normativo che ha tentato di regolamentare negli ultimi quarant'anni i criteri di intervento nelle aree colpite dal sisma, a partire dal terremoto friulano del 1976, sembra aver seguito come unico scopo quello della "sicurezza", trascurando nel contempo quello della "conservazione".

"Il restauro antisismico dei centri storici deve invece essere coniugato sul doppio versante di sicurezza e conservazione. Coniugazione di un unico verbo, del semplice restaurare, che non è tale se non conserva e non conserva se non assicura"(2).

Per molti anni, in particolar modo tra gli anni Settanta e gli anni Ottanta, sotto la pressione di emergenze contingenti, gli sforzi di tecnici e studiosi sono stati indirizzati sull'unico fronte prioritario della sicurezza, concretizzandosi in una sorta di limitazione che di fatto si è dimostrata contraddittoria se non addirittura controproducente. Lo dimostra il fatto che sono stati concepiti interventi, supportati da norme generali di riferimento, che hanno prodotto il totale stravolgimento dell'identità delle opere che si intendeva conservare, adottando tecniche che, private dei necessari riferimenti con quelle originali degli edifici, si sono rivelate, oltre che incompatibili, addirittura inefficaci tradendo anche quell'obiettivo di sicurezza che attraverso di esse si credeva di privilegiare.

Il contributo di Antonino Giuffrè e le *Linee Guida*

Come spesso avviene nel ragionamento scientifico, porre il problema, perlomeno in linea teorica e posto che la soluzione esista, equivale già in parte a risolverlo.

In tal senso, stabilendo che la riduzione del rischio sismico dei centri storici e dei monumenti è essenzialmente un problema di restauro, occorre imboccare la strada operativa propria di questa disciplina e partire dal presupposto che "…bisogna innanzitutto conoscere 'cosa' conservare, e da tale conoscenza far scaturire il 'come' conservare con sicurezza"(3).
Percorrere questo sentiero, ricorda lo stesso Antonino Giuffrè, potrebbe condurre a conclusioni tali da rendere inconciliabili i termini stessi della conservazione e della sicurezza, e quindi ad assumere con chiara consapevolezza il fatto che occorra rinunciare "… all'uno o all'altro dei due termini, o riducendo la sicurezza, e quindi l'uso, o sacrificando la conservazione, e quindi trasformando le strutture originali"(4).

Roberto Cecchi, direttore generale per i Beni Architettonici e Paesaggistici, e Michele Calvi, professore ordinario di Tecnica delle Costruzioni dell'Università di Pavia, a commento delle recenti *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, ricordano che "la salvaguardia del patrimonio culturale dal rischio sismico in Italia è innanzitutto un tema di prevenzione, finora mai attuata, se non in casi assolutamente singolari, tanto da non costituire neanche un precedente. Ma la conservazione del patrimonio culturale dipende moltissimo anche dalla natura dei progetti che si realizzano. Un intervento di scarsa qualità è peggiore del non intervento. Complessivamente, finora, i lavori per la sicurezza antisismica non sono stati di qualità. Di solito, si è trattato di progetti che non si sono preoccupati di guardare la fabbrica che è stata volutamente ignorata, nella miope convinzione che fosse a priori inadeguata; maturando l'idea che l'unica soluzione possibile fosse quella di sovrapporsi letteralmente all'esistente, utilizzando i criteri costruttivi del nuovo e adottando modi di intervenire quantomeno impropri. Il risultato è stato disastroso; sono andate perse considerevoli parti del patrimonio culturale che non sarà possibile in alcun modo recuperare; si sono impegnate risorse ingenti spesso in maniera inefficace. Da qui, la necessità di dotarsi di strumenti adeguati, come riteniamo possano essere le citate *Linee Guida*, che consentiranno di agire in modo metodologicamente corretto"(5).

