

# Danneggiamento e recupero degli edifici storici: l'esperienza dell'Aquila

La salvaguardia del patrimonio architettonico, la cui fragilità è stata messa in evidenza dai recenti eventi sismici, sta diventando sempre più un problema sociale ed economico in molti paesi. Occorre particolare cura nel definire il livello di sicurezza accettabile, i materiali utilizzabili e le tecniche di recupero che rispettino i valori culturali e storici. Inoltre, devono essere stabilite regole di buona pratica applicabili nei centri storici, caratterizzati da edifici complessi e interconnessi tra loro

DOI 10.12910/EAI2015-082

■ C. Modena, M. R. Valluzzi, F. da Porto, M. Munari

## Introduzione

Il 6 aprile 2009, alle ore 3:32 del mattino, la regione Abruzzo, in particolare la città e la provincia dell'Aquila, è stata colpita da un evento sismico di magnitudo Richter  $M_I=5.8$  e magnitudo momento  $M_w=6.3$ . La scossa principale, sviluppatasi ad una profondità focale di circa 8,3 km, ha determinato una distribuzione degli effetti allungata in direzione nordovest-sudest, con un marcato effetto di direttività verso sud-est. Fin dalla seconda metà di dicembre 2008 l'intero territorio era stato colpito da una lunga sequenza sismica ( $M_I < 4$ ), protrattasi (con  $M_I > 2$ ) anche dopo le scosse del 6 e del 7 aprile 2009 ( $M_w=5.6$ ). Queste ultime erano localizzate nella media valle del fiume Aterno, nota anche con il nome di Conca Aquilana.

Il terremoto ha colpito un'area alquanto estesa, coinvolgendo la città dell'Aquila e relativa provincia, fra cui numerosi centri storici minori situati sul massiccio montuoso del Gran Sasso d'Italia, e parte del territorio compreso nelle province di Pescara, Teramo e Chieti, interessando senza distinzioni terreni più o meno coesivi e manufatti antropici (Modena et al. 2010).

Terremoti come quello dell'Abruzzo si verificano frequentemente sul territorio nazionale, mettendo ogni volta puntualmente a nudo, in particolare, la grande

fragilità del nostro patrimonio architettonico e storico-artistico, che ci è infatti trasmesso profondamente segnato da tali eventi. Singoli edifici e interi centri urbani hanno infatti assunto nel tempo forme, valori e significati storici indissolubilmente legati alla storia sismica di ogni specifico sito: le soluzioni e le tecniche costruttive di volta in volta adottate per ricostruire e/o riparare danni sono infatti testimonianza delle specificità culturali e socio-economiche dell'epoca e del sito in cui un terremoto si è verificato.

Il mondo tecnico-scientifico ha progressivamente preso atto di tale realtà in tutte le sue implicazioni sulle attività necessarie a continuare a garantire a tale patrimonio la sopravvivenza e un uso adeguato anche alle moderne esigenze conservandone tuttavia la capacità di trasmettere, in continuità con il passato, le forme, i valori e i significati sopra citati.

Contact person: Claudio Modena  
claudio.modena@dicea.unipd.it



## L'approccio alla sicurezza strutturale

Le norme tecniche nazionali hanno ormai recepito, sia pure fra difficoltà e contraddizioni non ancora del tutto risolte, gli approcci ingegneristici al problema della sicurezza strutturale specifici per l'edilizia storica, sintetizzabili negli ormai ben noti concetti di "miglioramento" della sicurezza strutturale, anche nella sua particolare modalità di realizzazione attraverso "riparazioni o interventi locali".

Anche considerando il problema della conservazione del costruito storico sotto il solo profilo della sicurezza strutturale, ignorandone quindi le (ben note e discusse) implicazioni negli aspetti di salvaguardia dei valori storici e artistici, deve ormai considerarsi tramontata qualsiasi idea di ottenere significativi, duraturi e affidabili effetti attraverso soluzioni tecnologiche tese a modificare sostanzialmente le proprietà meccaniche dei materiali ed i comportamenti strutturali propri delle costruzioni storiche (Modena et al. 2012).

Ne consegue che l'approccio alla sicurezza strutturale delle "costruzioni storiche" basato sul concetto di "miglioramento" inteso come riconoscimento, rispetto e "valorizzazione" (in senso strutturale) delle loro caratteristiche costruttive originarie, ricorrendo ove possibile e strettamente necessario a interventi di minima entità ed impatto (ISCARSAH Recommendations; ISO 13822; NTC2008; LGBC2011) e quindi necessariamente locali e molto mirati, non è solo un accorgimento normativo messo in atto per evitare interventi troppo invasivi tali da compromettere il rispetto di fondamentali richieste di conservazione, ma è il modo più appropriato di operare dal punto di vista della "meccanica delle strutture".

