

Strutturisti e Restauratori: Sicurezza Vs Conservazione? Problemi, dubbi e proposte

Antonio BORRI

Nota: Il presente contributo è stato presentato in occasione del XVI congresso ANIDIS svoltosi presso l'Università degli studi di l'Aquila nel mese di settembre 2015 e successivamente pubblicato su recupero e conservazione 127: MAGAZINE ONLINE settembre 2015, De Lettera Editore, Milano e Structural n.199 - ottobre, De Lettera Editore, Milano.

RIASSUNTO

Nella presente relazione sono presentate alcune considerazioni sulle problematiche che nascono quando si vengono a confrontare le competenze di strutturisti, restauratori e conservatori. Alla fine sono elencati alcuni contributi di ricerca sperimentale, che, nel filone del "consolidamento consapevole" (delle diverse esigenze) sono stati indirizzati verso il non facile obiettivo di coniugare sicurezza e conservazione.

ABSTRACT

In this report are presented some considerations on the problem that arise when you comparing the skills of structural engineers, restorers and conservators, which, in the vein of "consolidation aware" (of the different needs) have been directed towards the difficult goal of combining safety and conservation.

RISCHIO SISMICO PER IL PATRIMONIO CULTURALE, TRA PERCEZIONE E REALTÀ

Il nostro Paese, ricchissimo di storia e di beni culturali, spesso è purtroppo colpito da terremoti che hanno effetti devastanti sugli edifici e su quanto in essi contenuto, e solo in occasione di tali avvenimenti tutti si ricordano o si accorgono delle gravi vulnerabilità esistenti.

Così, nel passato anche recente, insieme a lutti, danni o crolli di intere costruzioni, si sono avute anche gravi perdite di memorie storiche. Basti ricordare gli ultimi eventi sismici (figure 1 e 2): da Assisi (1997) a L'Aquila (2009), sino agli eventi emiliani (2012).

Tali esperienze dovrebbero ribadire con sempre maggiore fermezza la necessità di procedere decisamente nella direzione di una prevenzione ben mirata, con l'obiettivo di tutelare almeno i beni culturali più importanti nei confronti delle possibili azioni sismiche.

L'approccio delle attuali normative in tema di interventi sul patrimonio culturale appare però rivolto principalmente verso l'obiettivo di limitare gli interventi strutturali, privilegiando gli aspetti legati alla conservazione e così, per certi versi, sembra non tenere nella giusta considerazione le moltissime perdite di importanti manufatti subite negli eventi sismici.

In particolare, l'introduzione, senza porre un limite inferiore, della "vita nominale ridotta" (periodo in cui la costruzione può essere considerata "sicura" dal punto di vista probabilistico) può fornire sensazioni di sicurezza che, in realtà, sono del tutto infondate. Infatti, basta guardarsi indietro per comprendere che, contrariamente alla percezione comune, frutto di quel fenomeno psicologico che prende il nome di "negazione collettiva", il sisma purtroppo è un evento tutt'altro che raro.

Inerzie legate a tale falsa sensazione non appaiono comunque giustificabili in alcun modo per

l'Organo centrale deputato alla tutela dei beni culturali sull'intero territorio nazionale, ovvero il MiBACT, i cui comitati scientifici, ma ovviamente non solo, sanno bene che la probabilità

di perdere nel giro pochi anni un elevato numero di costruzioni (chiese, palazzi, etc) e di manufatti artistici (statue, affreschi, etc) corrisponde alla (quasi) assoluta certezza.

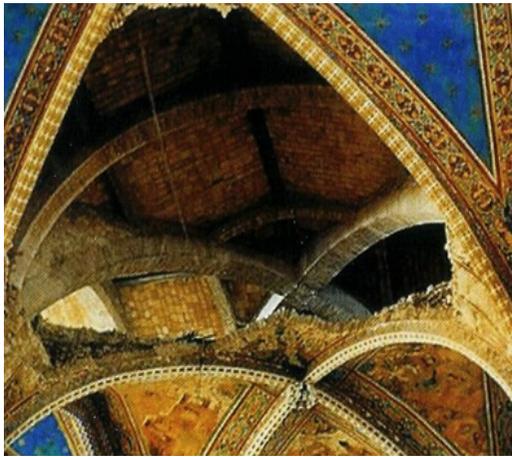


Figura 1. Crollo delle volte affrescate della basilica superiore di San Francesco ad Assisi e, a destra, risultati del restauro. “Decine i restauratori impegnati nel lavoro di quello che è stato chiamato Il cantiere dell'utopia; 60.000 le ore impiegate, per un costo di 72 miliardi di lire, circa 37 milioni di euro” (da la Repubblica/cultura_scienze: Riapre la Basilica di Assisi. Sconfitto il terremoto, 27.11.1999).

Nazione - Italia
 Città - L'Aquila
 Luogo di conservazione - Museo Nazionale d'Abruzzo
 Luogo di collocazione - Piano 1 - Sala 9
 Materia e tecnica - Terracotta policroma
 Autore - [Saturnino Gatti](#)
 Sezione - [Arte Sacra](#)
 Tipologia - Scultura
 Dimensioni - h. 124 cm
 Datazione - Sec. XVI
 Foto A. Borri



Figura 1. L'Aquila dopo il sisma del 2009: ribaltamento di statue nella Galleria Nazionale d'Abruzzo e affreschi caduti nel Palazzo Branconio-Farinosi.

D'altra parte, anche senza sapere nulla di calcolo delle probabilità, basta ricordarsi che negli ultimi trenta anni l'Italia è stata colpita da circa una trentina di terremoti con magnitudo pari o superiore a 5.0. Quelli che hanno causato i maggiori danni, e in alcuni casi anche molte vittime, sono quelli di Potenza e della Sicilia sud-orientale del 1990, i terremoti dell'Umbria – Marche del 1997, il terremoto dell'Appennino calabro-lucano del 1998, gli eventi di Palermo e del Molise del 2002, i terremoti dell'Abruzzo del 2009 e gli eventi sismici dell'Emilia Romagna del 2012.

L'attesa di un evento distruttivo ogni dieci anni rappresenta quindi una stima ottimistica della realtà e oltre alle perdite irreparabili di beni culturali, i costi che si devono sostenere a seguito di un sisma di queste intensità superano di gran lunga quelli dei possibili interventi preventivi.

Se è irrinunciabile il concetto, ormai acquisito nel campo dei beni culturali, che tutti i beni sono paritariamente importanti, è pur vero che alcuni di essi sono soggetti a rischi più elevati e quindi l'approccio da seguire dovrebbe essere quello di uno screening rivolto ad individuare le situazioni più critiche, così da identificare le priorità sia per gli edifici che per i beni museali, facendo seguire poi concrete e mirate politiche di prevenzione e tutela, attuando gli interventi per le situazioni a rischio maggiore.

Spesso invece si vede liquidare il problema con osservazioni del tipo: "ma se sta in piedi da centinaia di anni, perché dovrebbe avere dei problemi proprio adesso?".

Se un tale induttivismo, in generale, è criticabile perché (seguendo Karl Popper) non si può giustificare una conclusione partendo dall'analisi di un insieme finito di casi particolari, lo è ancor più in questo caso, visto che "se nessun numero di esempi confermantici può giustificare la verità di una proposizione, un solo esempio contrario consente invece di dimostrarne la falsità". E nei sismi anche recenti, i crolli di edifici antichi e antichissimi non sono certo stati pochi...

Peraltro, Antonino Giuffrè, che ben conosceva il comportamento delle costruzioni storiche, aveva scelto con cura le sue parole, quando scriveva che «... edifici ben progettati e ben mantenuti hanno visto e provato, e più volte, terremoti di intensità anche elevata e sono ancora lì a testimoniare la loro capacità di resistere...».

In quella frase, pienamente condivisibile, tutte le parole sono importanti e non se ne possono prendere (strumentalmente) solo alcune, dimenticandosi delle altre. Quei requisiti richiamati nel testo, ovvero la bontà del progetto e della sua realizzazione, il collaudo (da parte dei sismi passati) della costruzione e la sua manutenzione nel tempo, sono tutti fondamentali per poter confidare sulle capacità di resistere di una costruzione storica.