Nell'ambito della discussione irrompono con manifesta problematicità i due termini, o meglio i due concetti, di adeguamento e miglioramento. Premesso che l'intervento di adeguamento antisismico diviene prescrittivo quando si intenda sopraelevare o ampliare l'edificio, apportare variazioni che comportino, nelle strutture interessate dall'intervento, incrementi di carico permanente e accidentale superiori al 20%, effettuare operazioni rivolte a trasformare l'organismo edilizio nel suo complesso o ad alterarne sostanzialmente il comportamento globale, se ne deduce che ai fini della tutela dei beni architettonici tale azione diventi inconciliabile con le istanze sopra ricordate e quindi di per sé inapplicabile.

Terremoto del 6 aprile 2009. Castelnuovo delle Camere (AQ). Edificio privo di danni: esempio di costruzione secondo le "regole dell'arte".

La conservazione dell'architettura storica tra lessico costruttivo e progetto antisismico

Nell'opera di Gianfranco Caniggia, successivamente ripresa da Gian Luigi Maffei, viene sottolineata l'importanza della lettura incrociata tra fonti storiche e verifiche effettuate sul campo relativamente allo sviluppo dei nuclei urbani, ponendone in evidenza l'utilità per la definizione dei tipi costruttivi nelle loro varianti sincroniche ai fini della formazione di tabelle tipologiche. Il configurarsi delle cosiddette "regole dell'arte" è il frutto di un progressivo affinarsi, nell'edilizia storica, dei criteri esecutivi e dei principi di proporzione geometrica dei manufatti; criteri e principi che sono confluiti nella formazione di tecniche costruttive dotate di specificità locali anche in relazione alla disponibilità dei materiali. Il "collaudo" della storia fornisce la sua testimonianza attraverso l'esistenza stessa degli edifici, ricordando tuttavia che la cultura costruttiva antisismica di un dato luogo è direttamente influenzata dal livello di pericolosità sismica e dalla ricorrenza dei terremoti. Così come in aree ad alta sismicità l'esperienza ha favorito e sviluppato la messa a punto di soluzioni costruttive efficaci per la riduzione della vulnerabilità, facendo sì che presidi antisismici come contrafforti, catene, collegamenti e ammorsamenti tra murature siano diventati parti integranti delle regole costruttive, è possibile che nelle aree a bassa sismicità tali accorgimenti siano sporadici o completamente assenti. Una qualsivoglia strategia per la scelta dell'intervento di miglioramento sismico attraverso tecniche che siano rispettose del carattere originario delle costruzioni in muratura dell'edilizia storica, come anche qualsiasi tentativo di modellazione strutturale che ne quantifichi in termini più rigorosi l'effica-

Miglioramento sismico e "sicurezza equivalente"

L'intervento di mitigazione del rischio sismico nei beni appartenenti al patrimonio culturale diviene, quindi, essenzialmente intervento di miglioramento, quale punto di incontro tra le esigenze della conservazione, da un lato, e quelle della sicurezza dall'altro.

L'acquisizione e la consapevolezza piena di questo punto di vista ha vissuto un lento ma progressivo sviluppo negli ultimi trent'anni, supportato dal contributo significativo di alcuni settori di ricerca provenienti dal mondo universitario. A tale proposito, va ricordato come il "Comitato nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico", nel seminario nazionale di studio coordinato da Romeo Ballardini, ponesse già nel 1997 un primo punto fermo nell'ampia riflessione scientifica sulle questioni inerenti gli strumenti tecnici di analisi e di progetto riferiti ai beni culturali, ribadendone, da un lato, i caratteri di specificità disciplinare, dall'altro la necessità che tale specificità disponesse di un riscontro preciso a livello normativo[6].

Terremoto del 6 aprile 2009. Castelnuovo delle Camere (AQ). Crollo per ribaltamento di facciata.

Altro aspetto significativo della crescita di una consapevolezza più matura era rappresentato dal fatto che quella riflessione non si limitava ad affrontare il tema dei soli beni vincolati, ma si estendeva a tutto il costruito di valore storico, assumendo i termini di una stretta relazione tra le procedure di un intelligente e sensibile concetto di miglioramento sismico e quelli di una ragionevole "sicurezza equivalente".

