



Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo

Direzione generale Archeologia, Belle arti e Paesaggio
Via di San Michele, 22 – 00153 Roma
SERVIZIO III

CIRCOLARE N. 53

Roma, 22 dicembre 2017

Prot. n. 35745 Class. 28.07.00/2

Alle Soprintendenze Archeologia
Belle Arti e Paesaggio

Ai Segretariati Regionali

OGGETTO: Linee di indirizzo metodologiche e tecniche per la ricostruzione del patrimonio culturale danneggiato dal sisma del 24 agosto 2016 e seguenti.

A seguito degli eventi sismici verificatisi a partire dal 24 agosto 2016 che hanno riguardato vaste porzioni del centro Italia, questa Direzione generale ha istituito con Decreto Rep. 651 del 30 novembre 2016 (successivamente integrato con DDG rep 10 del 12.01.2017, e con DDG rep 23 del 09.02.2017) un gruppo di lavoro per la formulazione di *Linee di indirizzo metodologiche e tecniche per la ricostruzione del patrimonio culturale danneggiato dal sisma del 24 agosto 2016*.

La composizione del gruppo per la formulazione delle *Linee di indirizzo*, incardinato nell'ambito del Servizio III della Direzione Generale Archeologia, belle arti e paesaggio e presieduto dallo stesso Direttore Generale, ha assicurato sia l'apporto di personale tecnico del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo, sia il contributo di una parte rappresentativa della comunità scientifica e universitaria afferente al settore specifico dei beni culturali e paesaggistici.

Il lavoro del tavolo si è svolto con la produzione di documenti interlocutori, discussi collegialmente nel corso di numerosi incontri, portando all'individuazione di una serie di concetti condivisi che costituiscono capisaldi fondamentali di riferimento per il settore dei beni culturali e del paesaggio. Essi sono stati raccolti nel documento "*Linee di indirizzo metodologiche e tecniche per la ricostruzione del patrimonio culturale danneggiato dal sisma del 24 agosto 2016 e seguenti*", la cui stesura è stata completata e approvata in data 6 giugno 2017. Il documento è stato trasmesso ufficialmente dal Segretario generale al Commissario Straordinario del Governo per la ricostruzione del sisma 2016, con nota n.9392 del 22 giugno 2017, e dal Direttore generale alle Soprintendenze dei territori colpiti



Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo

Direzione generale Archeologia, Belle arti e Paesaggio
Via di San Michele, 22 – 00153 Roma
SERVIZIO III

CIRCOLARE N.

dagli eventi sismici e all'Ufficio del Soprintendente Speciale, con nota prot. n. 19611 del 5 luglio 2017.

Sono parte integrante delle *Linee guida* i seguenti allegati:

- Allegato 1: *Direttiva per le procedure di rimozione e recupero delle macerie di beni tutelati e di edilizia storica del 12.09.2016, emanata dalla Direzione generale Archeologia belle arti e paesaggio.*
- Allegato 2: *Prima ricerca/rapporto sul comportamento ai sismi 2016 e sul danno ulteriore subito da edifici storici già consolidati nell'Umbria e nelle Marche dopo i terremoti del 1979 e 1997. Primi spunti per l'indirizzo degli ulteriori interventi di riparazione/miglioramento e di approfondimenti scientifici.*

Considerato che il documento finale elaborato dal gruppo di lavoro - pur essendo stato originato da una serie di eventi con specifica localizzazione nel tempo e nello spazio - contiene tuttavia riflessioni metodologiche di valenza generale, codeste Soprintendenze, nella propria azione di tutela, vorranno attenersi ai criteri ed alle indicazioni in esso contenute e darne ampia diffusione nell'ambito del territorio di competenza.

IL DIRETTORE GENERALE
Caterina Bon Valsassina

Linee di indirizzo metodologiche e tecniche per la ricostruzione del patrimonio culturale danneggiato dal sisma del 24 agosto 2016 e seguenti

Gruppo di lavoro per la formulazione di linee di indirizzo metodologiche e tecniche per la ricostruzione del patrimonio culturale danneggiato dal sisma del 24 agosto 2016 (DDG del 30.11.2016 - Rep. 651)¹

Roma, 6.6.2017

INTRODUZIONE

L'area colpita dal terremoto interessa un ampio brano del territorio appenninico tra Lazio, Abruzzo, Marche e Umbria, che comprende centri storici di dimensioni diverse, borghi, edifici e complessi architettonici sparsi, inseriti in un paesaggio naturale e antropico di rilevante interesse. I centri antichi, fortemente caratterizzati dalle condizioni morfologiche del territorio, sono sorti per lo più nel Medioevo e conservano ancora oggi leggibile ed evidente, nonostante il ripetersi dei terremoti nel tempo, l'impianto di base che ha saputo accogliere via via il successivo sviluppo urbanistico, sul quale si sono attestate le integrazioni architettoniche dei secoli successivi.

Nelle loro diversità, che traggono origine anche dall'appartenenza ad aree storico-culturali differenti, tali centri costituiscono una componente essenziale, ancora leggibile e autentica, del patrimonio culturale e paesaggistico italiano, riconoscibile nella permanenza dei diversi assetti tipo-morfologici e nella continuità delle tradizioni costruttive.