Perciò, evidentemente, quanto detto non vale per le costruzioni storiche che non rispondono a quei requisiti, quelle cioè che non sono state ben progettate, né ben realizzate, o per carenze nei materiali impiegati, o per mancanza di rispetto delle cosiddette regole dell'arte. In questi casi, gli eventi sismici che superano una determinata intensità fanno emergere in tutta la loro gravità le vulnerabilità meccaniche esistenti.

Si deve poi osservare che molte costruzioni, pur essendo antiche, in realtà non hanno mai provato nella loro vita alcun sisma di elevata intensità e quindi il solo fatto che abbiano centinaia di anni non fornisce alcuna garanzia di un loro buon comportamento meccanico ad eventuali azioni dinamiche.

A L'Aquila, ad esempio, molti degli edifici crollati nell'ultimo sisma erano stati costruiti (o ricostruiti) dopo il terremoto del 1703 e quindi non avevano mai provato intensità come quella del 2009. Situazione analoga per tante costruzioni crollate nel 2012 in Emilia, realizzate in epoca successiva al sisma del 1570.

Così, sia in Abruzzo che in Emilia, molte costruzioni in muratura, pur avendo centinaia di anni sono state colpite per la prima volta da azioni sismiche di quella intensità ed essendo prive di collegamenti efficaci, realizzate con materiali di scarsa qualità meccanica e/o non rispettose delle regole dell'arte, non hanno resistito.

C'è un'altra condizione, forse meno nota, che Giuffrè aveva posto per la riconoscibilità della "buona costruzione": la verifica della non avvenuta alterazione del suo schema strutturale iniziale, che invece poteva essere stata fatta nel tempo per motivi funzionali o di consolidamento. Per quelle costruzioni, quindi, nelle quali sono stati modificati alcuni elementi strutturali (sostituzione di coperture e solai, apertura di vani, introduzione di elementi in c.a., etc) cade quella

presunzione di buon comportamento derivante dal test dei terremoti precedenti, trovandosi di fronte ad organismi modificati, che quei sismi, in realtà, non li hanno mai provati.

Tra le possibili alterazioni strutturali che possono essere avvenute nel tempo occorre poi considerare sia il degrado che i danni avvenuti per sismi precedenti, che non sono stati adeguatamente ripristinati. Ciò può portare ad una riduzione anche rilevante di capacità, proprio per l'accumulo dei danni. E' la legge inesorabile del mutamento (panta rei): "tutto si muove e nulla sta fermo...", legge che evidentemente riguarda anche le costruzioni storiche e che fa cadere, ancora una volta, la presunzione della validità del principio: "edificio antico" = "buona costruzione".

Invece, sull'esperienza di quanto è accaduto negli ultimi terremoti e pensando ad altre zone italiane che, da tempo, non sono state interessate da eventi importanti, si può comprendere come non abbia senso considerare come prova di "robustezza" il solo fatto che una costruzione abbia secoli di vita e perciò è davvero poco prudente negare a priori la necessità di interventi di consolidamento.

E' invece necessario conoscere bene a fondo le sue vulnerabilità e la sua reale situazione strutturale, e su questa conoscenza basare ogni decisione.

DIALOGO TRA STRUTTURISTI, RESTAURATORI E CONSERVATORI ...

Considerando il caso più generale di una costruzione storica contenente anche beni artistici (statue, affreschi, etc) in un progetto di prevenzione sismica o in un intervento a seguito di eventi sismici vengono a confrontarsi intorno allo stesso tavolo (quello, appunto, degli interventi da attuare) ingegneri strutturisti (ma anche impiantisti) architetti, restauratori e storici dell'arte. Il tutto, naturalmente, sotto il controllo dell'Organo che ha, per legge, la responsabilità della tutela di tali manufatti (MiBACT, direttamente o attraverso le locali Soprintendenze).

E' ovvio che, per il pieno raggiungimento dell'obiettivo suddetto, ovvero la tutela di questi manufatti è fondamentale un rapporto positivo e costruttivo tra le diverse competenze coinvolte.

Al di là delle problematiche particolari e di singoli casi specifici, il buon esito di questo rapporto appare legato alla condizione che tutti, seppure con livelli di approfondimento diversi, conoscano adeguatamente le tematiche del restauro e del consolidamento, così da potersi confrontare con una corretta comprensione e valutazione delle diverse argomentazioni.

Purtroppo, la realtà è complessa e variegata (per usare un eufemismo) e all'origine dei problemi si potrebbero mettere le carenze dei percorsi formativi delle Università. Si pensi alla mancanza di corsi di Restauro nella preparazione degli ingegneri, come alle lacune, nel percorso degli architetti, sulle tematiche sismiche, sul comportamento meccanico delle murature storiche e sul consolidamento strutturale. Tutto ciò ha portato, di fatto, ad una situazione di "cultural divide" non facilmente superabile.

A ciò si aggiunge il fatto che l'aggiornamento dei funzionari negli Enti preposti alla tutela (molti dei quali, peraltro, ormai in vista della pensione) è spesso lasciato all'iniziativa personale dei singoli....

In presenza di manufatti artistici di rilievo entra poi in campo anche la competenza di storici dell'arte, critici, etc. e qui non si può sottacere che, se il dialogo tra ingegneri e architetti può avvalersi, almeno in parte, di riferimenti comuni (la formazione scientifica di base, la Statica e la Scienza delle Costruzioni) con gli storici dell'arte, che peraltro spesso rivestono importanti ruoli decisionali negli Organi preposti alla tutela dei beni in questione, può risultare oggettivamente difficile, per uno strutturista, comunicare in modo efficace quelle esigenze che risiedono sul terreno delle leggi della fisica materica ("barriera di Newton").

Il problema è senza dubbio di tipo culturale: la fede che gli ingegneri ripongono nei numeri e nei modelli fisico-matematici, fede che deriva da una specifica formazione, e forse, prima ancora, da una predisposizione genetica di chi sceglie questa strada, mal si concilia con approcci di tipo qualitativo. Occorre ricordare tuttavia che le responsabilità per la sicurezza strutturale ricadono principalmente proprio sull'ingegnere.

Normalmente il buon senso e la buona volontà rimediano a tutto e viene trovata la soluzione più idonea, rappresentata in genere dal punto di equilibrio tra le esigenze di un "consolidamento consapevole" (delle problematiche della conser-

vazione) e quelle di un “restauro consapevole” (delle problematiche della sicurezza).

Nel passato però non sempre è stato così (e talvolta non lo è neppure adesso) e nel confronto tra le diverse posizioni, a seconda del periodo storico e delle diverse posizioni di forza, si è assistito di fatto ad un’alternanza nel prevalere dell’uno o dell’altro punto di vista, con situazioni e soluzioni disomogenee nel tempo e sul territorio, basate su argomentazioni non sempre condivisibili e con risultati talvolta nefasti proprio per quella tutela posta, da tutti, come obiettivo primario.

Rimandando a lavori lucidi ed approfonditi come quelli di Salvatore D’Agostino (D’Agostino, 2006) e Carlo Blasi (Blasi, 2014) circa le mutevoli vicende nei rapporti tra tutela dei beni culturali e normativa tecnica, qui ci si limiterà ad osservare una sostanziale inversione a 180° nei rapporti tra strutturisti e conservatori. Infatti, se negli anni successivi ai sismi del Friuli e dell’Irpinia, usando il “grimaldello” delle normative tecniche, sono stati imposti interventi strutturali invasivi e inadeguati (e di questi si tratterà al punto successivo) da tempo si assiste ad episodi di segno contrario: limitazioni, eccessive alle possibilità di intervento strutturale o, in alcuni casi (per fortuna limitati) “proposizioni” (= imposizioni) da parte di Soprintendenze di soluzioni tecniche diverse da quelle del progettista strutturale, fornite senza avere la stessa conoscenza del caso in esame e senza assumersi poi alcuna responsabilità di quanto “proposto”.