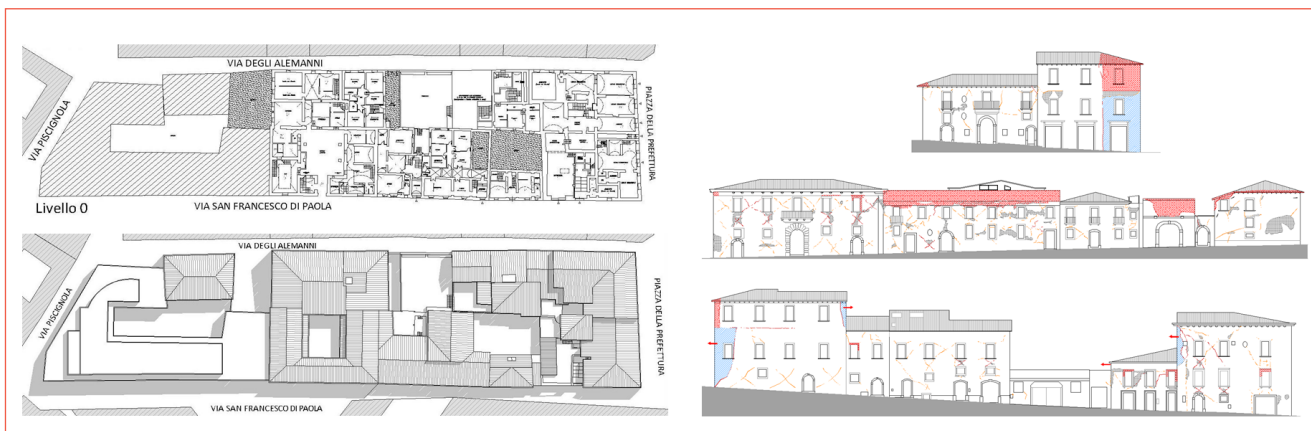
Va anche considerato che la costruzione storica sia nello stato "pre-intervento" sia nella configurazione "comunque rinforzata" pone, sempre sotto il profilo della meccanica strutturale, seri problemi di affidabilità, non essendo sempre disponibili strumenti adeguati per valutare "a priori" le sue reali prestazioni, che si manifestano con comportamenti meccanici locali e risposte strutturali complessive di difficile previsione. È in effetti nota l'inadeguatezza delle metodologie di calcolo oggi disponibili (Modena, 2008) a rappresentare, in maniera adeguata, la risposta dinamica in campo non lineare delle strutture murarie storiche, tanto più se messe in parallelo con strutture "moderne": non a caso le valutazioni di sicurez-

za delle costruzioni storiche sono affidate, in procedure ormai codificate a livello normativo, anche a valutazioni di carattere semplificato e/o qualitativo, ragionevoli se applicate a tipologie di cui si conosce il comportamento sotto azioni sismiche in base all'analisi e interpretazione delle passate esperienze, inutilizzabile per tipologie che mettono in campo comportamenti assolutamente non riconducibili a prestazioni osservate in passato.

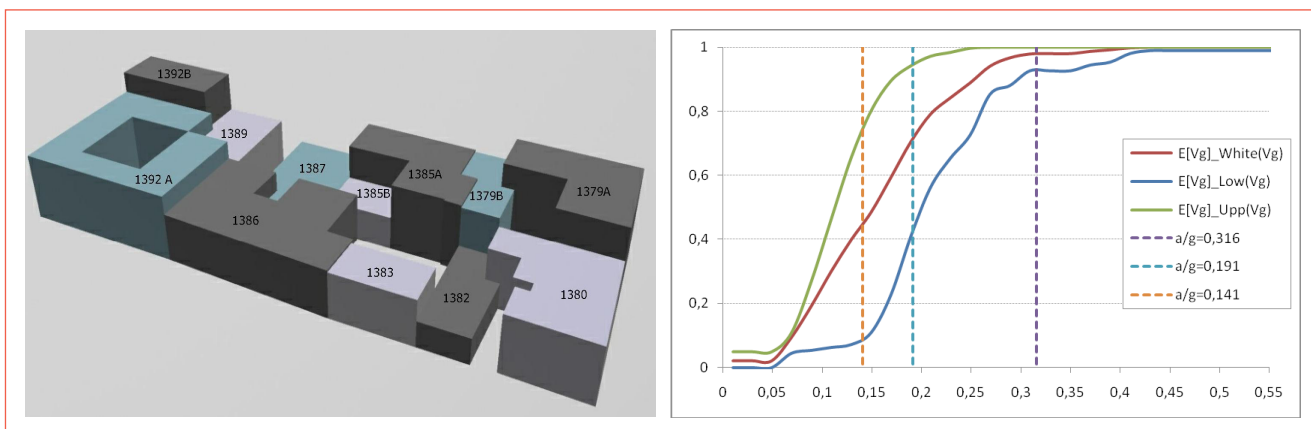
In questo ambito è stato particolarmente interessante lo studio pilota effettuato su un aggregato del centro storico di L'Aquila, all'interno delle attività del "Gruppo di Lavoro misto per le attività di valutazione della sicurezza sismica e delle strategie di intervento sul patrimonio murario dei Centri Storici", istituito a seguito del sisma che ha colpito il territorio aquilano il 6 aprile 2009 da Dipartimento della Protezione Civile, Consorzio ReLUIS e Struttura del Vice-Commissario delegato per la tutela dei Beni Culturali (Figura 1). Lo studio effettuato si è articolato a partire dal rilievo e dall'analisi delle strutture e delle loro vulnerabilità con lo scopo di redigere il progetto di riparazione e consolidamento sismico (Munari et al., 2011). La metodologia elaborata ha costituito la base per la redazione delle "Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato", edite da ReLUIS (LGRReLUIS, 2010).