Per questo motivo quindi, per non perdere una parte costitutiva essenziale del patrimonio paesaggistico, urbanistico e architettonico del Paese, segno ed espressione dei suoi modi di vita, è necessaria una riflessione sul presente per disegnare il futuro. Riflessione che, anche alla luce delle importanti esperienze acquisite con i terremoti sofferti nel '900 (Messina, Avezzano, Belice, Friuli, Irpinia, Umbria e Marche, L'Aquila, Emilia Romagna), s'intende esprimere con le considerazioni e le linee d'indirizzo che seguono.

Pertanto obiettivo di questo documento è la volontà di fornire uno strumento utile per guidare l'azione di ricostruzione di quanto il sisma ha danneggiato. E questo per rispondere alle legittime esigenze della popolazione colpita di fare presto e bene. Al centro vi è la consapevolezza del valore d'insieme dei centri storici e degli insediamenti sparsi, un equilibrio che la ricostruzione deve rispettare migliorando le condizioni per assicurare alle persone la ripresa in sicurezza, in continuità con il prima, e meglio di prima, delle abitudini di vita e delle proprie attività.

¹ Il gruppo di lavoro è formato da: Dott. Caterina Bon di Valsassina e Madrisio, presidente, Arch. Roberto Banchini, Arch. Gisella Capponi, Prof. Arch. Giovanni Carbonara, Ing. Giorgio Croci, Arch. Carla Di Francesco, Prof. Arch. Francesco Doglioni, Ing. Luciano Marchetti, Arch. Alessandra Marino, Arch. Ruggero Martines, Ing. Gennaro Miccio, Prof. Ing. Claudio Modena, Arch. Laura Moro, Prof. Arch. Stefano Musso, Prof. Arch. Elisabetta Pallottino, Prof. Arch. Mario Piana, Prof. Ing. Stefano Podestà, Prof. Arch. Paolo Rocchi, Prof. Ing. Anna Saetta, Prof. Arch. Uberto Siola, Arch. Ugo Soragni, Prof. Arch. Eugenio Vassallo. Esso si avvale di una Segreteria tecnica formata da: Arch. Giulia Ceriani Sebregondi, Arch. Alessandra Mele, Arch. Caterina Tantillo; e di una Segreteria organizzativa formata da: Maria De Conte, Stefania Di Forte, Roberta Gaglione, Simonetta Greco.

PERCHÉ RICOSTRUIRE I CENTRI STORICI

La nozione di *centro storico* rimanda non solo a un insieme di beni storico-architettonici meritevoli di speciale attenzione e conservazione, ma anche al complesso delle relazioni che lega i singoli episodi gli uni agli altri e, tutti insieme, al territorio e al paesaggio di cui sono parte.

Nell'affrontare il tema della ricostruzione, all'indomani di un evento disastroso come il terremoto, ci si pone nella prospettiva del recupero complessivo del tessuto edilizio cosiddetto minore, della morfologia urbana, del suo rapporto con l'ambiente naturale e antropizzato in quanto, tutto insieme, testimonianza materiale avente valore di civiltà, del quale sono parte integrante, quando presenti, chiese, palazzi, castelli, teatri e più in generale i beni dichiarati d'interesse e tutelati ai sensi di legge.

Soltanto in questo modo è possibile salvaguardare la qualità che da sempre caratterizza questi centri e il paesaggio di cui sono parte. La qualità specifica dell'abitare e il valore identitario di quei luoghi sono, infatti, assicurati dalla permanenza dei tracciati storici, dei volumi, della configurazione architettonica, delle tradizioni costruttive, delle relazioni tra spazi pubblici e privati, sotto il profilo sia della percezione dello *skyline*, sia del mantenimento del rapporto tra insediamento e territorio. Ciò anche in ragione della delicata relazione, propria delle zone in questione, col paesaggio circostante, frutto di una sapiente e secolare interazione fra uomo e natura, costituente uno dei fattori primari dell'identità collettiva delle comunità insediate.

Anche alla luce della Convenzione europea del paesaggio, va compresa come valore irrinunciabile la reciproca interdipendenza tra uso del territorio e il riconoscimento di valori che ne deriva da parte delle popolazioni; questo specifico e speciale rapporto uomo-luogo-natura ha prodotto le forme urbane, i modelli insediativi, i manufatti edilizi, l'assetto poderale dei suoli, che devono essere recuperati per non perdere la realtà storica del paesaggio antropizzato e abitativo, elemento identitario di appartenenza delle comunità ai luoghi.

RICOSTRUZIONE E COMUNITÀ

In generale in casi disastrosi come quello della sequenza di sismi che ha colpito l'Italia centrale, la ricostruzione assume in primo luogo il significato di ricostituzione delle comunità colpite e disperse dalla tragedia. Si ricostruisce anzitutto perché le persone possano tornare nei luoghi distrutti e ritrovare il loro futuro, come diritto alla continuità dell'esistenza e della memoria individuale e collettiva nei luoghi aviti, pur nella consapevolezza che alcune comunità minori (frazioni, agglomerati di case sparse) già prima del terremoto non avevano quasi più abitanti residenti, fissi o saltuari.