Il problema della valutazione del rischio sismico e della messa in sicurezza dell'edificato storico si arricchisce di nuovi contenuti attraverso un approccio che punta a divenire sempre meno 'prescrittivo' e sempre più 'prestazionale', aggiungendo al profilo tecnico-scientifico delle analisi quello storico-critico, affiancando al rispetto del rigore scientifico ed al suo fondamento numerico e quantitativo un punto di vista diverso, più intuitivo e deduttivo al tempo stesso. Considerando la complessità propria degli edifici monumentali ed in generale degli edifici costruiti in muratura, realizzati secondo modalità e materiali diversi, da luogo a luogo e da periodo a periodo, tale processo logico-intuitivo, finalizzato al tema della valutazione della sicurezza antisismica, assume una posizione quasi privilegiata rispetto alle consuete metodologie moderne di analisi, caratterizzandosi, come ricorda Giovanni Carbonara, attraverso la richiesta di "…una capacità di sintesi e di comprensione che solo una lunga esperienza ed una solidissima base scientifico-tecnica possono assicurare"[7].

Il contributo a questa nuova visione, quale esercizio più colto della professione del 'consolidamento' in materia di beni architettonici, si deve principalmente agli esiti degli studi di Salvatore Di Pasquale, Edoardo Benvenuto e Antonino Giuffrè. Di Pasquale[8], seguendo un percorso già tracciato da Jaques Heyman, è stato tra i primi ad introdurre un rinnovamento radicale dei criteri necessari ad affrontare lo studio dei problemi di verifica e comprensione della stabilità, della sicurezza e della resistenza delle murature storiche[9, 10].

Edoardo Benvenuto per primo propone una rivisitazione degli stessi fondamenti della Scienza delle Costruzioni nell'ambito di una prospettiva storica[11].

Ad Antonino Giuffrè[12] si deve l'approfondimento più operativo del tema, attraverso la definizione dei principali meccanismi di collasso delle strutture murarie e la messa a punto di indicazioni di intervento di eccezionale finezza ed originalità[13].

Intervenire in termini di miglioramento nell'ambito del costruito storico significa, quindi, operare solo in termini di compatibilità e sulla base della conoscenza della fabbrica, realizzando un progetto che sia rispettoso del contesto in cui si applica pur tenendo conto di opportune garanzie di sicurezza le quali, dal punto di vista strutturale, devono far riferimento al concetto di sicurezza equivalente.

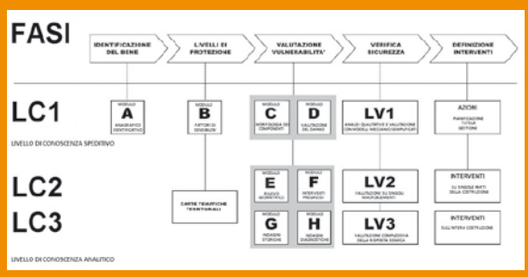
I punti chiave del problema diventano quindi l'analisi specifica e 'personalizzata' della sismicità del sito, la definizione della tipologia edilizia e costruttiva, la lettura delle tecniche costruttive e la conseguente valutazione delle caratteristiche meccaniche, l'analisi meccanica degli edifici in relazione alla vulnerabilità sismica ed alle modalità di danno, il progetto delle tecniche di intervento.

Rispetto al tema della sismicità del sito, Antonino Giuffrè ricorda che "la vulnerabilità del patrimonio esposto è un elemento pressoché determinante per l'esito degli effetti sismici, ma rimane quasi sempre una variabile nascosta. Nella risposta sismica locale giocano, infatti, molteplici fattori storicamente mutevoli e difficilmente definibili, allo stato attuale delle conoscenze, in termini quantitativi: per questa ragione, le stime d'intensità vanno intese come indicazioni sintetiche di quadri territoriali, di effetti che restano complessi, differenziati e solo parzialmente quantificabili"[14].