DANNI DA NORMATIVA

Non si può parlare di problematiche di rapporti tra strutturisti e conservatori senza riconoscere anzitutto i gravi errori fatti dai primi, in un passato non poi così lontano, quando, sopra le carenze e le vulnerabilità originarie che già affliggevano le costruzioni murarie storiche sono stato messi, come macigni, interventi di consolidamento pesanti ed invasivi, non rispettosi del comportamento delle costruzioni in muratura, né delle loro effettive capacità strutturali.

E’ il caso delle sistematiche sostituzioni di solai e coperture lignee con rigidi e massicci elementi in latero-cemento, motivate spesso solo dalle necessità di doversi adattare alle ipotesi di un metodo di calcolo strutturale (POR). In queste

situazioni, come si è visto nei terremoti recenti, i cordoli sommitali in c.a., quelli in breccia o gli innesti a coda di rondine che venivano realizzati per collegare tra loro i diversi elementi, alla prova dei fatti hanno collegato ben poco, risultando inadeguati e nefasti.

Solo quando le murature verticali venivano impacchettate tra due pareti in c.a., come generalmente è stato fatto nel Friuli dopo il sisma del 1976, questi interventi hanno avuto efficacia, a scapito però della conservazione delle caratteristiche architettoniche e materiche di quelle costruzioni murarie.

Nelle altre regioni italiane, dove in modo ampio e diffuso è stata effettuata la sola sostituzione di coperture e solai lignei con quelli in c.a., sono stati introdotti elementi pesanti, rigidi e mal collegati con le murature esistenti, dando origine a situazioni di grave vulnerabilità.

Così, là dove c’è stato un sisma importante e le murature esistenti non avevano capacità meccaniche adeguate, questi elementi hanno generato dissesti e crolli e la stessa cosa purtroppo accadrà, nei sismi futuri, per gli edifici su cui è stato fatto questo tipo di intervento.

Emblematico, a dimostrazione di quanto poco si conoscesse in quel tempo delle murature, e devastante, per le conseguenze che si sono avute successivamente, il caso dei cordoli in breccia, “richiesti” fino a poco tempo fa da regolamenti o dagli organi preposti al controllo degli interventi. Questi, che si potrebbero chiamare “danni da normativa”, in quanto derivanti da tecniche imposte da normative sia nazionali che regionali (spesso con veri e propri protocolli operativi obbligatori e inderogabili) hanno interessato, almeno per un certo periodo, anche numerosi casi di beni vincolati. Negli anni ’80 infatti, nonostante l’indiscussa competenza del Ministero per i BBCC sui beni soggetti a vincolo (riaffermata nella legge del 1974) i quasi 3.500 morti degli eventi sismici tra il 1976 e il 1980 hanno portato di fatto, in nome di una malintesa ricerca della sicurezza, a consentire interventi invasivi, dimostratisi poi spesso, in molti casi, inappropriati e peggiorativi.

D’altra parte, dal 1981 la suddivisione delle categorie d’intervento sugli edifici esistenti ai fini normativi era tra “adeguamento antisismico” e

¹ E’ questo anche l’anno in cui Roberto Di Stefano afferma che “il consolidamento costituisce uno degli interventi fondamentali di quell’insieme di operazioni che prendono il nome di “Restauro dei monumenti” ... finalizzate all’obiettivo della conservazione. Pertanto, il consolidamento è una parte del restauro e non qualcosa di diverso o addirittura di alternativo...”.

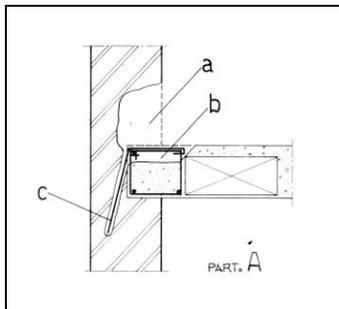
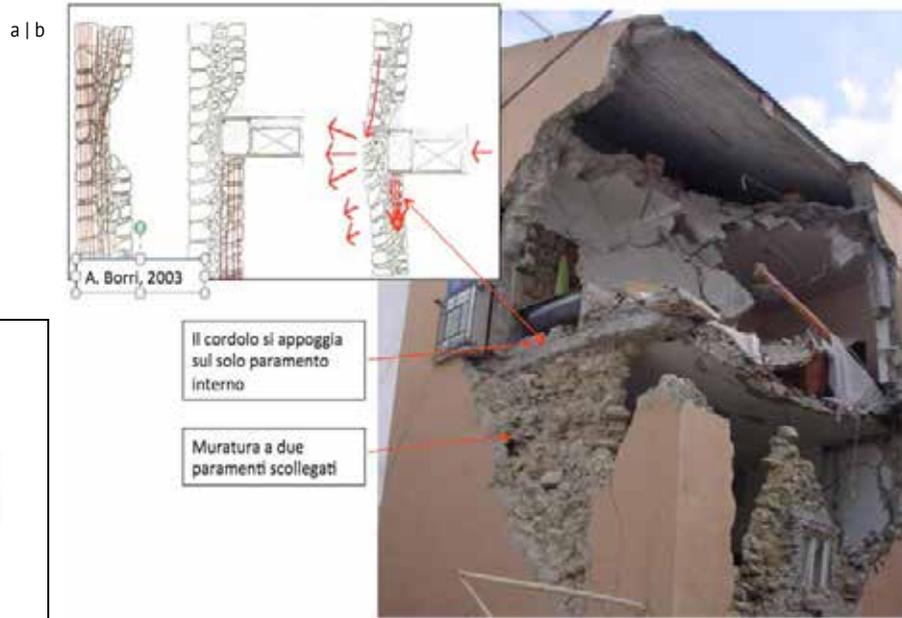
"interventi di modesta entità". Quindi, se l'intervento non era di modesta entità, la richiesta, anche per edifici vincolati, era spesso quella di rispondere ai requisiti dell'adeguamento.

Solo nel 1986 viene introdotto in una normativa il caso di "miglioramento sismico".

Si comprende bene perciò quanto scriveva Franco Braga (che già si era adoperato con Giuffrè,

Benvenuto, Di Pasquale e pochi, altri proprio in quella direzione) in un lavoro dei primi anni '90: "I terremoti sono perniciosi per il patrimonio monumentale italiano, non tanto per l'eccezionalità dei danni prodotti, quanto per il numero e il tipo di interventi di riparazione e di adeguamento antisismico che ad essi hanno fatto seguito..."

A questa stessa categoria di "danni da norma-



tiva" si possono ascrivere anche quelli derivanti dall'impiego diffuso e indiscriminato della tecnica delle iniezioni di boiaccia cementizia. In questo senso la circolare n. 21745 del 1981 (tab. 1) rappresenta un vera e propria "istigazione" a eseguire questa tecnica: nel caso di muratura di pietrame in cattive condizioni l'incremento di resistenza a taglio ottenibile grazie alle iniezioni sarebbe stata (secondo quella circolare) addirittura del 550%!

La realtà, come si è visto in seguito, è ben diversa: ad un aumento di resistenza di entità assai inferiore (anzi, talvolta inesistente) corrisponde comunque sempre un incremento di rigidità della parete muraria, che provoca spesso effetti negativi.