Per la fase di analisi, viste l'estensione e la complessità caratterizzante l'aggregato analizzato, si è ritenuto fondamentale l'utilizzo di metodi semplificati. In effetti le Istruzioni per l'applicazione delle (NTC2008) indicano che "l'analisi di una Unità Strutturale (U.S.) di un edificio in aggregato secondo i metodi utilizzati normalmente per edifici isolati, senza adeguata modellazione dell'interazione con i corpi di fabbrica contigui, assume un significato convenzionale: di conseguenza, si ammette che l'analisi della capacità sismica globale delle U.S. possa essere verificata attraverso metodologie semplificate. Sono inoltre obbligatorie le verifiche dei meccanismi locali significativi".

Quindi si sono svolte analisi e verifiche, sia per quanto riguarda i meccanismi fuori dal piano per ribaltamento di intere pareti o parte di esse (eseguiti per la totalità delle pareti considerando i meccanismi significativi), sia per quanto riguarda il comportamento d'insieme, utilizzando il software Vulnus (Bernardini et al., 1989), che consente di effettuare una valutazione preliminare della vulnerabilità dell'aggregato (Figura 2), e studian-



**FIGURA 1** A sinistra: pianta del livello 0 e Pianta delle coperture dell'aggregato in esame.  
A destra: rilievo dello stato di danno riportato da alcune porzioni dell'aggregato in esame



**FIGURA 2** A sinistra: suddivisione dell'aggregato in unità da sottoporre all'analisi in Vulnus.  
A destra: curve di fragilità risultanti dall'analisi in Vulnus per l'intero aggregato edilizio

do il comportamento di singoli sistemi di pareti complanari (a taglio e pressoflessione nel piano), analizzati come strutture indipendenti.

### Mitigazione del rischio sismico dei centri storici

Un altro tema importante emerso a seguito del sisma dell'Aquila è stato quello legato al miglioramento della sicurezza strutturale in relazione alla mitigazione del rischio di interi aggregati urbani.

L'esigenza di affrontare in maniera sistematica il tema della riduzione della "vulnerabilità" del tessuto urbano dei centri storici emerge con forza dopo ogni terremoto, ma si spegne sistematicamente a fronte di insormontabili difficoltà economiche, tecniche, gestionali ed amministrative. Va sottolineato a tale proposito che gli interventi atti ad incrementare la sicurezza di edifici storici possono avere costi che, se eseguiti nell'ambito di cantieri specificamente attivati, possono essere estremamente elevati, spesso non proporzionati all'incremento reale di sicurezza che tali interventi possono

garantire (se confrontati ad esempio con i costi da affrontare per ottenere incrementi confrontabili di sicurezza ad un edificio in fase di costruzione).

È inoltre evidente che l'attivazione di un cantiere specifico di miglioramento della sicurezza di un edificio storico ha senso tecnicamente ed economicamente se riguarda l'intero edificio, il che spesso si traduce in interventi su un intero aggregato urbano, e non singole proprietà. A questo punto appare però impensabile che iniziative di questo tipo possano avvenire su base volontaria, e cioè con il consenso contemporaneo di tutte le proprietà, dipendente anche dalla disponibilità contemporanea di adeguate risorse economiche da parte di tutti i proprietari, che compongono un edificio/aggregato.

La strada dell'intervento obbligatorio trova oltre a difficoltà operative di carattere legale e burocratico/amministrativo non facilmente sormontabili, una difficoltà insormontabile nel fatto che non potrebbe avere seguito concreto se non con impegni economici insostenibili da parte dello Stato.

La strada volontaria, peraltro, potrebbe essere percorribile, per superare le difficoltà sopra citate, attraverso forme di incentivazione economica: qualche esperienza in atto in alcuni Paesi (bonus urbanistici forniti per incentivare gli interventi, forme obbligatorie di polizze assicurative per gli edifici il cui costo dipenderebbe dal livello di sicurezza raggiunto, ossia costerebbero di meno per gli edifici più sicuri ecc.) ha avuto esiti ancora tutti da verificare, anche perché si tratterebbe comunque di caricare sui privati oneri finanziari ancora troppo elevati.