Del resto, le recenti norme definiscono la *pericolosità sismica* come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una definita soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (PGA). Al tempo stesso, la *vulnerabilità sismica* viene espressa come la probabilità che una struttura di un certo tipo possa subire un determinato livello di danneggiamento a seguito di un terremoto di una determinata intensità. Ai suddetti concetti, si aggiungono quelli di *esposizione sismica* costituita da tutto ciò che è stato realizzato dall'uomo, la cui condizione e il cui funzionamento può essere danneggiato, alterato o distrutto dall'evento sismico, e *rischio sismico* determinato dalla combinazione tra pericolosità sismica, vulnerabilità sismica ed esposizione sismica, inteso come la misura dei danni attesi in un dato intervallo di tempo, in funzione della sismicità del sito, della resistenza delle costruzioni e del livello di antropizzazione cia, non può che discendere dall'adeguata conoscenza delle tipologie edilizie e del loro lessico costruttivo. L'allegato A *delle Linee Guida* recita: "Il presente allegato costituisce parte integrante del testo delle *Linee Guida* e rappresenta la struttura dei dati conoscitivi minimi necessari per la definizione del modello interpretativo degli edifici di interesse culturale ai fini della valutazione dello stato di conservazione e della sicurezza sismica. In particolare, viene definita la struttura logica del percorso conoscitivo e la qualità dei dati. Per livello di conoscenza speditivo si fa riferimento a dati acquisiti mediante l'osservazione diretta delle qualità della fabbrica, una prima stima dimensionale della stessa e a fonti documentarie, quali indagini storiche sul manufatto e sull'ambito; per livello di conoscenza analitico si fa invece riferimento all'affinamento della conoscenza geometrica e materico-costruttiva della fabbrica, a dati indiretti quali valutazioni eseguite per analogia su studi e ricerche certificati, analisi *in situ* o in laboratorio"[1]. L'intero *iter* metodologico non è sintetizzabile in un'unica soluzione, bensì la raccolta dei dati conoscitivi deve essere articolata per moduli autonomi, ognuno dei quali è finalizzato alla rappresentazione di un livello di conoscenza con diverso grado di attendibilità. A fronte delle molteplici varietà con le quali la costruzione muraria appare nei diversi luoghi e nelle diverse epoche storiche, essa presenta alcune caratteristiche costanti. L'Allegato B delle *Linee Guida* fa riferimento al riconoscimento di queste caratteristiche finalizzandole alla corretta modellazione meccanica. In particolare, occorre fare riferimento ad alcune costanti: *elementi strutturali semplici*, ovvero muri solai e tetti, eventualmente scale e forature quali porte e finestre; *apparecchi di connessione*, sinteticamente elencabili in connessione tra muro e terreno, ingranamento tra elementi lapidei costituenti il muro, connessione tra muro e muro, connessione tra solaio o

(natura, qualità e quantità dei beni esposti). Appare tuttavia indubbio, stanti le premesse metodologiche ed i concetti generali sopra espressi, che nel caso dell'edilizia storica non è realisticamente possibile definire una funzione di vulnerabilità dipendente da una legge continua della intensità sismica, così come il livello degli interventi di rinforzo non può essere graduato con diretto riferimento ad una intensità di progetto. Ne scaturirebbe una modalità di interventi che, nella maggioranza dei casi, porterebbe inevitabilmente alla riproposizione di un generico adeguamento strutturale, in grado di stravolgere non solo la consistenza e la caratteristica tipologica propria degli elementi costruttivi, ma anche lo schema delle gerarchie e l'organizzazione originale di questi ultimi. L'esperienza del recente passato ha dimostrato come ogni qual volta si sia intrapresa questa strada, affrontando cioè in questi termini il tema della sicurezza del patrimonio culturale, si sia assistito al prender corpo di progetti velleitari che hanno dimostrato in ogni caso la loro inadeguatezza a risolvere veramente i problemi sia sul versante della conservazione che su quello della sicurezza stessa.