Si deve osservare però che le problematiche e gli insuccessi di quella tecnica furono dovuti, in quel periodo, anche alla assoluta mancanza di direttive o prescrizioni sulle metodologie di controllo in cantiere, sia delle operazioni, sia dell'avvenuto miglioramento delle caratteristiche meccaniche

Circolare 30/07/1981 n. 21745

	TIPO DI MURATURA	τ_k (t/m ²)	σ_k (t/m ²)
MURATURE non consolidate non lesionate	Mattoni pieni Malta bastarda	12	300
	Blocco modulare (con caratteristiche corrispondenti alle prescrizioni del D.M. 3.3.1975 (29x19x19 cm) Malta bastarda	8	250
	Blocco in argilla espansa o calcestruzzo Malta bastarda	18	300
	Muratura in pietra (in presenza di ricorsi di mattoni estesi a tutto lo spessore del muro, il valore rappresentativo di τ_k può essere aumentato del 30%):		
	- a) pietrame in cattive condizioni	2	50
	- b) pietrame grossolanamente squadro e ben organizzato	7	200
- c) a sacco in buone condizioni	4	150	
	Blocchi di tufo di buona qualità	10	250
MURATURE Nuove	Mattoni "pieni" con fori circolari Malta cementizia $R_m \geq 1450$ t/m ²	20	500
	Forati doppio UNI rapp. vuoto/pieno = 40% Malta cementizia $R_m \geq 1450$ t/m ²	24	500
MURATURE Consolidate	Mattoni pieni, pietrame squadro, consolidate con 2 lastre in calcestruzzo armato da cm 3 (minimo)	18	500
	Pietrame iniettato Murature in pietra a sacco consolidate con due lastre in cls armato da cm 3 (minimo)	11	300
		11	300

Tabella 1. Nella Circolare n. 21745 del 1981 (tab. 1) il valore della resistenza a taglio per una muratura di pietrame in cattive condizioni grazie alle iniezioni passava "miracolosamente" (!) da 2 t/m² a 11 t/m².



Figura 4. Sisma Umbria-Marche e sisma Abruzzo: edifici in muratura di scarsa qualità meccanica nei quali erano stati sostituiti solai e coperture lignee con elementi in latero-cemento.



Figura 5. Chiesa parrocchiale di Tempera (AQ) oggetto di un intervento di sostituzione della copertura, e di iniezioni cementizie (nel 1984). Immagini prima e dopo il sisma del 2009.

delle murature a valle della "bonifica" muraria. Ciò ha consentito a tutti di ritenere sempre raggiunti gli obiettivi.

Analoga "libertà" si registra oggi anche nell'impiego di alcuni "nuovi" materiali, per i quali molto, per non dire tutto, appare affidato alla sola fase progettuale oppure a controlli che riguardano solo i materiali e non il sistema ...

I danni maggiori sono stati fatti con queste tec-

niche all'edilizia tradizionale, ma numerosi sono anche i casi di costruzioni monumentali riempite di cemento.

D'altra parte, la normativa tecnica di quel periodo (Documento Tecnico 2 del Friuli del 1977 e D.M. 30.07.1981 per l'Irpinia) indicava come interventi "suggeriti" (= obbligatori):

- iniezioni di miscele leganti su pareti murarie;
- applicazione di lastre in cemento armato o di reti metalliche elettrosaldate su pareti murarie;
- inserimento di pilastri in cemento armato o metallici in breccia nella muratura;
- tirantature orizzontali e verticali su pareti murarie;
- gli archi e le volte interessati da gravi dissesti e se realizzati con muratura di non buona consistenza e fattura, devono essere eliminati. Il rinforzo può invece essere conseguito costruendo in aderenza a quelli esistenti archi e volte in cemento armato;
- qualora i solai siano avvallati e comunque deteriorati, si da non possedere adeguata rigidità nel proprio piano, essi devono essere sostituiti con solai in cemento armato ordinario o precompresso, ovvero in acciaio;
- le scale in muratura a sbalzo, cioè quelle aventi gli scalini o la sottostruttura incastrati nei muri di gabbia da un lato e liberi d'altro, devono essere di regola sostituite con scale in cemento armato o in acciaio.

Spesso, alle problematiche insorte per applicazioni di tecniche di consolidamento errate o inadeguate si aggiungevano gli interventi di adeguamento o miglioramento delle fondazioni, consistenti, in troppi casi, da inutili e talvolta dannose "sventagliate" di micropali ...

Nessuna meraviglia che sulla scia emotiva dei lutti e delle perdite di quel periodo, in nome delle "esigenze della sicurezza", anche molti interventi nelle costruzioni storiche vincolate abbiano seguito tali criteri.

A dire il vero, anche prima degli eventi sismici del Friuli e dell'Irpinia problemi di interventi non congrui con le murature storiche ce ne erano stati, avvertiti in quel periodo con una sensibilità diversa da quella odierna.

Ad esempio, nell'immediato dopoguerra ci sono



Figura 6. Interventi realizzati negli anni '80 su un edificio del 1300 a Gubbio (PG).

stati numerosi interventi con pilastri e travi in c.a. all'interno di chiese, e non hanno sollevato obiezioni più di tanto da parte dei restauratori del tempo. Ma proprio in alcuni di questi casi si è cominciato a comprendere come il connubio c.a. - murature storiche non funzionava, a prescindere dai problemi sismici o di conservazione.

Il caso della Chiesa di S. Lorenzo Maggiore a Napoli è emblematico, con interventi che si sono succeduti nel tempo, prima con pilastri in c.a. con l'intento di rimediare ai dissesti originari, poi con nuovi pilastri in c.a. per rimediare ai dissesti derivanti dall'introduzione dei precedenti pilastri in c.a., inserendo infine un diffuso "reticolo ce-

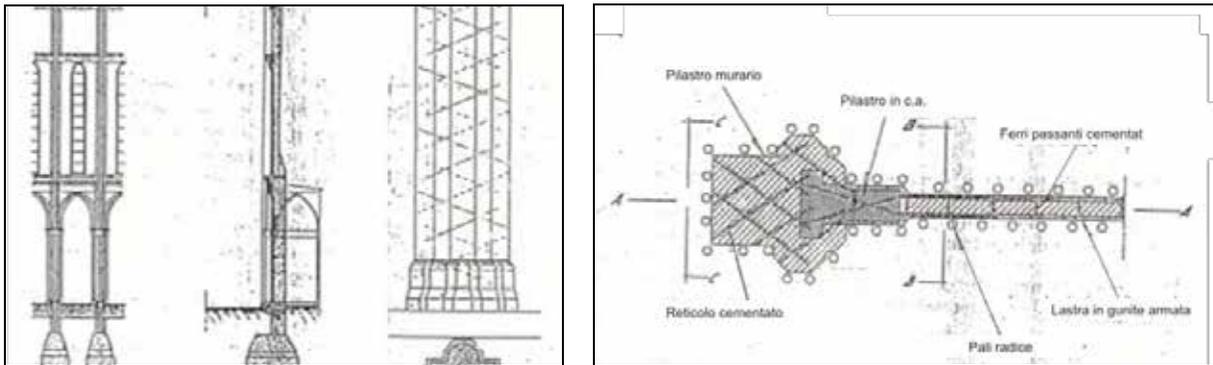


Figura 7. Interventi realizzati negli anni 1956-1962 nella Chiesa di San Lorenzo Maggiore a Napoli.

mentato" (perfori armati) e impacchettando le murature con "congrui spessori di gunita armata su entrambi i paramenti, collegati da tiranti cementati"

Oggi, acquisita una maggiore sensibilità verso la tutela e la conservazione, certo non si penserebbe più a introdurre elementi in c.a. in una chiesa.... E' anche vero però che tale sensibilità è molto soggettiva, e variabile, da Soprintendenza a Soprintendenza, e in taluni casi sembra essere condizionata dalle situazioni locali. Ci si riferisce, in particolare, alle voci (ben fondate) di un progetto di intervento di questo tipo (nuovi pilastri in c.a. in sostituzione di quelli murari originari) in una importante Chiesa dell'Aquila, progetto che, pur cozzando contro sensibilità e conoscenze or-

mai acquisite e pur essendo in chiaro contrasto con i criteri generali dettati dal MiBACT, avrebbe ottenuto il parere favorevole delle locali competenti Autorità.... L'unica speranza, non solo per la conservazione, ma anche per l'imprevedibile comportamento meccanico di quell'ibrido "murature fragili - pilastri in c.a." che ne scaturirebbe, è che qualcuno ci ripensi

Giusto per dare un'idea della variabilità delle soluzioni tecniche accettate in un passato recente da alcune Soprintendenze, basti pensare alla diversità di approccio per alcuni interventi di pochi anni fa sugli elementi verticali, come: 1) quello effettuato sui pilastri del Duomo di Pavia impiegando 1.087 martinetti piatti, inseriti, previo intaglio, tra i conci; 2) quello di "smontaggio" (= demolizione)

e ricostruzione di tutti i pilastri murari nella Cattedrale di Noto; 3) quello nell'intervento (architettonicamente stupendo) per il Tempio-Duomo di Pozzuoli - Rione Terra, con simulacri vitrei al posto delle colonne mancanti.

