

Materiali e Strutture – Donatella Fiorani ed.

C. Modena, F. Da Porto, MR Valluzzi

# **Conservazione del patrimonio architettonico e sicurezza strutturale in zona sismica: insegnamenti dalle recenti esperienze italiane**

## **Premessa**

**Significato e limiti degli approcci convenzionali alla sicurezza strutturale del costruito storico**

**Sicurezza e conservazione fra complementarità e conflittualità**

**Progetto e tecnologia fra tradizione e innovazione**

**Riparabilità: un criterio di progetto per la conservazione fra manutenzione e riparazione/rinforzo**

## **Conclusioni**

## **Bibliografia**

## **Premessa**

Il terremoto del Friuli ha segnato, notoriamente, un importante punto di svolta per l'ingegneria strutturale in Italia, portando in primo piano la necessità di un sostanziale e rapido aggiornamento sia delle conoscenze scientifiche che della normativa tecnica, e più in generale delle metodologie pratiche di progettazione, relative a tutto ciò che riguarda la sicurezza di costruzioni soggette ad azioni sismiche: l'inadeguatezza di quelle allora esistenti risultò particolarmente impressionante nel campo del patrimonio edilizio ed architettonico "storico" (1).

Molto è stato fatto a partire da quell'evento. Ne è seguita infatti un'intensa attività da parte della comunità tecnico-scientifica e degli organi preposti alla normazione, che ha fornito contributi di assoluto valore nel campo generale dell'ingegneria sismica, di carattere particolarmente innovativo per quanto riguarda il costruito storico, sotto la spinta dei numerosi terremoti succedutisi sul territorio nazionale, che hanno messo alla prova e "validato" i risultati di volta in volta raggiunti, mettendoli a confronto, nel corso delle esperienze emergenziali post-sisma, con effetti purtroppo sempre "distruttivi" nei centri storici.

Uno dei passi che ha maggiormente caratterizzato tale attività è stato l'introduzione di uno specifico approccio alla sicurezza strutturale delle costruzioni storiche, definito di "miglioramento" in alternativa all'"adeguamento": proposto inizialmente come soluzione al problema di contemperare aspetti di sicurezza strutturale con quelli di conservazione (1), tale principio ha anticipato un indirizzo successivamente affermatosi, sia a livello nazionale che internazionale (2,3,4,5,6), nel più generale contesto della sicurezza strutturale delle costruzioni esistenti, che prevede la possibilità di operare con livelli di sicurezza – così come viene convenzionalmente definita e quantificata nell'ambito delle moderne normative – inferiori rispetto a quelli richiesti per nuove costruzioni.

Sulla scia di tale principio, ormai universalmente accettato e consolidato nella pratica professionale, sono state via via affrontate – con un'straordinaria ricchezza di proposte di carattere sia concettuale e metodologico che tecnologico – tutte le specificità, e le relative criticità, delle verifiche di sicurezza di costruzioni storiche e della progettazione di interventi per il loro "miglioramento", e segnatamente:

- la definizione di criteri secondo cui graduare livelli di sicurezza inferiori a quelli stabiliti per il nuovo, un tema oggetto di continui affinamenti, ancora in corso anche nell'ambito dei più recenti sviluppi della normativa tecnica;
- l'adeguamento dei modelli fisici di interpretazione della meccanica delle costruzioni storiche e quindi di corrispondenti modelli analitici e numerici in grado di quantificarne la risposta sotto azioni statiche e sismiche;
- la messa a punto di materiali, tecniche e tecnologie di intervento in grado di garantire reali e dimostrabili incrementi di sicurezza alle costruzioni storiche senza metterne in pericolo la valenza – di testimonianze storiche e artistiche.

I dibattiti su tali temi – sempre intensi, spesso accesi e ancora oggi non sopiti – non sempre sono stati svolti con la necessaria lucidità, in un contesto generale, 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 state esercitate da frequenti, e sempre impellenti, necessità di gestione di emergenze (fonti di continui ripensamenti) 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 costituiscono l'essenza stessa dell'approccio progettuale di "miglioramento" della sicurezza strutturale.