Una via d'uscita da questa situazione di sostanziale inerzia può consistere nel dare sostanza operativa, nel campo della sicurezza strutturale, a pratiche di carattere manutentivo, cioè ad azioni attente e continuative, mirate a prevenire ed eliminare con interventi ordinari, effettuati senza disdegnare ed anzi ricavando il massimo profitto dall'uso delle tecnologie più avanzate, magari eseguiti in occasione di lavori effettuati per far fronte ad altre necessità. Si tratta di un approccio "minimalista", ma potenzialmente portatore di rilevanti effetti sulla sicurezza strutturale, come dimostra quanto accaduto nei centri storici colpiti dai recenti terremoti in Italia, nei quali gli effetti più disastrosi sono spesso connessi con carenze strutturali a cui è possibile rimediare appunto con interventi locali. Dare

forza al concetto e alle buone pratiche di manutenzione, possibilmente programmata, comporta l'applicazione sistematica e ragionata dell'approccio previsto nelle vigenti Norme Tecniche (NTC2008; Circ. 2009) per "riparazioni o interventi locali". In questo senso si muove, ad esempio, la Circolare n. 15 del 30/4/2015 del Segretario Generale del MiBACT, che, sul piano amministrativo, raccomanda agli uffici centrali e periferici del Ministero, in quanto preposti alla vigilanza sulle attività edilizie, atteggiamenti più attenti e "attivi" sui temi della sicurezza strutturale.

Un caso particolare di interruzione della sopracitata "inerzia" è rappresentato dalle emergenze post sisma e dai conseguenti Piani di Ricostruzione. In particolare, a seguito del terremoto che ha colpito il territorio aquilano il 6 aprile 2009 è risultata necessaria l'individuazione di un disegno strategico capace di trovare soluzioni univoche per l'intero territorio del cosiddetto cratere. Quest'ultimo è caratterizzato da una superficie prevalentemente montuosa; i 57 Comuni che lo compongono presentano caratteristiche simili sotto il profilo orografico e limitata estensione territoriale (ad eccezione dell'Aquila). L'area colpita dal sisma è stata suddivisa in 9 ambiti omogenei, i quali raggruppano più Comuni seguendo specifiche logiche aggregative (ad esempio unitarietà economica o amministrativa, aree geografiche geomorfologicamente omogenee, pregio storico-artistico). Le amministrazioni locali, allo scopo di sviluppare una efficace politica territoriale, si sono impegnate dunque ad assumere e a seguire alcuni principi fondamentali quali l'identificazione delle direttrici preferenziali di sviluppo dei centri abitati, dando la priorità al riordino e alla rigenerazione di parti di territorio già compromesse dall'urbanizzazione, e l'acquisizione di un ruolo di indirizzo forte sulle trasformazioni di ambito locale (Marson et al. 2013).

In base all'art. 4 del Decreto del Commissario Delegato per la Ricostruzione (DCD n. 3/2010) sono stati definiti dei Piani di Ricostruzione per alcuni centri storici minori. Ciascun piano rappresenta lo strumento di gestione e programmazione economico-temporale dei progetti funzionali alla realizzazione di interventi di riparazione (miglioramento sismico ed adeguamento sismico) e ricostruzione edilizia e di ripristino e realizzazione di opere pubbliche. Le finalità dei Piani consistono