In questo quadro, non resta che seguire la stessa logica che, nella storia, ha supportato l'emanazione delle stesse normative sismiche, intese come risposta tecnica alle vulnerabilità desunte dall'osservazione dei danni provocati da eventi precedenti. Del resto, i metodi costruttivi propri della tecnologia muraria, anche nei casi in cui – come nei centri storici – essi si presentano in un apparente ginepraio di modifiche e superfetazioni, conservano una costanza organizzativa, una matrice riconoscibile che ne rivela la logica semplice e al tempo stesso ripetitiva e generalizzabile. "La costanza delle forme costruttive è il risultato della uniformità delle esigenze"[15]. Sottolinea ancora Giuffrè, "…da immagini di danni avvenuti su strutture murarie, si può notare che il sisma non disintegra in modo disordinato le case, ma seleziona le parti strutturali e le soluzioni tecnologiche più deboli provocando danni e collassi mediante meccanismi definibili in anticipo. A differenza di quanto avviene negli edifici concepiti e costruiti come un'unica struttura continua – gli edifici moderni in acciaio o in cemento armato –, la mancanza di connessioni tra le parti che caratterizzano le costruzioni in muratura permette il verificarsi di collassi parziali. Solo la parte più debole della costruzione cede al sisma, senza trascinare con sé le porzioni adiacenti"[16].



Schema logico di rappresentazione dei livelli di conoscenza e di verifica definiti nelle *Linee Guida*.

La chiarezza di questo punto di vista ripropone l'aspetto più concettuale del problema concernente il rapporto tra questione sismica e protezione del patrimonio culturale, collocandosi in primo piano nel ragionamento che sta alla base del tema stesso di questa breve nota.

Il progetto antisismico come sintesi tra osservazione e previsione del danno

Ad eccezione di rarissimi casi, la condizione di crisi di una costruzione muraria si raggiunge non per il superamento dei limiti di resistenza del materiale, bensì attraverso la perdita delle condizioni di equilibrio ed il conseguente attuarsi di un determinato meccanismo di collasso. L'antidoto a questo tipo di vulnerabilità è stato ottenuto nei secoli attraverso il rispetto della *regola dell'arte* intesa come insieme codificato di condizioni che la costruzione muraria è chiamata a rispettare. Lo stesso Vitruvio, ad esempio, elenca i difetti che i muri possono presentare in relazione alle tecniche costruttive impiegate: "quanto più la costruzione si discosta dalla regola d'arte, tanto più essa è vulnerabile e necessita quindi di interventi che la riconducano alla regola"[17].

L'individuazione di una sicurezza equivalente, posta in termini di conservazione, non può che essere ricondotta nell'alveo di questo punto di vista. Richiedere, al contrario, che la sicurezza sia dimostrata, in modo prescrittivo, attraverso una procedimento razionale di analisi strutturale significa di fatto convergere verso una stima indifferenziata di carenze generiche e diffuse, di elementi costruttivi 'non verificati' sui quali si è obbligati ad intervenire anche pesantemente, modificandone la natura costruttiva originale. Un approccio di questo tipo si scontra inevitabilmente con il tema della complessità intrinseca della costruzione muraria storica, che poco si presta ad una formulazione meccanica sintetica. Il suo comportamento va controllato ponendo in diretta dipendenza l'analisi della risposta della struttura all'azione sismica con la qualità dei dettagli costruttivi, dalla cui maggiore o minore efficacia discendono meccanismi locali di collasso che possono essere ben individuati se non addirittura definiti a priori in una precisa classificazione.