In questa prospettiva è di fondamentale importanza un rapporto di reciproco ascolto e conoscenza fra pubblica amministrazione e popolazioni coinvolte.

È necessario nello stesso tempo, far conoscere, illustrare, diffondere le possibili azioni e modi tecnici per la conservazione di ciò che resta, l'integrazione di ciò che è danneggiato, la ricostruzione di ciò che si è perso, la tempistica.

Se la ricostruzione e il restauro dei centri abitati sono finalizzati al ritorno alla vita e alle relazioni sociali ed economiche delle comunità colpite, è necessario, nei limiti del possibile, agire in contemporaneità (o per lo meno in tempi molto ravvicinati) su tutti i tipi di fabbrica che assolvono diverse funzioni e promuovere, insieme con i programmi di pianificazione, anche il finanziamento e la realizzazione delle singole opere.

RICOSTRUZIONE *IN SITU*, DELOCALIZZAZIONE ED EVENTUALI AMPLIAMENTI INSEDIATIVI

La ricostruzione deve confrontarsi con la realtà e abbandonare ogni atteggiamento preconstituito. Anche nei casi di centri gravemente sconvolti dai ripetuti sismi, essa nasce in primo luogo come *ricostruzione in situ*, ossia come recupero di quegli spazi di vita, di socialità e di memoria individuale e collettiva che costituiscono il cuore dell'identità culturale e paesaggistica dei luoghi.

Ciò non significa necessariamente l'adesione acritica alla formula semplicistica e illusoria del *com'era e dov'era* che, presa alla lettera, è evidentemente priva di senso. Né significa la demonizzazione altrettanto acritica del profondo significato culturale che quest'aspirazione può assumere, così come testimoniato nei secoli da innumerevoli e qualificate ricostruzioni sul posto realizzate grazie all'aggiornamento in continuità dei tipi di fondazione urbana e delle tecniche costruttive e dei materiali delle tradizioni locali. Più recentemente, lo studio dei processi di crescita dei tessuti urbani e del loro modo peculiare di rispondere alle trasformazioni lente o repentine, ha costituito un vanto della cultura italiana, ha istruito alcuni interventi di ricostruzione realizzati dopo i terremoti degli ultimi decenni e ha garantito il mantenimento delle differenze dei singoli insediamenti, prima e specifica qualità del patrimonio culturale italiano.

L'accaduto - il terremoto e le sue distruzioni - non si può ignorare e quindi eliminare, e se il *dov'era* è praticabile e il più delle volte doveroso, il *com'era* si propone come un possibile orizzonte metodologico che dovrà anche tener conto che la materia storicamente forgiata e stratificata nel corso dei secoli, da molti uomini di tante generazioni, non è riproducibile né sostituibile.

A ciò si aggiunga la considerazione delle mutate condizioni sociali, economiche, normative e di organizzazione del lavoro.

Ricostruire *in situ* significa, quindi, procedere concretamente alla presa d'atto dei livelli di danno e alla ricostruzione sul sedime storicizzato attraverso il recupero di pieni e vuoti urbani, di volumi costruiti e spazi di uso pubblico e privato, e per quanto possibile dei materiali antichi.

È necessario tenere conto delle questioni connesse agli edifici in aggregato e alle loro peculiarità anche in funzione della loro vulnerabilità sismica. Nel momento in cui s'interviene su edifici in aggregato, infatti, si devono utilizzare principi e metodi che tengano conto delle azioni derivanti dalle costruzioni adiacenti; il *miglioramento* pertanto dovrebbe essere inteso a livello di aggregato.

La *delocalizzazione*, ossia l'abbandono di un centro - o parte di esso - a favore della costruzione di un nuovo centro abitato che lo sostituisca, deve essere contemplata solo nei casi di rischio acclarato e continuo del sito, per la presenza di faglie, criticità idrogeologiche rilevanti o altri problemi simili, evidenziati dai nuovi studi geologici e microsismici di dettaglio.

Si tratta di una soluzione estrema che comporta lo sradicamento degli abitanti dai luoghi della loro vita e la perdita dei riferimenti fisici e sociali, giustificabile solo per gravi e cogenti ragioni di sicurezza. Si ritiene quindi auspicabile privilegiare la ricostruzione sul luogo. Al fine di evitare ricostruzioni parziali e incomplete, si ritiene tuttavia percorribile la possibilità di rafforzare urbanisticamente i centri più vitali e storicamente più significativi tramite, ove necessario, ben calibrate pratiche di densificazione o di ampliamento insediativo, per ospitare gli abitanti dei centri minori più prossimi danneggiati molto gravemente e sostanzialmente spopolati che, adeguatamente informati, vedano con favore tale trasferimento e reinserimento sociale.

È pertanto importante trovare forme che incentivino primariamente la ricostruzione nei centri storici rispetto all'edilizia sparsa nel territorio, in modo che ciò che viene ricostruito abbia una sua organicità e a sua volta inneschi in un circolo virtuoso la ricostruzione di altri edifici vicini, il ritorno alla vita di questi borghi e allo stesso tempo riduca il consumo di suolo e l'edificazione diffusa.