Si passa così da approcci nei quali l'attenzione è completamente rivolta agli aspetti strutturali, a soluzioni che appaiono orientate esclusivamente verso gli aspetti estetici....

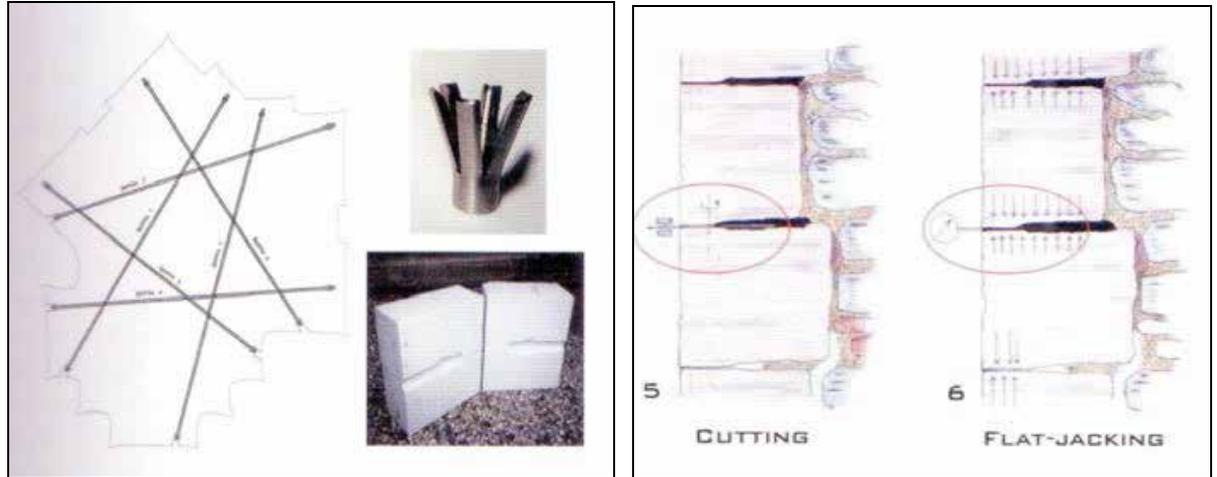


Figura 8. Interventi sui pilastri del Duomo di Pavia (Macchi, 2006).



Figura 9. Smontaggio e ricostruzione dei pilastri della Cattedrale di Noto (intervento Arch. S. Tringali e R. De Benedictis).

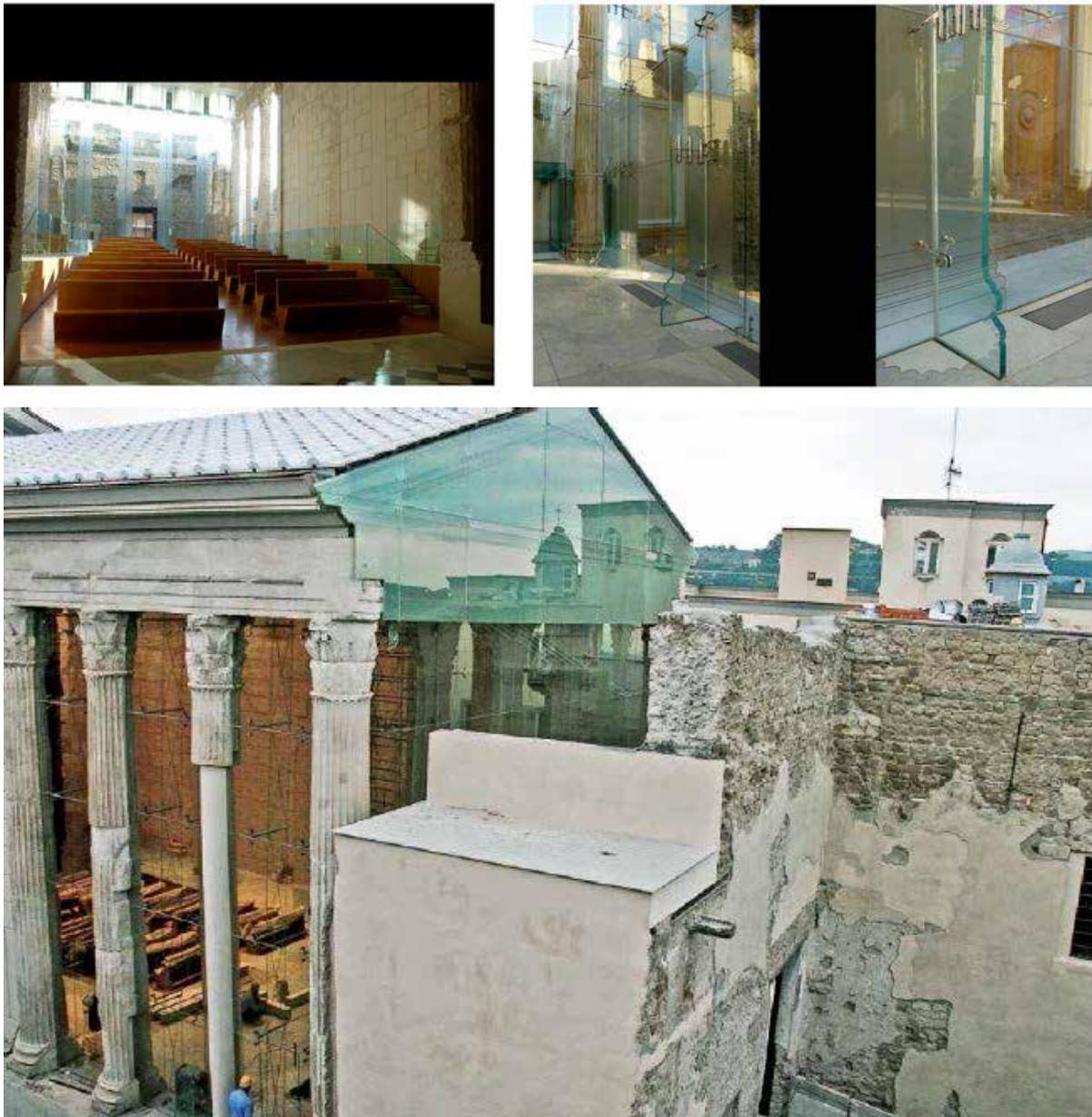


Figura 10. Intervento nel Tempio-Duomo di Pozzuoli - Rione Terra (Progetto Prof. Arch. Marco Dezzi Bardeschi).

NORMATIVE ATTUALI: COERENZE A INTERMITTENZA

Ripetendo qui quanto già scritto in precedenti occasioni (Borri e De Maria, 2015a) occorre anzitutto ricordare che i beni culturali hanno seguito sempre un iter diverso rispetto a quello degli edifici non tutelati, e ciò è ben comprensibile se si riflette sulle particolari problematiche che tali edifici comportano, legate alla necessità di conservare e non stravolgere l'edificio con interventi strutturali che potrebbero risultare troppo invasivi.

Già la Legge n. 1089 del 1939 distingueva i beni di interesse artistico e culturale da tutte le altre costruzioni: *“le cose, immobili e mobili, che pre-*

sentano interesse artistico, storico, archeologico ... non possono essere demolite, rimosse, modificate o restaurate senza l'autorizzazione del Ministro della pubblica istruzione. Le cose medesime non possono essere adibite ad usi non compatibili con il loro carattere storico od artistico, oppure tali da recare pregiudizio alla loro conservazione o integrità”.