Eppure è ormai indispensabile e indifferibile un sereno lavoro di sintesi dei risultati di alcuni decenni di studio e applicazione dei temi sopra citati, soprattutto in vista di far adeguatamente fronte all'enorme, per molti aspetti senza precedenti, sforzo che sarà richiesto per ricostruire centri storici, fra cui uno grande e di grande valore come L'Aquila, e per salvaguardare territori e paesaggi, ricchissimi di testimonianze storiche, gravemente segnati dai terremoti che hanno colpito l'Abruzzo e l'Emilia.

## **Significato e limiti degli approcci convenzionali alla sicurezza strutturale del costruito storico**

Come è noto, i metodi di verifica della sicurezza strutturale previsti nelle moderne normative, concepiti per essere applicati a strutture che devono ancora essere costruite (1), rappresentano - per quanto la loro concreta applicazione sia basata su una serie complessa di attività ingegneristiche "precise", e cioè calcoli,

anche molto sofisticati, prove, misure, controlli, collaudi – un processo del tutto convenzionale, che non si risolve certo nell'ambito di una alternativa "secca" fra costruzione sicura e costruzione insicura, ma in un risultato dal significato alquanto sfuggente e sfumato.

L'obiettivo perseguito e dichiarato è intanto espresso in termini probabilistici: ci si aspetta che l'esito positivo di una verifica attesti che la probabilità che la struttura sia sicura è "molto alta", diciamo che la probabilità che si verifichi un crollo entro un periodo di tempo definito e normalmente molto limitato - convenzionalmente chiamato "vita nominale" della struttura, per gli edifici assunto "appena" (con riferimento agli edifici storici) pari a 50 anni - è 1/1.000.000.

Tutti i valori numerici utilizzati a tale scopo (dalla durata della vita nominale alla definizione di "periodo di riferimento" ed alla probabilità di superamento dell'intensità di una azione in tale periodo di tempo) non hanno nessun particolare ed autonomo valore di per sé se non quello di definire, nel loro insieme e nell'ambito della procedura di calcolo e verifica, un livello di rischio ritenuto, in relazione all'uso della costruzione, "accettabile" .

Già così si è ben lontani dalla percezione comune del concetto di sicurezza, in questo mal guidata anche dall'impostazione dei metodi convenzionali di tipo deterministico, in uso per lungo tempo nella prassi professionale. Ma il significato del risultato numerico espresso in termini probabilistici è reso ancora più ambiguo se si considerano:

- da un lato gli ampi margini di arbitrarietà con cui vengono assegnati i valori di parametri fondamentali degli innumerevoli modelli impiegati, compreso il valore dei parametri usati per tener conto delle incertezze dei modelli di calcolo e quello, decisivo in situazioni di verifica dominate da azioni variabili, in particolare se rare, della vita nominale;
- dall'altro l'influenza determinante, sul livello vero di sicurezza, di fattori imponderabili legati all'errore umano (un errore grossolano di calcolo, una negligenza in fase di costruzione, un uso improprio), non inquadrabili in modelli probabilistici, che si tende a rendere sempre meno influenti con procedure sempre più sofisticate (controlli durante e alla fine dei lavori, "fascicolo dei fabbricati", piani di manutenzione) ma sostanzialmente ineliminabile: non a caso nel campo della sicurezza strutturale si è fatta strada la teoria degli "insiemi sfuocati", nella quale la condizione di appartenenza di un elemento a tali insiemi non è più sì/no, ma un certo grado di sì (e quindi anche di no).

Più che di sicurezza si dovrebbe parlare, dunque, di rischio, e il suo valore "accettabile", per quanto espresso in termini probabilistici, è quello validato dai risultati statistici in termini di successi/insuccessi dell'applicazione pratica di tali criteri a un numero molto elevato di casi e dall'accettabilità in termini "politici" (socio/economici) dei risultati così ottenuti.