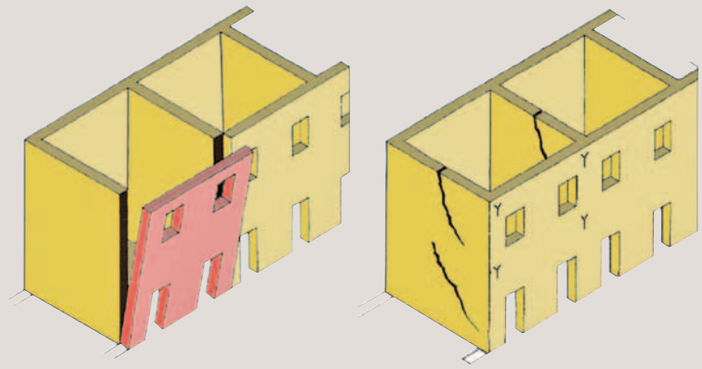
Le recenti *Linee Guida* per l'applicazione al patrimonio culturale della nuova normativa tecnica hanno sancito una radicale inversione di tendenza nell'approccio al problema del restauro antisismico del patrimonio edilizio storico, ribadendo in chiave pseudo normativa le istanze provenienti, ormai da diversi anni, dal mondo scientifico, recuperando esperienze ed approfondimenti di grande valore la cui applicazione a casi studio è finalmente divenuta una chiara indicazione di metodo. Se è vero, quindi, che nell'analisi dei luoghi colpiti da catastrofi sismiche si è potuto constatare con invariabile sistematicità che gli edifici danneggiati presentavano palesi difetti costruttivi, mentre sono rimasti indenni o interessati da danni di minore entità quelli ben costruiti, tale considerazione deve assumere un carattere 'sperimentale' da non sottovalutare, sia per la definizione del grado di vulnerabilità degli edifici storici che per la qualità dell'intervento coerente.

Il risvolto operativo di queste constatazioni contiene quindi una indicazione decisiva nella guida al progetto "…se si sa riconoscere l'edificio 'ben costruito' si è in grado di distinguere ciò che è sicuro da ciò che sicuro non è "[18].

Alcune considerazioni riportate nel capitolo introduttivo delle *Linee Guida* richiamano in modo chiaro questo aspetto: "per la conservazione in condizioni di sicurezza del patrimonio culturale in area sismica è necessario disporre di strumenti di analisi a diverso livello di approfondimento, applicabili a due diverse scale: la valutazione della vulnerabilità del patrimonio culturale a scala territoriale; la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sul singolo manufatto"[19].

L'analisi dell'edificio in muratura, singolo o aggregato, richiede quindi la conoscenza approfondita della tradizione costruttiva del luogo in cui è costruito, la disamina delle regole codificate dell'evoluzione tipologica, l'osservazione puntuale e

tetto e muro. Inoltre, per gli elementi strutturali semplici dovranno essere valutate le qualità meccaniche. Per le murature tali qualità dipenderanno dalla geometria e dalla disposizione degli elementi lapidei che le compongono. Il difetto peggiore di un muro dipende dall'assenza di monoliticità trasversale, che si manifesta spesso in presenza di paramenti esterni assemblati in modo disorganico con un riempimento eterogeneo dello spazio tra le due facce. Tale caratteristica esalta la vulnerabilità della muratura in presenza di azioni esterne dirette ortogonalmente al suo piano, indirizzando una più attenta considerazione di tale caratteristica in sede di verifica sismica. Altro aspetto determinante per la qualità muraria è la malta. La sua importanza è inversamente proporzionale alla dimensione delle pietre che compongono l'apparecchiatura, divenendo meno rilevante solo quando la posa degli elementi lapidei è ben organizzata: "… anche una malta decoesa esercita la funzione di regolarizzazione del contatto"[2]. Va ricordato tuttavia che il corpo murario non è un solido continuo, bensì una "… struttura costituita da una catena pluriconnessa di corpi resistenti"[3]. Il difetto di resistenza di una muratura si manifesta allorquando alcuni suoi elementi si trovano nella impossibilità di soddisfare l'equilibrio locale a causa di un insufficiente livello di contatto reciproco. In tal senso, un'analisi conoscitiva approfondita deve tendere in prima istanza alla identificazione dell'esistenza o meno di una buona organizzazione dell'apparecchiatura, secondariamente alla definizione di una generica resistenza a compressione espressa mediante un parametro tensionale di riferimento. Particolare importanza assumono le tecniche di connessione tra muro e muro. Quest'ultime spesso dipendono dallo studio tipologico degli aggregati urbani ed in modo particolare, escludendo il caso dell'edificio singolo isolato, dalle caratteristiche evolutive del tessuto stesso che spesso si presenta come for-