Nel caso in cui una o più di queste occorrenze si dovessero verificare, bisognerà comunque mantenere la memoria degli antichi centri eventualmente abbandonati, prevedendo opportune azioni di *conservazione a rudere nel rispetto del contesto paesaggistico*.

Conservazione senza ricostruzione non significa abbandono ma progetto rivolto al mantenimento dell'impianto insediativo, alla cura dei resti allo stato di rudere in una nuova visione del paesaggio. Si dovranno escludere quelle forme di manomissione e alterazione dei ruderi che prevedano demolizioni 'regolarizzanti', ad esempio mirate alla definizione di una quota unitaria delle murature superstiti.

IN FASE DI EMERGENZA: MACERIE, DEMOLIZIONI, OPERE PROVVISORIALI

La ricostruzione di un centro storico prevede già in fase emergenziale una cauta e paziente sequenza di azioni coordinate, il più delle volte iterative, di rimozione e raccolta selettiva delle macerie, smontaggi, catalogazione e conservazione, demolizioni, opere provvisorie.

Le macerie dovranno essere classificate e trattate secondo le tipologie indicate nella *Direttiva per le procedure di rimozione e recupero delle macerie di beni tutelati e di edilizia storica del 15.09.2016*, emanata dalla Direzione generale Archeologia belle arti e paesaggio del Mibact (Allegato 1).

Pur nell'inevitabile commistione che si genera quando i crolli investono edifici contigui, e tenendo presente la reale situazione dei luoghi, è importante che le macerie degli edifici tutelati (tipo A) e quelle dell'edilizia storica (tipo B) siano perimetrare e documentate tramite riprese fotografiche georeferenziate in modo che i materiali possano essere il più possibile associati agli immobili di provenienza. Il loro spostamento dovrà avvenire poi in modo tale da consentire il recupero della maggior quantità possibile di materiale tanto per gli edifici monumentali, quanto per l'edilizia storica: conci lapidei lavorati di stipiti e soglie, di porte e finestre, angolate, stemmi, cornici, mensole, camini, elementi decorativi, ceramiche, legno e metalli lavorati, coppi, ecc., potranno così, nei limiti del possibile, essere riutilizzati.

Le murature dell'area interessata dal sisma sono realizzate per la massima parte con elementi lapidei non squadrate associati a rari mattoni e ciottoli, legati con malta di scarsa tenacità. I crolli restituiscono quindi prevalentemente elementi sciolti, che possono essere riutilizzati – anche indipendentemente dagli edifici di provenienza – negli interventi di ricostruzione, come indicato nella Direttiva citata.

Qualora motivi di sicurezza impongano smontaggi di elementi significativi, rimozioni di parti pericolanti e parziali demolizioni di murature, appare di fondamentale importanza mantenere in sito pareti e orizzontamenti là dove esistano consistenti e significative porzioni residue di fabbriche dell'edilizia storica.

In tutte le demolizioni è necessario conservare la memoria del tracciato urbano preesistente; vanno quindi evitate operazioni di demolizioni a raso, assicurando la permanenza di spiccati murari che costituiranno i caposaldi per progettare la ricomposizione del tessuto urbano. Essi potranno essere eventualmente rimossi solo in fase di ricostruzione una volta esaurita la loro funzione di documentazione. Tutte le varie fasi devono essere monitorate nel tempo con riprese aeree periodiche.

Il grado di conservazione da perseguire con le operazioni precedenti è naturalmente legato anche alla valutazione dell'importanza delle porzioni murarie ancora presenti: fronti su affacci pubblici, murature

contenenti elementi lapidei lavorati, utili anche ai fini del riconoscimento identitario dello spazio urbano.

È pertanto necessaria una grande attenzione nell'esecuzione delle opere provvisorie necessarie sia al lavoro in sicurezza sia alla conservazione dei manufatti superstiti. Là dove possibile, è auspicabile che accanto a puntellature e presidi di carattere tradizionale, concepiti per la successiva rimozione, fin dalle prime fasi possano essere realizzati sia sulle murature sia sui diversi elementi strutturali (travi, capriate, volte, catene, ecc.), interventi che possano essere integrati nei futuri progetti di consolidamento e miglioramento sismico.

COME IMPOSTARE LA RICOSTRUZIONE

Il terremoto ha provocato nei centri antichi colpiti danni di diversa entità ed estensione. Si riscontrano interi abitati (es. Amatrice, Accumoli, Arquata del Tronto), ma anche isolati o singoli edifici all'interno di altri centri, nei quali i crolli hanno cancellato quasi per intero l'edificio; in altri siti si sono verificati crolli anche significativi ma parziali, tali da consentire operazioni di puntellatura e sostegno delle strutture superstiti; in altri ancora si sono verificati prevalentemente lesioni e piccoli crolli locali.

L'opera di riparazione/ricostruzione, in via generale, dovrà essere indirizzata alla ricerca di più forme di continuità: continuità degli interventi tra edifici monumentali ed edilizia storica di contesto; continuità negli interventi di ricostruzione dei manufatti preesistenti, a partire dal mantenimento delle testimonianze superstiti.