Pensabile nell'ambito delle nuove costruzioni, questo approccio risulta evidentemente inapplicabile al caso delle costruzioni esistenti, in particolare del costruito storico, dove peraltro non si riesce a disporre, neanche nei casi più favorevoli dove è possibile fare approfondite indagini (7,8), di dati trattabili statisticamente e i modelli probabilistici sono, nel migliore dei casi, frutto di stime basate su approcci bayesiani, e dove è ancor più evidente l'inaffidabilità dei modelli di calcolo fino ad oggi disponibili.

Se si considera che uno dei modi con cui si pone "implicitamente" rimedio alle varie fonti di incertezza nel caso delle costruzioni nuove è di assumere sempre ipotesi di lavoro "a favore di sicurezza" (tipico il caso, appunto, dei modelli di calcolo) non sorprende che l'esito molto frequente dell'applicazione delle procedure in uso per la progettazione del nuovo alla verifica di edifici esistenti sia negativo (le verifiche non sono soddisfatte)!

Appare del tutto giustificato quindi che il concetto di "verifica", adottato nel caso di nuove costruzioni, venga sostituito da quello più "sfumato" di "valutazione", inteso come espressione di "un giudizio positivo sul rapporto tra la sicurezza sismica raggiunta .... ed il livello di protezione di riferimento" (6).

Il concetto di "valutazione" così definito rappresenta in effetti una integrazione concettualmente necessaria dell'approccio di "miglioramento": si può dire che la specificità del problema della sicurezza strutturale delle costruzioni storiche è ben sintetizzata nel binomio "valutazione-miglioramento" che la caratterizza, ormai anche in documenti normativi, e che sostituisce, "sfumandolo" appunto, quello di "verifica-adequamento".

### **Sicurezza e conservazione fra complementarità e conflittualità**

La scelta del livello di sicurezza e i metodi per "valutarla" coprono solo una parte, per quanto importante, degli aspetti che caratterizzano il "progetto" di interventi strutturali sul costruito storico: sugli altri, e in particolare sui "modelli fisici" e quindi sui metodi analitici e numerici necessari per quantificare tale livello e,

quindi, sulle tecniche e tecnologie disponibili per effettuare interventi affidabili e coerenti con i modelli interpretativi della complessa meccanica delle costruzioni storiche, appaiono particolarmente significativi, alla luce delle citate esperienze, due ordini di considerazioni.

Da un lato, infatti, il terremoto del Friuli ha innescato un processo, fecondissimo di risultati, di continuo, progressivo aggiornamento delle conoscenze scientifiche sulla meccanica delle strutture storiche, che trova riscontro, anche nei più recenti sviluppi normativi (5,6) e nella conseguente prassi professionale, in una “nuova generazione” di metodologie di calcolo di risposte e prestazioni, in campo statico e sismico, e quindi di criteri di progetto di interventi “strutturali” (1), fortemente ancorata ad aggiornate e colte “rivisitazioni” delle originarie “regole costruttive” (8).

Dall'altro lato iniziò allora una frenetica ricerca di nuovi materiali e prodotti e nuove tecniche per la riparazione e il rinforzo delle costruzioni storiche, che non si è mai esaurita, ma che è stata di per sé, con tutta evidenza, piuttosto “parca” di reali successi: non si può non constatare, ad esempio, che non molto di ciò che è stato proposto in quell'occasione e negli anni immediatamente successivi in termini di “innovazione tecnologica” (dalle iniezioni di resina alle iniezioni armate, dagli intonaci armati alla sostituzione indiscriminata di strutture in legno e/o voltate con strutture di c.a. nei solai e nelle coperture) abbia superato indenne la prova del tempo e dei successivi terremoti, dalla quale anzi è risultata esaltata la necessità di una “rivalutazione” dei materiali e delle tecniche tradizionali, e di un conseguente recupero delle tradizionali “regole dell'arte” (8).

I due processi così sinteticamente delineati si sono sviluppati, e stanno evolvendo, con percorsi tortuosi, caratterizzati da ripensamenti, fughe in avanti e brusche frenate, ma con un esito finale che pare ormai segnato.