Rappresentazione schematica dei principali meccanismi di danno in un edificio di muratura.

meticolosa dei processi di modifica, di degrado e di manomissione della fabbrica, il rilievo e l'interpretazione dei quadri fessurativi esistenti suffragata dall'analisi delle fonti sui terremoti storici. Questa osservazione diretta della realtà, lungi da essere una mera analisi qualitativa, è in grado di fornire informazioni precise sulle possibili configurazioni di crisi per i terremoti futuri e sui meccanismi di danno attesi, prefigurandosi come la caratterizzazione principale di quell'*input* necessario alla definizione dei dati di base per una verifica anche quantitativa delle condizioni di stabilità delle strutture.

Citando ancora Antonino Giuffré, una sintesi di quanto discusso in questa breve nota può essere espressa dai punti seguenti: 1. Le tipologie strutturali storiche presentano una intrinseca resistenza al sisma, purché realizzate in accordo con la 'regola d'arte'; 2. La 'regola d'arte' ha la stessa funzione generalizzante del moderno 'calcolo strutturale': come il soddisfacimento delle verifiche di calcolo garantisce la sicurezza delle strutture moderne, così l'accordo con la 'regola d'arte' costituisce una base di sicurezza per l'architettura storica; 3. Il confronto della situazione attuale con la 'regola d'arte' mette in evidenza le carenze di resistenza e suggerisce gli interventi di rinforzo. Con ottica manutentiva, questi possono, in generale, essere estratti dalla stessa 'regola' che la costruzione avrebbe dovuto soddisfare; 4. Nei casi in cui si scopre che una tipologia è intrinsecamente insufficiente, è chiaro che questa non può essere conservata. Tuttavia, se è il caso, gli interventi possono essere scelti all'interno di una logica muraria più vasta del campione in esame, apportando miglioramenti comunque coerenti con il linguaggio originale… In conclusione, sembra di potere affermare che il metodo di verifica che qui si propone, sebbene non contenga il consueto apparato matematico (ma può naturalmente assumerlo nell'ambito di teorie proprie alla meccanica delle murature), non è meno obiettivo, né meno severo di quello che si serve di procedimenti di calcolo; anzi può essere considerato più obiettivo se si osserva che esso richiede l'esame completo e comparato dell'opera su cui intervenire, e più severo se si osserva che non esistono affidabili metodi standard di analisi numerica delle strutture murarie… Nient'altro si può desiderare per la conservazione dell'architettura storica, nella quale continua a vivere una società che muta, se non che in essa permanga il più a lungo possibile la memoria del passato e che essa possa, con la sua stessa continuità, mantenere nella nuova comunità che la abita le radici di quelle che l'hanno preceduta"[20].