Quest'azione richiede consapevolezza di metodo e adeguata cultura progettuale storico-tecnica, e dovrà essere articolata in rapporto sia alla gravità del danno subito, sia alla natura del manufatto colpito.

In prima definizione, e salvo gli approfondimenti che saranno svolti in ulteriori documenti in corso di elaborazione, gli interventi si articoleranno in:

- A) restauro e recupero dell'edilizia storica e monumentale;**
- B) ricostruzione parziale di edifici che presentino componenti storico-testimoniali superstiti meritevoli di conservazione e conseguente integrazione;**
- C) ricostruzione completa nel rispetto dei valori dell'edificio preesistente (volumetrici, spaziali, tipo-morfologici, materici, strutturali, nonché dei rapporti tra vuoti e pieni), attuata con diverse declinazioni, da quelle analogiche sotto il profilo formale e costruttivo a quelle critico-interpretative.**

L'obiettivo ottimale si potrà raggiungere con un sistematico lavoro di studio e ricerca della cartografia storica, di vedute, stampe, immagini fotografiche, scritti e, più in generale, dei materiali documentari in grado di restituire la storia, la consistenza e le modifiche antiche e recenti, tanto del tessuto urbano quanto dei singoli edifici.

Tale documentazione è indispensabile per avviare quell'analisi critica del costruito che rappresenta la premessa essenziale in primo luogo delle scelte urbanistiche, e poi del progetto a scala edilizia.

In questo quadro sfuma, fino a dissolversi, qualsiasi forma di contrapposizione tra conservazione e ricostruzione, le quali troveranno ragion d'essere e continuità a partire dall'esame attento, rigoroso e documentato delle condizioni in cui oggi versano le singole costruzioni.

RICOSTRUIRE MIGLIORANDO

Ricostruzioni, restauri, reintegrazioni dovranno fare ricorso possibilmente all'utilizzo della muratura e alle tecniche e materiali della tradizione costruttiva locale.

Gli interventi di restauro dovranno necessariamente realizzare un *miglioramento* complessivo della sicurezza della costruzione, intesa come capacità di resistere a nuovi terremoti.

Sul concetto di *miglioramento* e sulle costruzioni realizzate con tecniche e materiali della tradizione, si sono diffusi numerosi pregiudizi che puntualmente si riaffacciano a ogni evento sismico: la muratura (strutture verticali e volte) sarebbe inaffidabile e inadatta alle costruzioni in zona sismica e il *miglioramento* produrrebbe interventi non sufficienti ai fini della sicurezza, al contrario dell'operazione di *adeguamento*.

L'esperienza maturata osservando gli effetti dei recenti terremoti e le ricerche svolte hanno dimostrato invece che:

- una corretta progettazione ed esecuzione d'interventi tipicamente inquadrati nel procedimento del *miglioramento* (es. inserimento di catene, collegamenti tra pareti, eliminazione di discontinuità murarie, irrigidimento ed efficiente collegamento dei solai di legno alle pareti) ha prodotto risultati assolutamente positivi in termini di prevenzione dei maggiori effetti di crollo e anche di contenimento del danno, peraltro in un'ottica di riparabilità ed economicità auspicata in termini generali sia sul piano tecnico-scientifico sia sul piano normativo, nell'ambito della sicurezza strutturale delle costruzioni esistenti. Peraltro edifici storici ben costruiti hanno dimostrato di sopravvivere al sisma anche senza interventi.
- interventi volti ad *adeguare* edifici storici, spesso basati su soluzioni che comportano modifiche significative del loro comportamento strutturale, si sono rivelati talvolta incongrui, se non dannosi in presenza di un nuovo sisma.

Di tale situazione si trova implicito riconoscimento nei più recenti sviluppi delle norme tecniche nazionali: basti considerare a tale proposito che la nuova versione delle Norme Tecniche sulle Costruzioni, che sostituisce quelle del 2008, prevede che l'*adeguamento* delle costruzioni esistenti, quando queste non subiscano interventi che ne modifichino il comportamento strutturale (sopraelevando, allargando, ecc.), si consideri raggiunto quando sia assicurata una resistenza ad azioni sismiche pari all'80% dell'intensità prevista per le nuove costruzioni.

Va tenuto conto, inoltre, che le esperienze recenti di ricostruzione post sismica di centri storici (si veda L'Aquila) hanno dimostrato che la semplice ma sistematica esecuzione di riparazioni o interventi locali produce da sola *miglioramenti* corrispondenti a capacità di resistere ad azioni sismiche d'intensità non inferiore al 60% di quella prevista per le nuove costruzioni (cioè pari al 75% del nuovo livello di *adeguamento*) e che inoltre le condizioni reali d'intervento post-sisma rendono, di fatto, molto affidabili sia le valutazioni di sicurezza (livelli di conoscenza, ipotesi assunte per le modellazioni strutturali), sia il controllo dell'esecuzione degli interventi.

L'approccio al *miglioramento* quindi 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, ed è in grado di garantire prestazioni strutturali che, considerato anche l'elevato livello d'incertezza che caratterizza il tema della sicurezza strutturale degli edifici storici (in tutti i suoi aspetti, compresa la definizione delle condizioni che caratterizzano i vari stati limite), possono essere non sostanzialmente diverse da quelle formalmente attese con interventi inquadrabili nell'ambito dell'*adeguamento*.