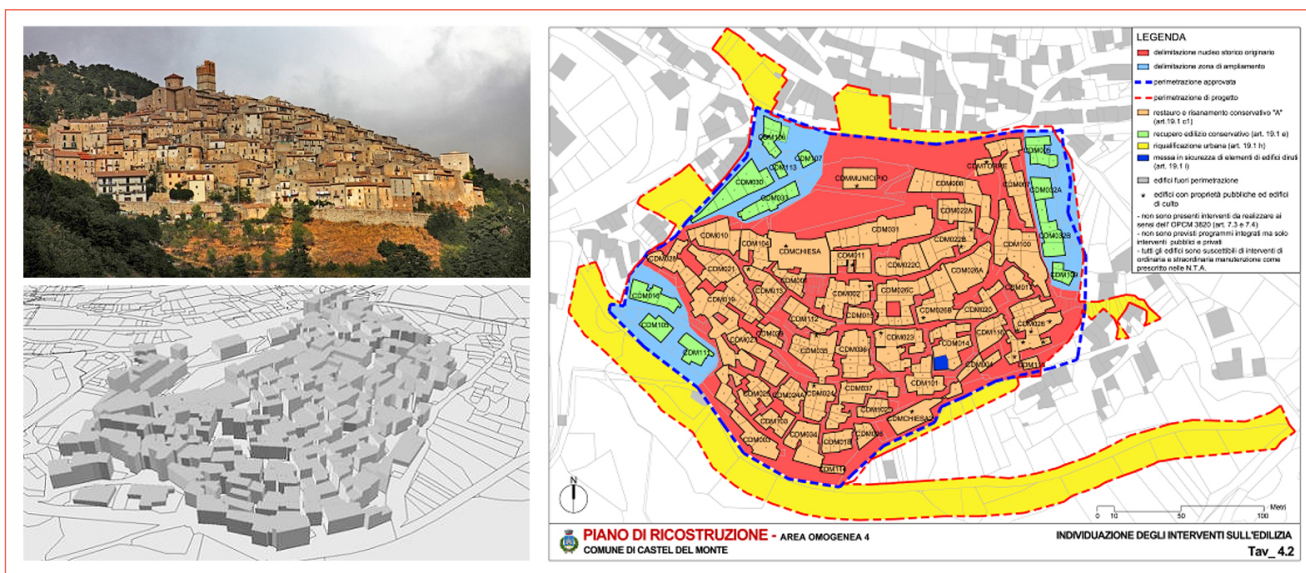
nell'assicurare la ripresa socio-economica del territorio, nel promuovere la riqualificazione del costruito e nel facilitare il rientro della popolazione nelle abitazioni. I Piani definiscono gli interventi da realizzare (anche di messa in sicurezza) in ciascun Ambito urbanistico (individuati ai sensi degli artt. 4 e 6, comma 1, del DCD n. 3/2010, e finalizzati ad un insieme di interventi integrati, aventi ad oggetto gli aggregati edilizi), anche ai fini di una riduzione della vulnerabilità sismica sia del singolo edificio che su scala urbana, nonché la stima economica, l'individuazione dei soggetti interessati ed il cronoprogramma delle opere. I contenuti dei Piani di Ricostruzione sono disciplinati dalle Norme Tecniche di Attuazione, le quali forniscono un chiaro indirizzo per la redazione dei progetti di ricostruzione, recupero e miglioramento sismico degli aggregati e degli edifici compresi nelle perimetrazioni dei centri storici e negli Ambiti del Piano.

L'Università di Padova in collaborazione con l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione del Consiglio Nazionale delle Ricerche, il Politecnico di Milano e l'Università di Roma "La Sapienza" ha redatto i Piani di Ricostruzione per i Comuni di Castel del Monte, Castelvecchio Calvisio, Santo Stefano di Sessanio e Villa Santa Lucia degli Abruzzi (Figura 3).

## Progetto e tecnologia fra tradizione e innovazione

A partire dal terremoto del Friuli nel 1976, è iniziata una frenetica ricerca, che non si è mai esaurita, di materiali, prodotti e tecniche per la riparazione e il rinforzo delle costruzioni storiche, spesso proponendo, accanto a quelle "tradizionali", soluzioni basate su tecnologie in uso nelle costruzioni moderne, con una crescente propensione ad enfatizzarne ed esaltarne i caratteri "innovativi", che non sono stati sempre e di per sé, garanzia di reali successi, come evidenziato dal confronto, nel corso delle esperienze emergenziali post-sisma succedutesi dal 1976, con effetti purtroppo sempre "distruttivi" nei centri storici, laddove tali tipi di intervento erano già stati eseguiti.

Esempi significativi derivano dall'uso improprio del cemento armato, reiterato per molto tempo nel campo del cosiddetto "restauro strutturale" con lo scopo di sostituire interamente (tipicamente realizzando "telai" di c.a. incassati nella muratura) o, più frequentemente, parzialmente (tipicamente con la sostituzione di solai e coperture in legno con strutture di c.a., o con la realizzazione di "intonaci armati" affiancati alle pareti murarie) le strutture esistenti. Ne sono derivati comportamenti anomali, difficilmente prevedibili e quantificabili in base alle nostre conoscenze ed agli strumenti di analisi di cui dispo-



**FIGURA 3** A sinistra: viste di Castel del Monte. A destra: identificazione degli interventi previsti per gli edifici dal Piano di Ricostruzione



**FIGURA 4** Sellano (PG), 1997, terremoto Umbria-Marche. A sinistra: scorrimento del piano della copertura: in occasione di un intervento pre-sisma, la copertura tradizionale era stata sostituita con una copertura più rigida e pesante; nessun intervento di rinforzo era stato eseguito sulle strutture verticali in muratura. A destra: gli effetti dell'evento su strutture verticali irrigidite con paretine armate



**FIGURA 5** A sinistra: Chiesa di San Biagio d'Amiterno (AQ), 2009, terremoto de L'Aquila: crollo parziale della facciata principale della chiesa; la copertura, in occasione di un intervento pre-sisma, è stata irrigidita attraverso l'inserimento di una soletta in cemento armato. A destra: Chiesa di San Marco (AQ), 2009, terremoto de L'Aquila: collasso di un arco causato dalla rotazione rigida dei soprastanti timpani, in cemento armato; nell'immagine è possibile osservare il distacco delle fibre di carbonio applicate all'intradosso dell'arco in occasione di un intervento pre-sisma

che e, più recentemente, dell'Abruzzo (Figure 4, 5 e 6).