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 conservazione 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 proprietà meccaniche dei materiali e comportamenti strutturali propri delle costruzioni storiche.

La costruzione storica “comunque rinforzata”, infatti, mette in atto comportamenti meccanici locali e risposte strutturali complessive determinati da meccanismi resistenti “in serie”: una catena cioè, in cui “l'anello debole”, cioè la resistenza strutturale minima, è costituito comunque da uno dei meccanismi resistenti “originari”, non essendo di fatto, con tutta evidenza, possibile “migliorarli” tutti (ed essendo anzi facile danneggiarli nel corso di lavorazioni improprie).

Il massimo obiettivo di eventuali interventi tesi ad aumentare la sicurezza strutturale di una costruzione storica, quindi, non può che essere quello di cercare di far sì che “l'anello debole” – ossia il meccanismo resistente originario, sul quale cioè non è stato possibile eseguire interventi migliorativi, che può determinare il collasso – sia il più efficiente possibile dei “meccanismi originari”, le cui prestazioni rappresentano quindi e comunque un limite invalicabile alla reale possibilità di incrementare la sicurezza.

L'unica possibilità, dal punto di vista della meccanica strutturale, di superare tale limite, consiste nel “bypassare” tutti i meccanismi originari realizzando, in parallelo a questi, sistemi strutturali in grado di:

- assorbire da soli tutte le azioni applicate alla struttura;
- garantire la compatibilità delle deformazioni sotto l'effetto di tali azioni di due sistemi strutturali, quello esistente e quello aggiunto.

Si tratta di una strada non semplice da seguire, in quanto:

- sotto il profilo della conservazione gli esiti sono quasi sempre difficilmente accettabili;
- sotto il profilo della meccanica strutturale si pongono seri problemi di affidabilità, non essendo sempre disponibili strumenti adeguati per valutare “a priori” le reali prestazioni di ciò che così si ottiene.

In relazione al secondo aspetto suscita impressione la conclamata inadeguatezza delle metodologie di calcolo oggi disponibili (1) 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 sicurezza delle costruzioni storiche sono affidate, in procedure ormai codificate a livello normativo, anche a valutazioni di carattere 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.

È certo tuttavia, che qualsiasi soluzione la quale non soddisfi le condizioni sopra citate espone sia la struttura "originaria" sia quella aggiunta a una fortissima probabilità di fornire prestazioni estremamente negative sotto l'effetto delle azioni sismiche, come hanno ampiamente dimostrato le esperienze passate.

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 imprevedibili, difficilmente prevedibili e quantificabili in base alle nostre conoscenze ed agli strumenti di analisi di cui disponiamo, ma sempre con i effetti disastrosi: ne rappresenta una dimostrazione emblematica quanto si è verificato, specialmente, in seguito in particolare ai terremoti dell'Umbria-Marche e più recentemente dell'Abruzzo.

Ne consegue che l'approccio alla sicurezza strutturale delle "costruzioni storiche" basato sul concetto di "miglioramento" inteso come riconoscimento e rispetto prima, e quindi "valorizzazione" (in senso strutturale) delle loro caratteristiche costruttive originarie, ricorrendo ove possibile e strettamente necessario a interventi di minima entità e di minimo impatto (2, 3, 4, 5, 6), 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 normalmente dal punto di vista della "meccanica delle strutture".

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 inalterato quello della struttura isolata;
- 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 naturale, 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), cioè di soddisfare uno degli stati limite di cui è chiesta la verifica dalle vigenti norme italiane (6).

Risulta evidente che si tratta di una soluzione che trova naturali, 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 pre-esistenze) o economico (in alcuni casi l'onere potrebbe essere troppo elevato rispetto ai valori da salvaguardare).

È auspicabile tuttavia 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 verso nuove e più appropriate soluzioni sia della tecnologia che delle sue modalità di applicazione.