È importante, infine, che nella ricostruzione siano previsti gli interventi mirati a un'elevata efficienza energetica e al comfort ambientale: bisogna rendere appetibile il ritorno degli abitanti nei centri antichi offrendo loro, alla fine del processo di ricostruzione, migliori condizioni di vita, attraverso un sostanziale aggiornamento dei servizi preesistenti (impianti vari, banda larga, risparmio energetico, ecc.).

RICERCHE IN CORSO

I crolli degli edifici causati dal sisma mostrano strutture verticali, pur di sezione ragguardevole, completamente disgregate dalle scosse, soprattutto perché costruite con malte debolissime all'interno di paramenti murari non legati fra loro. Importante è approfondire lo studio delle parti strutturali e della stessa efficacia dei consolidamenti realizzati in occasione di precedenti terremoti: una prima analisi del fenomeno è contenuta nel documento *Prima ricerca/rapporto sul comportamento ai sismi 2016 e sul danno ulteriore subito da edifici storici già consolidati nell'Umbria e nelle Marche dopo i terremoti del 1979 e 1997. Primi spunti per l'indirizzo degli ulteriori interventi di riparazione/miglioramento e di approfondimenti scientifici* (Allegato 2). Anche a tal fine, il Mibact il 6 giugno 2016 ha firmato con l'Enea un Protocollo d'intesa tra il Ministero e l'Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile "per l'efficienza energetica, l'innovazione, la prevenzione e la sicurezza del patrimonio culturale". Fra le aree tematiche su cui è prevista la collaborazione, vi è anche "la prevenzione e la protezione da rischi naturali e antropici attraverso l'analisi di pericolosità dei siti, di vulnerabilità delle strutture e di miglioramento statico e sismico mediante sistemi tradizionali o innovativi" (art. 2). Attraverso quest'accordo sarà possibile, partendo dallo stato delle conoscenze, approfondire la comprensione del comportamento meccanico delle murature tipiche nell'area del cratere, giungendo all'individuazione e alla sperimentazione di tecniche innovative di consolidamento. Questo a vantaggio sia delle attività di conservazione dell'edilizia diffusa di valore storico-testimoniale, sia dei beni tutelati ai sensi del D.lgs. 42/2004: si rammenta, infatti, che i materiali e le tecniche con i quali sono stati costruiti tali beni sono nei due casi gli stessi e che il miglioramento strutturale è previsto nell'art. 29 del Codice dei beni culturali e del paesaggio, all'interno della definizione di restauro. Si tratta, quindi, di finalizzare ai diversi casi riscontrati nell'area colpita dal sisma gli studi, le sperimentazioni e le analisi sulle murature e sulle componenti strutturali, già compiuti o in corso, per valutare le capacità di resistenza locali e complessive delle fabbriche, nonché la loro suscettibilità al *miglioramento*.

A tal fine si reputa quanto mai utile l'avvio di una sperimentazione su edifici in muratura dell'edilizia residenziale minore, attraverso alcuni cantieri pilota in cui si possa testare l'applicazione dell'intero percorso metodologico, analitico, progettuale e applicativo, dalla conoscenza del comportamento dei materiali e delle tecniche di rafforzamento fino allo studio e alla valutazione del livello di raggiungimento possibile del miglioramento sismico, come già definito dalle *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico* (DPCM 9 febbraio 2011).

LA QUALITA' DEL PROGETTO E DEGLI INTERVENTI

Riflessioni di carattere metodologico con successive indicazioni e linee d'indirizzo, oltre a studi e sperimentazioni sul campo possono certamente favorire una corretta opera di ricostruzione; ma esse rischiano di rivelarsi inutili, perché non comprese o inascoltate, se non si agisce sui diversi attori del processo di analisi, progetto e realizzazione.

È indispensabile promuovere corsi di formazione permanente e specifica affinché i progettisti si appropriino del percorso metodologico di valutazione degli edifici delineato dalle citate *Linee guida*, fondamentale punto di partenza per la progettazione sull'edilizia storica.

La conoscenza deve essere anche al centro della progettazione strutturale. I modelli matematici sono diventati la base della nostra conoscenza scientifica, ma la complessità delle costruzioni e in particolare di quelle storiche danneggiate, rende le analisi matematiche non sempre attendibili, riferendosi a schemi ideali poco rappresentativi della realtà. È necessario pertanto seguire anche percorsi alternativi o integrativi dei procedimenti di calcolo, adottando il metodo induttivo-qualitativo (diagnostica intuitiva) e non solo quello deduttivo-quantitativo. Per assicurare la qualità del progetto occorre dunque lasciare spazio alla ricerca storica e all'osservazione, affinché gli elementi qualitativi che ne derivano possano consentire di individuare parametri di calcolo appropriati e aderenti rispetto alla costruzione storica, così da rendere sempre più attendibili le verifiche tecniche e le scelte progettuali effettuate.

Sarebbe pertanto auspicabile la redazione da parte del progettista di un 'rapporto esplicativo', che motivi le scelte effettuate.