I dibattiti su tali temi non sempre sono stati svolti con la necessaria lucidità, in un contesto culturale e tecnico-operativo, forse troppo condizionato dalle pressioni che, fra innovazioni tecnologiche non sempre adeguatamente motivate e preventivamente testate e forti interessi, pubblici e privati, spesso conflittuali per quanto legittimi, sono stati esercitati da impellenti necessità di gestione di emergenze e da ineludibili esigenze di sviluppo di piani di mitigazione del rischio.

Ne ha certamente sofferto la chiarezza di impostazione concettuale del problema della progettazione di interventi strutturali sul costruito storico, come emblematicamente dimostrano gli impropri

caratteri di volatilità che talvolta assumono concetti fondamentali, derivanti dal necessario confronto multidisciplinare, quali l'invasività e la compatibilità, che co-

niamo, ma sempre con effetti disastrosi: ne rappresenta una dimostrazione emblematica quanto si è verificato, specialmente, in seguito ai terremoti dell'Umbria-Mar-

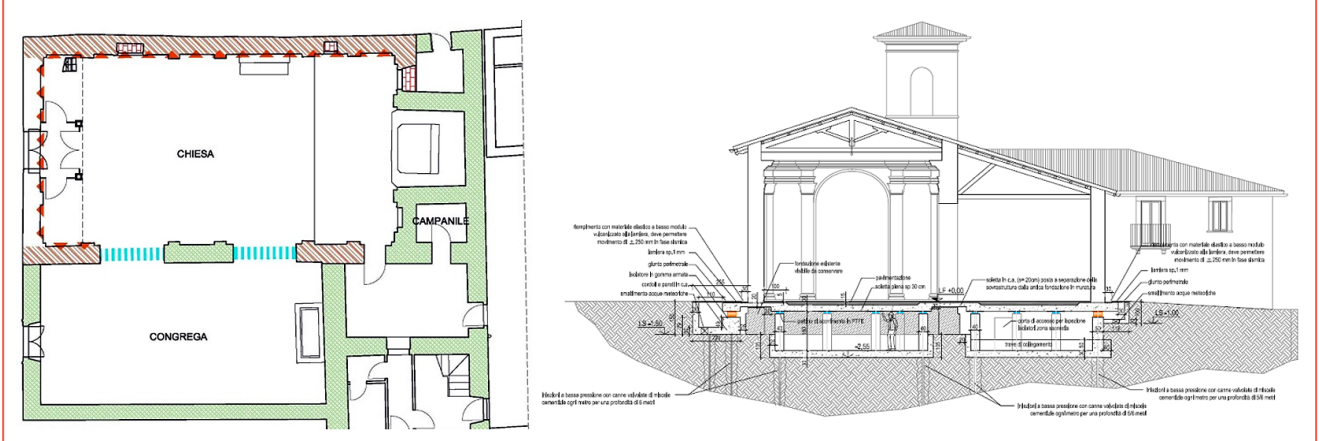


**FIGURA 6** Chiesa di San Pietro Apostolo Onna (AQ), 2009, terremoto de L'Aquila: particolare dell'area di crollo invasa dalle macerie in corrispondenza della zona absidale e presbiteriale; intervento con cuciture armate risultato inefficace

strutturale d'insieme della specifica costruzione storica cui appartengono, e quindi delle loro potenzialità e dei loro eventuali punti deboli. Solo in seguito intervengono attività progettuali di carattere più "convenzionale", quali la scelta delle tecniche e tecnologie di intervento e quindi del loro dimensionamento e verifica, in un contesto tuttavia ancora di grande apertura verso la possibilità di scelte alternative. È in tale contesto che va ricercata l'appropriata distinzione di ruoli fra criteri e metodologie tradizionali (le "regole dell'arte" – Giuffrè, 2010) e materiali e tecniche innovative. In particolare, nelle applicazioni tese a lavorazioni

stutuiscono l'essenza stessa dell'approccio progettuale di "miglioramento" della sicurezza strutturale. È innanzitutto necessario restituire al progetto il ruolo di centralità nell'ambito dell'intervento strutturale sul costruito storico: il progetto deve essere inteso come processo (che inizia con i rilievi e le indagini preliminari, ma continua sul cantiere sino alla fine dei lavori) teso al riconoscimento e all'interpretazione di possibili meccanismi resistenti propri della preesistenza, del loro ruolo nell'ambito della risposta

estese e diffuse, con potenzialmente alto impatto sulla risposta globale, pare insostituibile il ruolo delle prime, in quanto comportano evidentemente le minori possibili variazioni al comportamento strutturale, in continuità con la grande tradizione costruttiva del nostro paese. Appaiono invece trovare il giusto ruolo l'innovazione tecnologica e l'impiego dei materiali "avanzati", laddove essi possano consentire, grazie a proprietà che i materiali tradizionali non hanno (ed es.