### **Progetto e tecnologia fra tradizione e innovazione**

L'interpretazione, anche in chiave di meccanica dei materiali e delle strutture, dei criteri di progettazione che ispirano l'approccio "conservativo", cosiddetto di "miglioramento", alla sicurezza strutturale degli edifici storici, in particolare "la non invasività e la compatibilità" degli interventi, precedentemente discussa, offre lo spunto per qualche interessante proposta di carattere operativo

Innanzitutto ne deriva che il progetto di interventi di carattere strutturale sul costruito storico è prima di tutto e soprattutto un lungo, incessante e faticoso lavoro - 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 strutturale d'insieme della specifica costruzione storica cui appartengono, e quindi delle loro potenzialità e dei loro eventuali punti deboli.

Il progetto potrebbe addirittura esaurirsi in tali attività, anzi sarebbe questo l'esito ideale di un progetto che avrebbe il massimo carattere "conservativo"; esso comunque, deve rispondere innanzitutto a domande su come, dove e in che misura sia effettivamente necessario e possibile intervenire nel rispetto dei principi sopra enunciati.

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, che devono essere poste a confronto per valutarne i possibili impatti, e di adattamenti, con modifiche anche sostanziali rispetto alle scelte originarie di progetto, alle situazioni reali di cantiere.

È in tale contesto che va ricercata l'appropriata distinzione di ruoli fra materiali e tecniche tradizionali e materiali e tecniche innovative.

In particolare, nelle applicazioni tese a lavorazioni 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 sia locale che di insieme.

Appaiono invece trovare il giusto, e in molti casi potenzialmente decisivo ruolo, l'innovazione tecnologica e l'impiego dei materiali "avanzati", laddove essi possano consentire, grazie a proprietà che i materiali tradizionali non hanno - ed esempio 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 con impatti minimi sia sui meccanismi resistenti, su cui non si può o non è necessario intervenire sia sulle caratteristiche costruttive più strettamente connesse coi valori storici e artistici.

Fanno eccezione, rispetto a tali considerazioni, le tecniche di isolamento sismico, che, come precedentemente evidenziato, per le loro peculiarità devono ancorai trovare un adeguato inquadramento nell'ambito del rapporto fra sicurezza e conservazione.

È al progetto, quindi e comunque, che va riservato sempre il vero e proprio, predominante carattere di innovatività, il quale deve esplicarsi, nel caso e dove siano necessari interventi, prima di tutto e soprattutto, nel rendere massima l'efficienza del numero maggiore possibile dei meccanismi resistenti con interventi il più possibile "minimi, compatibili, rimovibili", ricorrendo a tale scopo alle tecniche, tecnologie e soluzioni costruttive che di volta in volta meglio si prestano a tale scopo.

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.

### **Riparabilità: un criterio di progetto per la conservazione fra manutenzione e riparazione/rinforzo.**

Nel contesto sopra delineato appare interessante rendere esplicito ed operativo, accanto ai criteri di "non invasività, compatibilità, rimovibilità (o rilavorabilità) e minimizzazione" che definiscono il carattere "conservativo" della progettazione di interventi strutturali, anche quello di "riparabilità" del costruito storico "migliorato sismicamente".

Non c'è dubbio, infatti, che non c'è conservazione se non è possibile consegnare ad ogni fase di "ricostruzione post-sisma" una costruzione storica che, per quanto "inevitabilmente" danneggiata (ancorché comunque rinforzata), possa essere "riparata".

Si tratta di un concetto mai emerso con chiarezza e con un proprio significato autonomo, fino ad oggi forse oscurato:

- da un lato, da pratiche costruttive e da criteri di progettazione che la moderna industria delle costruzioni tende sempre più a mutuare dall'industria dei prodotti di consumo, la quale predilige, per noti motivi economici, la sostituzione alla riparazione degli oggetti "immessi sul mercato";

- dall'altro lato, dal fatto che "non invasività, compatibilità, rimovibilità e minimizzazione" sembrano in grado di garantire anche la "riparabilità", che ne sarebbe quindi una implicita ed automatica conseguenza.