Giacomo Tempesta

Note
1. S. Di Pasquale, *Architettura e Terremoti. Il caso di Parma: 9 novembre 1983*, Edizioni Pratiche, Parma 1986, ISBN 88-7380-077-7.
2. Antonino Giuffrè, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, Editori Laterza, prima edizione 1993, quinta edizione 2006, ISBN 88-420-4250-1.
3. A. Giuffrè, *op.cit*. p. 3.
4. *Ibidem*, p. 3.
5. *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Gangemi Editore, 2006, ISBN 978-88-492-1165-8.
6. *La protezione del patrimonio culturale. La questione sismica. Le linee di sviluppo della ricerca universitaria,* II Seminario nazionale di studio, Gangemi Editore, 1997, ISBN 88-7448-732-0.
7. G. Carbonara, *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale,* op.cit., prefazione.
8. S. Di Pasquale, *L'arte del costruire tra conoscenza e scienza*, Marsilio Editore, Venezia 1996, ISBN 88-317-6352-0.
9. S. Di Pasquale, *Recent researches on masonry contructions and critical discussion of examples of rehabilitation,* Protection of the Architectural Heritage against Earthquakes, edited by V. Petrini – M. Save, Springer, Wien, New York, 1996, pp. 201-259.
10. S. Di Pasquale, *New trends in masonry analysis*, Masonry Construction. Structural Mechanics and Other Aspects, edited by C.R. Calladine, Kluves Academic Publishers, London, 1992.
11. E. Benvenuto, *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico* (prima edizione Sansoni 1981), Edizioni di Storia e Letteratura, Roma 2006, ISBN 88-8498-282-0.
12. A. Giuffrè, *Lettura sulla meccanica delle murature storiche*, Editore Kappa, Roma, 1990.
13. A. Giuffrè, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, *op. cit.*
14. A. Giuffrè, *ibidem*, p. 16.
15. S. Di Pasquale, *L'arte del costruire. Il migliore antidoto al danno sismico*, Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsimica degli edifici, Regione Umbria, Dei - Tipografia del Genio Civile, Roma, 1999, p. 547, ISBN 88- 4960- 851-9.
16. A. Giuffrè, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di ortigia, op. Cit.*, p. 133.
17. G. De Felice, *Le strutture murarie: dall'osservazione alla previsione del danno sismico*, Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro di Palermo, Editore Laterza, Palermo, 1999. p. 99, ISBN 88-420-5687-1.
18. A. Giuffrè, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, op. cit., p. 151.
19. *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, Ministero per i Beni e le Attività Culturali, *op. cit.*, p. 3.
20. A. Giuffrè, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia, op. cit.*, p. 150.

mazione ottenuta per successiva saturazione di spazi liberi. Accade quindi che raramente ci si trova davanti a scatole murarie chiuse, ma è invece frequente il caso di cellule abitative semplicemente affiancate, ove le murature più tarde sono del tutto prive di ammorsature con quelle costruite in precedenza. L'analisi delle connessioni, comprese quelle tra gli impalcati di piano e di copertura, possono fornire indicazioni decisive per la definizione di meccanismi resistenti e degli abachi dei meccanismi di danno propri per quella determinata tipologia costruttiva, suggerendo i termini e i criteri dell'intervento di miglioramento sismico. A tale proposito, si ricorda che i meccanismi di danno sono sintetizzabili in meccanismi di *primo modo di danno* e meccanismi di *secondo modo di danno.* Tra i due tipi certamente il primo, che si esplica attraverso il ribaltamento delle pareti di facciata, è il più rovinoso, trovando la sua attivazione proprio per la mancanza di connessione efficace con le murature ortogonali. Viceversa, in presenza di connessioni più efficaci vengono coinvolte le pareti ortogonali che sollecitate nel proprio piano, per forti intensità sismiche, possono subire danni attivando il meccanismo di *secondo modo*, attraverso il manifestarsi di lesioni più o meno gravi, ma che solo in casi estremi portano al collasso delle pareti. In sintesi, è possibile affermare che, in presenza della buona qualità della costruzione, l'eliminazione dei meccanismi di primo modo è garanzia di per se sufficiente a far sì che l'edificio sopporti l'azione del sisma con pochi danni o comunque senza giungere al collasso. Tali conclusioni costituiscono già documento di lavoro nella revisione della norma europea EC8.

Note
1. *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Gangemi Editore, 2006, ISBN 978-88-492-1165-8.
2. A. Giuffrè, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, op. cit., p. 152.
3. A. Giuffrè, *ibidem*, p. 152.