**FIGURA 7** Chiesa di San Pietro Apostolo Onna (AQ): a sinistra, interventi con tecniche e materiali tradizionali; a destra, sistema di isolamento alla base

irraggiungibili rapporti fra peso, e/o volume, e resistenza, capacità di penetrazione e/o adesione mantenendo adeguata porosità e capacità di traspirazione), di eseguire quegli interventi “locali e mirati” su specifici meccanismi resistenti.

La tecnologia, come sempre, non è di per sé né buona né cattiva, e non ce n'è una che sia di per sé più adatta di un'altra: è l'uso che se ne fa, cioè il progetto, a giocare il ruolo determinante per il successo o meno di un intervento.

Un caso particolare rivestono, in tale contesto, soluzioni basate sull'impiego di tecnologie di isolamento sismico, integrate da limitati interventi di carattere più convenzionale (per quanto innovativi).

Si tratta delle soluzioni che più radicalmente modificano la risposta sismica della struttura esistente, ma che, allo stesso tempo, la rendono estremamente affidabile (controllabile e prevedibile), in quanto è il solo sistema di isolamento che entra in campo non lineare, conservando così praticamente inalterata la struttura isolata, e offrono potenzialità enormi di ricondurla entro limiti tali non solo da consentire spesso, anche con modesti interventi di riparazione/rinforzo di carattere tradizionale, il raggiungimento di livelli di sicurezza corrispondenti ad un vero e proprio “adeguamento” (specie se si tiene conto della attuale tendenza delle normative nazionali e internazionali a considerare raggiunto tale traguardo, nel caso di costruzioni esistenti, al conseguimento di prestazioni significativamente inferiori a quelle analogamente richieste per nuove costruzioni), ma anche da rappresentare la sola reale possibilità di garantire la protezione anche dei più delicati “beni artistici” (dagli affreschi su pareti e volte agli oggetti d'arte), e cioè di soddisfare uno degli stati limite di cui è chiesta la verifica dalle vigenti norme italiane (Figura 7).

Risulta evidente che si tratta di una soluzione che trova forti limiti di pratica applicazione, sia di carattere costruttivo (ad esempio se l'edificio in esame appartiene ad un aggregato, oppure se gli scavi necessari compromettono la conservazione di importanti preesistenze) o economico (in alcuni casi l'onere potrebbe essere troppo elevato rispetto ai valori da salvaguardare).

È tuttavia auspicabile che venga fatta una chiara riflessione sulla accettabilità in linea di principio di tale tecnologia (che non ha rivali nel minimizzare gli interventi sulla struttura isolata, ma introduce una “cesura” netta e profonda fra la parte di costruzione isolata e quella che rimane ancorata al suolo) anche al fine di orientare la ricerca ver-

so nuove e più appropriate soluzioni sia della tecnologia che delle sue modalità di applicazione.

## Conclusioni

L'approccio “conservativo” alla sicurezza strutturale del patrimonio storico-architettonico, entrato ormai nella prassi professionale, avendo trovato uno specifico inquadramento a livello normativo con l'introduzione del criterio di progetto cosiddetto di “miglioramento”, presenta criticità in grado di comprometterne l'efficacia, legate soprattutto ad inevitabili e decisivi aspetti di discrezionalità. Nei termini ingegneristici sui quali è basata tutta la moderna teoria della sicurezza strutturale tale approccio è con tutta evidenza possibile fonte di debolezze sul piano concettuale e metodologico: ad es., è lasciato un ampio margine di arbitrarietà alla attribuzione di capacità prestazionali meccanico-strutturali a particolari materiali e tecnologie, soprattutto innovative, come dimostrano gli esiti spesso negativi dei recenti terremoti in aree dove erano stati eseguiti interventi con l'intento di aumentare la sicurezza strutturale.

Fondamentale risulta il ruolo del progetto, operazione centrale di ogni intervento sul costruito storico, il cui strumento operativo deve essere la “manutenzione”, che può comprendere, nei casi più gravi (tipicamente in seguito ai danni provocati da terremoti), importanti interventi di riparazione e rinforzo, che devono essere in grado di elaborare e adattare al singolo contesto le possibilità che provengono sia dalla tradizione sia dal mondo accattivante delle moderne tecnologie.