Le "Raccomandazioni relative agli interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche", emanate dal Ministero dei Beni Culturali ed Ambientali nel 1986 (il cosiddetto "Documento Ballardini") fissavano con lucida chiarezza i termini del dibattito sulla protezione sismica dei beni culturali. Tali principi, con

una sola importante eccezione, di cui si dirà fra breve, costituiscono ancora oggi i cardini delle normative che riguardano tale problematica.

Si parla lì infatti di *“approccio interdisciplinare”*, *“... poca chiarezza normativa circa gli aspetti tecnici degli interventi, peggiorata dalla tendenza ad applicare in maniera impropria norme tecniche ... scritte per l'edilizia ordinaria e non per gli edifici monumentali a tipologia specialistica...”*, *“conflitto tra le esigenze di conservazione e restauro, da un lato, e la protezione dal rischio sismico della costruzione e delle vite umane dall'altro lato, con le connesse assunzioni di responsabilità”*, *“assenza di modelli di calcolo e verifica riconosciuti validi per le tipologie speciali”*.

Molto di quanto sopra potrebbe essere ripetuto oggi, a distanza di 30 anni, ma la conclusione cui si giunse allora fu ben diversa da quella attuale. Infatti, nelle Raccomandazioni del 1986 si concludeva che *“gli interventi sul patrimonio monumentale devono essere caratterizzati da un aumento di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche senza però che si ponga in modo rigido il problema del rispetto delle verifiche formali nei confronti delle azioni sismiche di progetto previste per le nuove costruzioni”*.

Le NTC (sia quelle del 2008 che quelle approvate nel 2014) e, di conseguenza, le Linee Guida BBCC distinguono anch'esse tra costruzioni ordinarie e quelle tutelate ma, al contrario delle Raccomandazioni del 1986, impongono un calcolo numerico della sicurezza.

Nelle NTC 2008 si legge infatti: *“Per i beni di interesse culturale in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del D. lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 “Codice dei beni culturali e del paesaggio”, è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza”*.

Tale concetto è stato ripreso e sviluppato nelle già citate Linee Guida BBCC, confidando nelle moderne modellazioni numeriche che trenta anni fa non erano possibili: *“Pur nella consapevolezza che non sempre si possono applicare ai beni culturali tutelati le prescrizioni di modellazione e verifica indicate per gli edifici ordinari, è comunque necessario calcolare i livelli delle azioni sismiche corrispondenti al raggiungimento di ciascuno stato limite previsto per la tipologia strutturale dell'edificio, nella situazione precedente e nella*

situazione successiva all'eventuale intervento. A tale fine dovranno essere impiegati i modelli ritenuti più affidabili”.

Dunque, come si è visto, anche se si prosegue nella corretta distinzione fra costruzioni ordinarie e costruzioni vincolate, dalle NTC 2008 in avanti si chiede di valutare numericamente la sicurezza di tutte le costruzioni.

E' vero che le conoscenze tecnico-scientifiche di oggi in tema di analisi strutturale non sono quelle degli anni '80, ma bisognerebbe distinguere in modo netto tra i casi nei quali i modelli (statici, dinamici o cinematici) riescono a seguire la realtà di una costruzione muraria e casi nei quali, invece, la presenza di elementi di criticità non quantificabili va ad inficiare sostanzialmente ogni capacità di previsione.

La soluzione proposta dalle Linee Guida BBCC è la seguente: *“Nel caso in cui il progettista dovesse ritenere che non è possibile mettere in conto nella valutazione della risposta strutturale il contributo di alcuni aspetti costruttivi è possibile quantificare tale effetto su base soggettiva, giustificando ciò adeguatamente”*.

Questo rappresenta oggi l'incoerenza maggiore dell'attuale impostazione normativa, perché in presenza di elementi di criticità non quantificabili, purtroppo spesso presenti, chiede (= impone) di valutare la sicurezza di una costruzione in muratura con strumenti e modelli numerici che appaiono, in questi casi, inadeguati rispetto alla realtà (potremmo dire di *insostenibile leggerezza*) stante la contraddizione in termini del dover *quantificare l'inquantificabile*.

In ogni caso, il testo delle Linee Guida BBCC (riferimento obbligatorio per le Soprintendenze) fornisce delle indicazioni importanti e ben chiare in merito alle tipologie di intervento e certamente nessuno oggi penserebbe di inserire elementi in c.a. (pilastri e/o travi) in una chiesa o in un palazzo storico, o, nel caso, verrebbe immediatamente fermato da uno scontato, fulminante parere negativo della Soprintendenza competente territorialmente.

E' anche vero che la coerenza è una virtù presente in modo un po' discontinuo nelle persone e anche in alcune delle nostre Istituzioni....

Si potrebbe parlare, in particolare, di interventi inadeguati fatti o approvati (compresi nuovi elementi in c.a. dentro costruzioni monumen-

²Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni” (nel presente testo indicate, per brevità, come “Linee Guida BBCC”) rilasciate dal MiBACT nel 2011 e approvate come Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9 febbraio 2011, pubblicata sulla G.U. n. 47 del 26 febbraio 2011, supplemento ordinario n. 54.

tali) senza rispetto di quelle indicazioni, nell'assordante silenzio di restauratori, conservatori e Organi competenti, come anche di alcune indicazioni inserite ex novo (rispetto alla versione originaria del 2007) nelle Linee Guida BBCC del 2011, che non sembrano essere molto in linea con quei principi del restauro fermamente sostenuti sul campo proprio dal MiBACT.

Ma per restare solo sul terreno di propria specifica competenza, si vogliono qui invece ricordare quelle che, a parere dell'Autore, sono le gravi incoerenze di quegli strutturisti che hanno indicato la via della "vita utile" o del "tempo per l'intervento" o della "vita nominale ridotta" per ovviare alle problematiche che emergevano nel non rispetto delle verifiche degli edifici rilevanti, strategici o vincolati (Commissione Grandi Rischi nel 2002, Comitato Scientifico Regione Emilia Romagna nel 2010, Circolare Protezione Civile del 2010, Linee Guida BBCC del 2011). Si veda a questo proposito quanto scritto in (Borri e De Maria, 2015a) e (Borri e De Maria, 2015b).

In quei testi la fede nei numeri e nei modelli è stata pesantemente adattata alle necessità e alle opportunità del caso: il trucco adottato (ridurre, senza indicare dei limiti inferiori, la vita nominale e quindi il periodo di riferimento, sino a che la probabilità di superamento nel periodo è la stessa di un edificio a norma) confida sulla (presunta) incapacità degli ingegneri di capire che nel modello probabilistico della sicurezza conta, più della probabilità totale nel periodo, la probabilità annua e quindi, se si diminuisce troppo il periodo di riferimento può aumentare in modo clamoroso il rischio che ci si assume.

Si deve anche dire, per completezza, che, a differenza dagli altri documenti, le Linee Guida BBCC del 2011 fanno presente questa problematica e sebbene non indichino in modo esplicito dei limiti inferiori, suggeriscono in qualche modo di stare al di sopra al valore dei 20 anni.

Non si può tacere infine su una analoga e ancor più grave incoerenza insita nella definizione dei coefficienti di adeguatezza per gli interventi di miglioramento delle nuove NTC 2014, che in taluni casi (ad esempio quando si dice che va bene anche 0,1) equivale a rinnegare ogni fiducia nei risultati del calcolo strutturale e nel concetto stesso di "vita nominale" (Borri e De Maria, 2015c). In altre parole, quanto è stato scritto equivale a dire che il calcolo è obbligatorio, e quindi si

deve fare, ma poi, in definitiva, quello che viene non ha alcuna importanza, e se la vita nominale residua non è neppure calcolabile, risultando il periodo di ritorno al di sotto del minimo valutabile, va bene lo stesso... Quello che non è chiaro è su chi ricadranno poi le responsabilità conseguenti a situazioni di questo tipo.