Nello stesso tempo bisogna incentivare le imprese alla formazione specifica delle maestranze, mirata ai temi del restauro e del recupero, e di una corretta ricostruzione.

Allegato 1: Direttiva per le procedure di rimozione e recupero delle macerie di beni tutelati e di edilizia storica del 12.09.2016, emanata dalla Direzione generale Archeologia belle arti e paesaggio – MiBACT.

Allegato 2: Prima ricerca/rapporto sul comportamento ai sismi 2016 e sul danno ulteriore subito da edifici storici già consolidati nell'Umbria e nelle Marche dopo i terremoti del 1979 e 1997. Primi spunti per l'indirizzo degli ulteriori interventi di riparazione/miglioramento e di approfondimenti scientifici.



Ministero

dei beni e delle attività culturali e del turismo

DIREZIONE GENERALE ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E
PAESAGGIO
SERVIZIO III

Lettera inviata solo tramite E-MAIL
SOSTITUISCE L'ORIGINALE
ai sensi art. 43, comma 6,

Prot. n. 11087

Class. 28.07.00/1

rectius 12 SET. 2016
Roma (12 AGO. 2016)

Alla Soprintendenza Archeologia, belle arti
e paesaggio per le province di Frosinone,
Latina e Rieti, con sede a Roma
PEC: mbac-sabap-laz@mailcert.beniculturali.it

Alla Soprintendenza Archeologia, belle arti
e paesaggio per l'Umbria, con sede a
Perugia
PEC: mbac-sabap-umb@mailcert.beniculturali.it

Alla Soprintendenza Archeologia, belle arti
e paesaggio delle Marche, con sede ad
Ancona
PEC: mbac-sabap-mar@mailcert.beniculturali.it

Alla Soprintendenza Archeologia, belle arti
e paesaggio dell'Abruzzo, con esclusione
della città dell'Aquila e dei Comuni del
Cratere, con sede a Chieti
PEC: mbac-sabap-abr@mailcert.beniculturali.it

Al Segretariato Regionale del MiBACT per
il Lazio, con sede a Roma
PEC: mbac-sr-laz@mailcert.beniculturali.it

Al Segretariato Regionale del MiBACT per
l'Umbria, con sede a Perugia
PEC: mbac-sr-umb@mailcert.beniculturali.it



Ministero
dei beni e delle
attività culturali
e del turismo

SERVIZIO III "TUTELA DEL PATRIMONIO STORICO ARTISTICO E ARCHITETTONICO"

Via di San Michele 22, 00153 Roma - TEL. 06-6723.4293 - FAX 06-6723.4272

e-mail: dg-abup.servizio3@beniculturali.it

mbac-dg-abup.servizio3@mailcert.beniculturali.it

Al Segretariato Regionale del MiBACT per
le Marche, con sede ad Ancona
PEC: mbac-sr-mar@mailcert.beniculturali.it

Al Segretariato Regionale del MiBACT per
l'Abruzzo, con sede all'Aquila
PEC: mbac-sr-abr@mailcert.beniculturali.it

E p c

Al Capo dell'Ufficio Legislativo
PEC: mbac-
udcm.ufficiolegislativo@mailcert.beniculturali.it

Al Segretario Generale
PEC: mbac-sg@mailcert.beniculturali.it

Oggetto: Direttiva per le procedure di rimozione e recupero delle macerie di beni tutelati e di edilizia storica.

L'esperienza pregressa di allontanamento delle macerie dai siti colpiti da eventi sismici consente un progressivo affinamento delle procedure atte a rendere più efficienti le operazioni di rimozione nonché più affidabili i successivi interventi di recupero.

Allo scopo risulta necessario individuare **due modalità distinte, una per i beni tutelati e l'altra per l'edilizia storica**, all'interno della sequenza operativa di seguito illustrata:

1. Acquisizione di riprese fotografiche dall'alto con droni.
2. Perimetrazione sulle foto con una zonizzazione che individui le tre tipologie di macerie:
 - a. macerie di **beni tutelati** (sia con provvedimento espresso che *ope legis*)
 - b. macerie di **edilizia storica**
 - c. macerie di **edifici moderni privi di interesse culturale**.
3. La Rimozione delle **macerie di tipo c)** dovrà avvenire con l'unica precauzione di verificare se ci siano commistioni o intersezioni con macerie di tipo a) o b).
4. Preliminarmente alla rimozione delle **macerie di tipo a) e b)** dovranno essere svolte le seguenti operazioni:
 - a. trasposizione sulle macerie dei perimetri delle diverse tipologie con uso di picchetti o altre forme di individuazione sul campo utili alla definizione del successivo programma di asportazione delle macerie;
 - b. suddivisione in quadranti georeferenziati delle riprese fotografiche da suddividere ulteriormente in funzione della dimensione degli edifici, della densità delle macerie e delle modalità di stratificazione di esse;
5. la rimozione delle **macerie di tipo b)** dovrà avvenire secondo le seguenti modalità: le macerie dovranno essere trasportate in luoghi da individuare a cura della Regione/Comune. Lo spostamento deve avvenire con modalità tali da consentire il successivo recupero della maggior quantità possibile di materiale lapideo, sia dell'apparato murario che di stipiti e soglie di porte e finestre, cornici, mensole, camini, eventuali elementi decorativi, balconi, ceramiche, legno lavorato, metalli lavorati, coppi ecc., nonché il recupero di materiale di risulta che, opportunamente trattato, può costituire base inerte per la futura ricostruzione. La cernita avverrà nei luoghi di raccolta con la supervisione di personale tecnico del MiBACT. Allo scopo occorre, per quanto possibile, associare il materiale alla sua originaria localizzazione e consentirne la tracciabilità. Sulle foto georeferenziate e quadrettate potrà essere riportata la mappatura catastale per aiutare il futuro ricollocamento dei materiali nelle