Le lezioni derivate dal terremoto dell'Aquila in relazione a queste tematiche sono state molteplici. Sono inoltre evidenti le enormi potenzialità, ma anche le enormi responsabilità, del modo della ricerca e della formazione, che continua infatti a dedicare grandi risorse e fornire contributi rilevanti di aggiornamento tecnico e metodologico, come ad esempio evidenziato dai risultati resi disponibili da due recenti progetti, NIKER ([www.niker.eu](http://www.niker.eu)), finanziato nell'ambito del 7° Programma Quadro della UE, e PROVA-CI ([www.provaci.it](http://www.provaci.it)), finanziato con fondi PON della Regione Campania. ●

Claudio Modena, Maria Rosa Valluzzi,  
Francesca da Porto, Marco Munari  
Università degli Studi di Padova



## abstract

**Damage and recovery of historic buildings: The experience of L'Aquila**

*The preservation and valorization of architectural heritage are more and more becoming a major social and economic issue in many countries. This implies of course that a "minimum accepted level" of structural safety is to be ensured to historical construction typologies: several "new challenges" to structural engineers, in consideration of the original structural consistency of Cultural Heritage buildings, frequently exposed to severe environmental hazards (like earthquakes). Problems range from the same definition and choice of the "conventional" safety level, to the methodologies that can be used to perform reliable structural analyses and safety verifications (as modern ones are frequently not suitable for the construction under consideration) and to the selection, design and execution of appropriate materials and interventions techniques aimed to repair and strengthen the built heritage while preserving its cultural, historic, artistic values. The earthquake that struck the Abruzzo region on 6<sup>th</sup> April 2009 at 3:32 a.m., had its epicentre in the capital of the region, L'Aquila, and seriously affected a wide area around the city, where many historic towns and villages are found. Lessons learned from this event gave relevant contributions to develop specific tools, to appropriately tackle the above mentioned problems, available to practitioner engineers and architects: methodology to intervene on complex and connected buildings in the historic centres, definition of adequate materials and techniques to intervene on the damaged buildings, codes and codes of practice specific for historic constructions. A short review of all the mentioned aspects is presented in the paper, making specific reference to research activities, practical applications and to the recent evolution of codes and guidelines.*

## bibliografia

- Bernardini A., Gori R., Modena C. (1989). An application of coupled analytical models and experiential knowledge for seismic vulnerability analyses of masonry buildings. In Kortize, A. (ed.), *Engineering aspects of earthquake phenomena*, Omega Scientific, Oxon
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 2/2/2009 (Circ.2009). Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008 (G.U. n. 47 del 26/2/09 suppl. ord. n. 27)
- Circolare Segretario Generale MIBACT n. 15 del 30/4/2015, Disposizioni in materia di tutela del patrimonio architettonico e mitigazione del rischio sismico
- Decreto Ministeriale del 14/01/08 (NTC2008). Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 29 del 4/2/08 suppl. ord. n. 30)
- Decreto Del Commissario Delegato n. 3/2010 (DCD 3/2010). Linee di indirizzo strategico per la ripianificazione del territorio, Commissario delegato per la Ricostruzione
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9/2/2011 (LGBC2011). Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (G.U. n. 47, 26/2/11, suppl. ord. n. 54)
- Giuffrè A. (2010). Leggendo il libro delle antiche architetture - Aspetti statici del restauro - Saggi 1985-1997. A cura di C.F. Carocci e C. Tocci. Gangemi Editore
- ICOMOS\_ISCARSAH – International Scientific Committee for Analysis and Restoration of Structural of Architectural heritage: Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage
- ISO 13822 Bases for design of structures-Assessment of existing structures – ANNEX I (Informative) Historic Structures
- Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato (LGRReLUIS 2010). ReLUIS ([www.reluis.it](http://www.reluis.it)), Bozza - Ottobre 2010
- Marson C., Taffarel S., Bettiol G., Munari M., Modena C., Cialone G., Cifani G., Mannella A., Petracca A. (2013). "Sviluppo dei Piani di Ricostruzione di borghi dell'aquilano colpiti dal sisma del 6 aprile 2009". *Atti XV Convegno ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia"* (Padova, 30 giugno-4 luglio)
- Modena C. (2008). Aspetti strutturali: normativa in campo nazionale internazionale. *KERMES La rivista del restauro*, anno XXI, n. 71
- Modena C., Casarin F., da Porto F., Munari M. (2010). L'Aquila 6th April 2009 earthquake: emergency and post - emergency activities on cultural heritage buildings. In: Garevski, M., Ansal, A. (ed.), *Earthquake Engineering in Europe*. **17**, 495-521, Springer
- Munari M., da Porto F., Bartolozzi A., Mocellini M., Valdesolo A., Modena C. (2011). "Analisi di vulnerabilità sismica e interventi di miglioramento strutturale di un aggregato nel centro storico de L'Aquila". *Atti XIV Convegno ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia"* (Bari, 18-22 settembre)
- Modena C., da Porto F., Valluzzi M.R. (2012). Conservazione del patrimonio architettonico e sicurezza strutturale in zona sismica: insegnamenti dalle recenti esperienze italiane. *Materiali e Strutture*, **1-2**, p. 17-28, ISSN: 1121-2373