DANNI DA ECCESSO DI DELEGA, DANNI DA INERZIA E DANNI DA IGNORANZA

Non si possono qui non ricordare anche quei casi, molti dei quali proprio in Abruzzo negli anni '60 - '70, dove un eccesso di delega nei confronti degli strutturisti dell'epoca ha portato ad un sistematico e sciagurato inserimento di elementi in c.a. rigidi e massicci (cordoli sommitali, solai, coperture in latero cemento) in costruzioni realizzate con murature, in particolare quelle settecentesche, fragilissime.



Figura 11. Chiesa di S. Maria di Paganica a L'Aquila, dove negli anni 60-70 era stata sostituita la copertura lignea con una in latero-cemento.

Si hanno poi quelli che si potrebbero chiamare “danni da inerzia”, legati a casi in cui c’era la necessità di un intervento, ma niente è stato fatto, vuoi per inerzia, vuoi per inefficienza burocratica, se non addirittura, in taluni casi, per scelta filosofica del non intervento (in sintonia con J. Ruskin, “rovinista romantico” convinto dell’immoralità dell’intervento di restauro). Altro caso ascrivibile alla suddetta tipologia è quello in cui si scontrano, per la tutela di un bene, competenze e visioni diverse che di fatto bloccano ogni iniziativa. Così, ad esempio, per timore che un intervento possa causare un qualche minimo danneggiamento ad un’opera pittorica muraria, si bloccano per anni lavori necessari per impedirne danni ben più gravi. Certo non meno gravi sono i “danni da ignoranza o sottovalutazione” degli aspetti strutturali di un problema, purtroppo più frequenti di quanto si possa pensare, legati o a vera ignoranza delle funzioni strutturali dei diversi

elementi o, talvolta, a richieste estetiche o di riconoscibilità (tipo: “...mimetici da lontano, riconoscibili da vicino...”). Purtroppo il sisma ci vede sempre molto bene (nel trovare le carenze e le vulnerabilità esistenti) e non è di gusti difficili ...

Come semplici esempi si vedano, in fig. 12 e in fig. 13, gli effetti di una richiesta di disallineare il prospetto di una costruzione nuova rispetto ad una preesistente (ai fini della riconoscibilità) oppure di lasciare una parte della muratura faccia a vista in un intervento con l’intonaco armato, certo di per sé non condivisibile, anche se si tratta di un edificio non vincolato, ma che almeno, se fosse stato fatto in modo completo, sarebbe risultato efficace.

La Fig. 14, infine, si riferisce ad un caso di eliminazione (negli anni 60-70) di alcune catene metalliche presenti nella Fortezza spagnola a l’Aquila, evidentemente ritenute superflue ed antiestetiche.

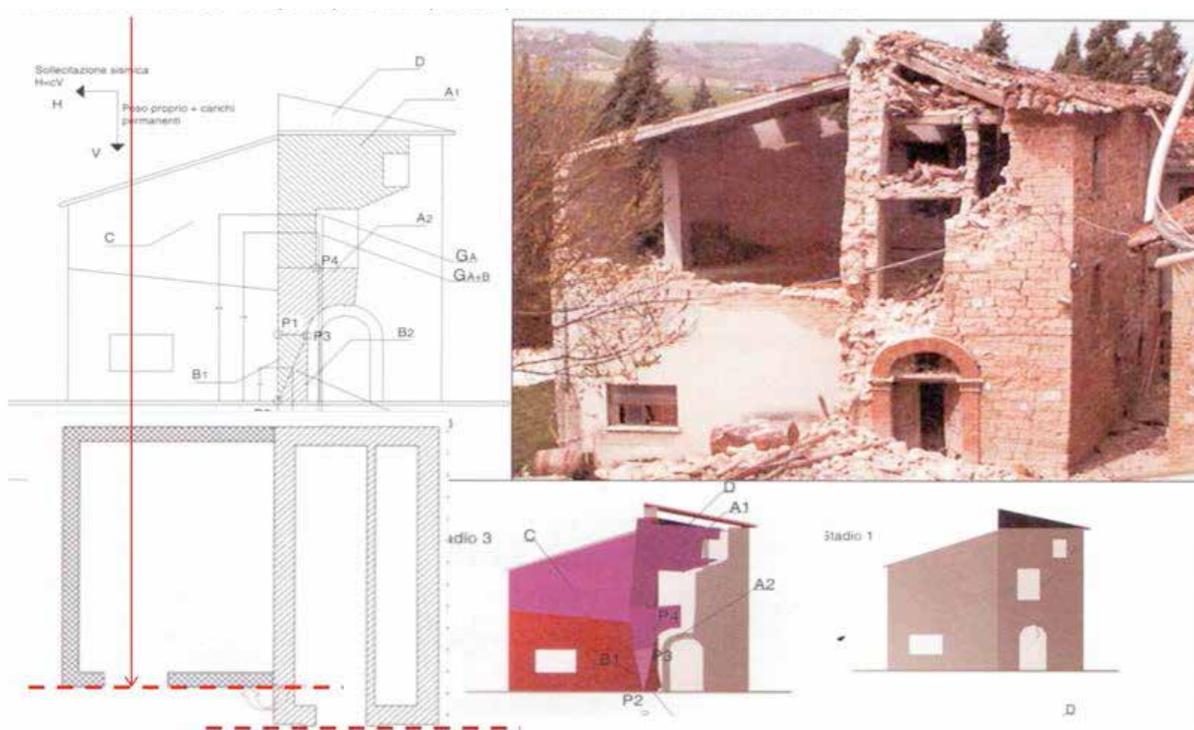


Figura 12. Effetti sismici del disallineamento del prospetto (Umbria 1997).



a)



b)

Figura 13. a) Caso di porzione di prospetto lasciato faccia a vista in un intervento con intonaco armato, a testimonianza della tessitura muraria; b) effetto dell'incompletezza dell'intervento in una analoga situazione (Onna, 2009).

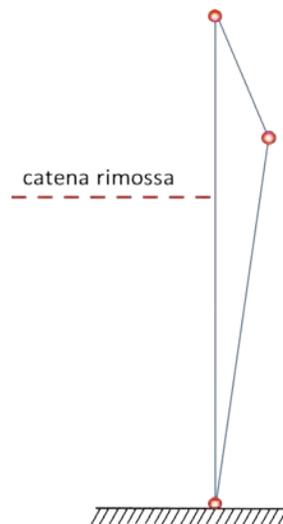


Figura 14. Danni provocati dal sisma a L'Aquila nel 2009 nella Fortezza spagnola. La facciata è stata interessata da un cinematicismo reso possibile a causa dell'eliminazione di alcune catene metalliche esistenti: sul prospetto (a) si vedono i capochiave; guardando però all'interno (b) non si trova traccia delle catene, che evidentemente sono state rimosse; c) cinematicismo attivato.

CONCLUSIONI

Si vuole qui ricordare solo come la via migliore per una possibile mitigazione del problema del "cultural divide" appare quella di un maggiore dialogo tra strutturisti e conservatori, attuabile mediante appositi momenti di incontro e di dibattito. Qui potrebbero aiutare i recenti percorsi di aggiornamento obbligatorio, attraverso i quali potrebbero essere indicate, insieme agli indirizzi per un "consolidamento consapevole" anche quelli di un "restauro consapevole". Utile sarebbe anche (utopia delle utopie) l'inserimento in ruolo di ingegneri nelle varie Soprintendenze.

A livello normativo si potrebbe suggerire (altra utopia) il ritorno a quanto prevedeva la circolare Ballardini (cioè nessun obbligo di calcolo) per quei casi dove sono le criticità non quantificabili a condizionare la risposta e dove quindi i modelli numerici non possono fornire risposte valide.

Legato a questo, ma non solo, c'è poi il problema delle responsabilità, che appare, nel momento attuale e specie per i beni culturali, un po' penalizzante per tecnici verificatori e progettisti.