Dato per scontato che va fatto ogni sforzo per rimuovere impostazioni mentali ed organizzazioni produttive proiettati su orizzonti temporali non compatibili con l'idea stessa di "conservazione, si osserva, per quanto riguarda il secondo aspetto, che la realtà non è così: il concetto di "riparabilità", pur così evidentemente connaturato, come già osservato, con quello di "conservazione", può rappresentare una significativa ed utilissima integrazione ed estensione, oltre che una molto pratica ed "oggettiva" interpretazione, dei criteri di "non invasività, compatibilità, rimovibilità e minimizzazione" degli interventi strutturali.

Sono ancora gli esiti dei già citati recenti terremoti in Umbria-Marche e in Abruzzo che fornisco, a tale proposito, motivazioni molto convincenti.

Appare evidente, per esempio, che alcuni interventi, quali quelli legati al già citato "uso improprio" del cemento armato, non sarebbero mai stati accettati e messi in pratica se fossero stati considerati dal punto di vista della "riparabilità", indipendentemente da qualsiasi considerazione in merito alla loro "invasività, compatibilità, rimovibilità e minimizzazione".

La stessa sorte toccherebbe, peraltro, ad altre tipologie d'intervento su cui tanto si è discusso, e ancora si discute, in merito alla loro "invasività, compatibilità, rimovibilità e minimizzazione", eliminando così aspetti, a volte strumentalmente, "equivoci" ("volatili") che tali criteri assumono in forza del loro carattere in parte inevitabilmente "qualitativo e soggettivo". Le forme sperimentate di intonaci e cuciture armate, ad esempio, non solo non hanno protetto più di altre soluzioni gli edifici storici ma sono state, se non la sola, certamente una determinante concausa della loro riduzione a stati così avanzati di rudere da renderne insignificante un "recupero conservativo".

Si osserva, inoltre, che non tutti gli interventi rispondenti ai criteri di "non invasività, compatibilità, rimovibilità e minimizzazione" danno luogo ad esiti post-sisma ugualmente riparabili: il criterio quindi fornisce uno strumento di scelta "aggiuntivo e spesso determinante" fra varie alternative possibili e tutte ugualmente accettabili sotto il profilo della conservazione.

La "riparabilità", infine, è un criterio strettamente legato all'attività che universalmente viene considerata la vera soluzione dei problemi di conservazione, e cioè la "manutenzione".

La "riparabilità" porta infatti con sé l'idea che gli interventi eccezionali post-sisma sono solo una fase di un unico processo manutentivo, proiettato su orizzonti temporali di permanenza in servizio dell'edificio storico che poco hanno da spartire con i valori numerici e il significato stesso del parametro "vita nominale" introdotto in normativa: i terremoti, infatti, non sono eventi che si verificano una tantum nella "vita reale" del costruito storico, ma si ripetono periodicamente, come tutte le azioni "ambientali" che ne mettono in pericolo la sopravvivenza.

Connaturato e sostanzialmente implicito nei metodi tradizionali, considerato che non esiste struttura storica in zona sismica che non abbia subito più lavori di riparazione nel corso del tempo, il criterio proposto può svolgere un ruolo particolarmente significativo nella progettazione di interventi realizzati con tecniche cosiddette "innovative". In tale ambito la "riparabilità" ha come primo ed immediato effetto di esaltare e rendere più stringente la necessità "meccanica" di minimizzare gli interventi, ancora una volta indipendentemente da considerazioni di "invasività, compatibilità, rimovibilità e minimizzazione", in considerazione della capacità dei materiali innovativi di fornire, anche quando impiegati in modeste quantità e misura, prestazioni tali da modificare significativamente comportamenti meccanici locali e risposte strutturali.

## **Conclusioni**

L'approccio "conservativo" alla sicurezza strutturale del patrimonio architettonico storico - 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 soprattutto legate ad inevitabili e decisivi aspetti di discrezionalità.