Ad esempio, le Linee Guida BBCC indicano in modo esplicito che "spesso è opportuno accettare consapevolmente un livello di rischio sismico più elevato rispetto a quello delle strutture ordinarie, piuttosto che intervenire in modo contrario ai criteri di conservazione del patrimonio culturale". In questo modo però è evidente che sono solo i tecnici che devono farsi carico, per gli eventuali danni e crolli causati da eventi sismici futuri, della responsabilità dei mancati interventi o della loro limitatezza.

In quest'ultimo caso poi, le responsabilità sono ancora più stringenti, perché le NTC chiedono comunque, anche per l'edificio tutelato, che il tecnico espliciti in una apposita relazione se l'uso della costruzione possa continuare o meno.

Accettare maggiori rischi in nome della conservazione significa quindi che il tecnico deve accettare "consapevolmente" che queste maggiori responsabilità gravino principalmente (per non dire tutte e solo) su di lui.

CONTRIBUTI PER UN CONSOLIDAMENTO "CONSAPEVOLE"

Negli ultimi anni il gruppo di ricerca perugino ha

proposto e sperimentato alcune metodologie e soluzioni tecniche con l'obiettivo di conciliare, per quanto possibile, le esigenze della conservazione con quelle della sicurezza, ed in questo senso le esperienze a L'Aquila dopo il sisma hanno rivestito una grande importanza.

Si possono qui elencare, rimandando alla bibliografia sotto riportata, alcuni di questi contributi:

- metodo IQM (Indice di Qualità Muraria) (Borri e De Maria, 2014). E' un metodo di analisi di tipo qualitativo basato sulla osservazione della muratura, che permette di ottenere indicazioni sulle caratteristiche meccaniche di una tipologia muraria. Può consentire, ad esempio, di sopperire in qualche modo alla impossibilità di effettuare, in un edificio vincolato, prove meccaniche che risulterebbero invasive;
- metodo per la ricognizione su larga scala della vulnerabilità sismica dei Beni Museali. Consente, anche a persone non esperte, di effettuare un primo screening sul livello di vulnerabilità di oggetti museali soggetti a rischio di ribaltamento o scorrimento (Borri, e De Maria, 2013).
- analisi di vulnerabilità di affreschi: la metodologia proposta sulle Linee Guida BBCC è stata applicata, specializzandola, al caso dell'affresco di Piero della Francesca "La Resurrezione" (Castori, Borri, Sisti, De Maria e Corradi, 2015);
- tecnica del "reticolatus", che consente di migliorare il comportamento meccanico di murature faccia a vista, conservandone i paramenti. Sperimentazione in laboratorio e a L'Aquila (Borri e Sisti, 2014);
- rinforzo di pilastri murari faccia a vista con rinforzi inseriti nei giunti di malta. Sperimentazione in laboratorio e a Spello (PG) (Borri, Castori e Corradi, 2014a);
- rinforzo di murature a due paramenti sconnessi mediante diatoni attivi per forma. Sperimentazione a Reggio Calabria e a L'Aquila (Borri, Savelli e Poverello, 2013) (Fonti, Formisano, Barthel, Borri, Candela, 2015);
- travi cordolo in muratura di pietrame. Sperimentazione a L'Aquila indirizzata al riuso del materiale esistente per generare cordoli di sommità, seguendo la filosofia dei radicamenti. Sperimentazione a L'Aquila;
- rinforzo di volte in folio riempite (utilizzate

come orizzontamenti). Sperimentazione a L'Aquila della tecnica di conservazione delle volte esistenti trasformandole in volte tabicade armate (Borri, Castori e Corradi, 2014b);

- impiego di malte termoisolanti per interventi strutturali (i.a. 2.0). Sperimentazione in laboratorio.

RICONOSCIMENTI

I lavori "perugini" citati nel presente articolo sono stati scritti con Giulio Castori, Marco Corradi, Alessandro De Maria, Andrea Giannantoni, Riccardo Savelli, Romina Sisti, e Riccardo Vetturini. La sperimentazione sulle travi cordolo a L'Aquila è stata possibile grazie al supporto ed alla collaborazione della Impresa Tecnoclima Group srl. La realizzazione delle volte tabicade armate a L'Aquila, nel Palazzo Pica-Alfieri, è stata effettuata dall'impresa ATI Cobar Spa e Aldo del Beato Srl, sotto la direzione tecnica dell'ing. Marco del Beato; DDLL Ing. Giacomo Di Marco e Ing. Riccardo Vetturini.

I test sui diatoni sono stati svolti in collaborazione con Bossong srl (Ing. Elena Poverello).

Le attività sperimentali svolte sono state supportate in parte da Progetti ReLUIS 2010-2013 e 2014-2017 (filone murature e filone materiali innovativi).

Si ringrazia Fibre Net srl per il supporto e per i materiali forniti per le sperimentazioni sulle travi cordolo, su reticolatus e sulle volte tabicade.

Si ringrazia Michele Candela per i preziosi suggerimenti e le indicazioni fornite in merito all'uso fatto nel passato di elementi in c.a. in costruzioni monumentali.

REFERENCES

Blasi, C., 2014. Sicurezza e responsabilità: due termini da ripensare alla luce delle norme vigenti per la salvaguardia degli edifici storici. Safe Monuments 2014, Ed. Collegio Ingegneri Toscana.

Borri, A., 2003. Interventi sull'edilizia storica. Su: Trattato sul consolidamento, a cura di Paolo Rocchi. Ed. Mancosu, Roma.

Borri, A., Castori, G., Corradi, M., 2014a. Behavior of masonry columns repaired using small diameter cords, MURICO4, 9-11 settembre 2014, Ravenna.

Borri, A., Castori, G., Corradi, M., 2014b. A new method for strengthening tiled vaults: 'Reinforced Catalan Vaulting', IX International Masonry Conference, 7-9 July 2014, Guimarães.

Borri, A., Castori, G., Corradi, M., Sisti, R., 2015. Rinforzo a taglio di pannelli murari con intonaci termoisolanti fibrorinforzati. Atti Conv. IF CRASC '15, Roma.

Borri, A., De Maria, A., 2013. Un indice per la ricognizione su larga scala della vulnerabilità sismica dei Beni Museali. Calibrazione e test. Atti XV Convegno ANIDIS, Padova.

Borri, A., De Maria, A., 2014. Indice di Qualità Muraria (IQM). Report ReLUIS 15_WP1_1-1e_UNIPG 2014.

Borri, A., De Maria, A., 2015a. Vita nominale ridotta: sicurezza e responsabilità. Structural, De Lettera, n. 193.

Borri, A., De Maria, A., 2015b. Edifici esistenti e nuove NTC: pericolosità sismica e responsabilità. Ingenio, n. 29.

Borri, A., De Maria, A., 2015c. NTC, circolari e linee guida: opportunità e responsabilità. Atti Conv. IF CRASC '15, Roma.

Borri, A., Savelli, R., Poverello, E., 2013. Diatoni artificiali attivi a espansione: alla ricerca di un comportamento monolitico del pannello murario. Atti XV Convegno ANIDIS, Padova.

Borri, A., Sisti, R., 2014. Il sistema Reticolatus per il rinforzo di murature faccia vista: stato dell'arte, Ingenio, n. 26.

Castori, G., Borri, A., Sisti, R., De Maria, A., Corradi, M., 2015. Seismic vulnerability of the Piero Della Francesca's fresco called "La Resurrezione". COMPDYN 2015, Crete Island, Greece.

D'Agostino, S., 2006. Il concetto di miglioramento e la sua evoluzione nella valutazione della sicurezza del patrimonio storico. Atti Convegno ArCO.

ERTAG, 1982. Tecnica e pratica del recupero edilizio. Ed. Alinea, Firenze.

Fonti, R., Formisano, A., Barthel, R., Borri, A., Candela, M., 2015. The local response of rubbleworks with respect to different retrofitting methodologies. CIVIL-COMP 2015, Prague, Czech Republic.

Macchi, G., Macchi, S., 2006. Consolidamento del Duomo di Pavia. Ruolo dell'innovazione nella diagnosi e nell'intervento. Atti Convegno ArCO.