La discrezionalità entra infatti:

- sia nelle valutazioni della sicurezza strutturale - sia prima sia dopo eventuali interventi di riparazione/rinforzo - che devono basarsi infatti non solo sulla determinazione e controllo di parametri meccanici e su analisi strutturali ma anche su "giudizi" del progettista, inevitabilmente di carattere qualitativo e soggettivo;

- sia nella scelta del livello di sicurezza che - affidata caso per caso a valutazioni “multidisciplinari” circa l'accettabilità degli interventi proposti dal progettista per ottenere miglioramenti” - può comunque essere anche significativamente inferiore al livello di sicurezza prescritto dalla norma per nuove costruzioni nello stesso sito e aventi la stessa destinazione d'uso.

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: il “giudizio” di esperti di diverse discipline lascia inevitabilmente spazio a scorciatoie non adeguatamente motivate sia nella concreta applicazione in questo contesto di concetti inerenti alla “conservazione” sia nella attribuzione di capacità prestazionali meccanico-strutturali a particolari materiali e tecnologie, tradizionali o innovative che siano (come dimostrano gli esiti spesso negativi dei recenti terremoti in aree dove, con le migliori intenzioni, erano stati eseguiti interventi con l'intento di aumentare la sicurezza strutturale).

È del tutto evidente che in tale contesto il progetto deve uscire dalle condizioni di spesso umiliante subalternità, se non di irrilevanza, che gli vengono riservate da cattive prassi che hanno preso il sopravvento nel mondo delle costruzioni, per tornare ad essere l'operazione centrale di ogni intervento sul costruito storico: un'operazione di alto profilo culturale, svolta con profondo senso di responsabilità e professionalità, che rifiuta tutte le “scorciatoie” per immergersi in un lungo e faticoso processo di conoscenza – in cui la storia va a pari passo con i più avanzati strumenti di indagine ed algoritmi di calcolo – in grado di elaborare e adattare al singolo contesto le sollecitazioni, e le suggestioni, che provengono sia dalla tradizione sia dal mondo accattivante delle moderne tecnologie.

Per quanto riguarda il tema, delicatissimo, della sicurezza strutturale, non si può non rilevare che la progettazione di interventi sul costruito storico deve poter immaginare percorsi temporali non paragonabili a quelli considerati nella progettazione del “nuovo”, percorsi lungo i quali la costruzione ha convissuto e deve continuare a convivere anche con gli eventi sismici, riprendendosi ogni volta con immutata capacità di trasmettere il più possibile di se stessa – testimonianza ed evocazione fisica di valori immateriali - al prossimo evento. Lo strumento operativo del progetto non può allora che essere la “manutenzione”, che può comprendere nei casi più gravi (tipicamente in seguito ai danni provocati da terremoti) importanti interventi di riparazione e rinforzo, attuati tuttavia nel segno della continuità, per dare concretezza e oggettività - in termini di lavorabilità e ri-lavorabilità e di riparabilità – a concetti ad elevato rischio di indeterminatezza, ma comunque fondamentali, come la compatibilità e la invasività.

## **Bibliografia**

1. KERMES La rivista del restauro, Anno XXI, n. 71 Luglio-Settembre 2008 – Speciale Normativa BBCC, C. Modena “Aspetti strutturali: normativa in campo nazionale internazionale”.
2. 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
3. ISO 13822 Bases for design of structures-Assessment of existing structures – ANNEX I (Informative) Historic Structures
4. ISO/DIS 13824 General principles on risk assessment of systems involving structures.
5. Norme tecniche per le costruzioni, DM 14 gennaio 2008
6. Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni, Direttiva del PCM 12 ottobre 2007, G.U. n. 24 del 29 gennaio 2008, e smi.
7. CEN TC346 Conservation of cultural property –WG1 “Condition survey of immovable heritage” and WG2N 018 : “ Diagnosis of building structures”
8. Antonino Giuffrè “Leggendo il libro delle antiche architetture-Aspetti statici del restauro”, a cura di C.F. Carocci e C. Tocci, Cingemi Editore