Ministero
dei beni e delle
attività culturali
e del turismo

SERVIZIO III "TUTELA DEL PATRIMONIO STORICO ARTISTICO E ARCHITETTONICO"

Via di San Michele 22, 00153 Roma - TEL. 06-6723.4293 - FAX 06-6723.4272

e-mail: dg-abap.servizio3@beniculturali.it

mbac-dg-abap.servizio3@mailcert.beniculturali.it

diverse unità abitative, anche al fine di un riconoscimento identitario da parte della popolazione. Nello spostamento e nell'accatastamento del materiale selezionato nelle macerie di tipo b) si dovrà avere cura, per quanto possibile, di associare il cumulo al quadrante e alle particelle catastali.

6. la salvaguardia *in situ* delle macerie di **tipo a)** dovrà avvenire secondo le seguenti modalità:
 - a. riconoscimento delle frange sparse attorno al cumulo principale dell'edificio tutelato e loro riaccorpamento al medesimo cumulo del crollo
 - b. copertura tempestiva con teli di tutte le macerie, salvo quelle la cui rimozione non debba essere immediata per motivi indifferibili di viabilità e comunicazione (le modalità di rimozione dovranno comunque attenersi per quanto possibile a quanto previsto nel seguente punto 7).
 - c. adozione di provvedimenti per l'allontanamento delle acque meteoriche al fine di evitare ruscellamenti al disotto delle macerie (cs. creazione di trincee ovvero muretti perimetrali e quanto ritenuto opportuno a seconda delle diverse situazioni).
7. la rimozione delle macerie di **tipo a)** dovrà avvenire, ove possibile, in previsione di tempo favorevole, adottando le procedure sottoelencate:
 - a. rimozione provvisoria dei teli di protezione
 - b. preventiva "ripulitura" *in situ* dai materiali incongrui (es. cordoli sommitali in cemento armato, coperture in latero-cemento ecc.) da smaltire in modalità ordinaria
 - c. esecuzione di ulteriore ripresa fotografica con drone e sua georeferenziazione e quadrettatura
 - d. realizzazione di provvidenze atte a proteggere le macerie da eventi atmosferici (es. tettoie di copertura)
 - e. verifiche con metodo stratigrafico per l'individuazione di porzioni omogenee di parti strutturali e apparati decorativi e loro individuazione sulla mappatura di cui al punto c), avendo anche particolare attenzione alla possibilità di rinvenimento di opere mobili di interesse culturale
 - f. l'analisi delle macerie potrà consentire l'individuazione di interventi sulle singole porzioni omogenee con provvedimenti reversibili atti a dotarle di coesione sufficiente e supporti adeguati per consentirne la rimozione, il trasporto e il successivo trattamento (bendaggi, fasce di contenimento, supporti metallici, getti di poliuretano o schiume da imballaggio su fogli di polietilene, ecc. in particolar modo laddove ci sia da salvaguardare la pertinenzialità delle decorazioni alla muratura), nonché eventuali smontaggi con preventiva mappatura e numerazione degli elementi.
 - g. l'allontanamento e il ricovero in situazione protetta dovranno essere specificamente progettati in funzione delle dimensioni e delle condizioni delle singole parti da rimuovere.

Tutte le suddette operazioni dovranno essere effettuate sotto la supervisione di personale MiBACT.

IL DIRETTORE GENERALE
(Caterina Bon Valsassina)



Ministero
dei beni e delle
attività culturali
e del turismo

SERVIZIO III "TUTELA DEL PATRIMONIO STORICO ARTISTICO E ARCHITETTONICO"

Via di San Michele 22, 00153 Roma - TEL. 06-6723.4293 - FAX 06-6723.4272

e-mail: dg-abap.servizio3@beniculturali.it

mbac-dg-abap.servizio3@mailcert.beniculturali.it



Prima ricerca/rapporto sul comportamento ai sismi 2016 e sul danno ulteriore subito da edifici storici già consolidati nell'Umbria e nelle Marche dopo i terremoti del 1979 e 1997. Primi spunti per l'indirizzo degli ulteriori interventi di riparazione/miglioramento e di approfondimenti scientifici

(prof. arch. Francesco Doglioni, ing. Luciano Marchetti, prof. ing. Claudio Modena)

Premessa

La sequenza di terremoti avvenuti in Italia Centrale nel 2016 ha colpito vaste zone dell'Umbria e delle Marche che, già danneggiate dagli eventi sismici del 1979 e del 1997, erano state interessate da diffusi interventi di riparazione e miglioramento. Come è noto, i sismi del 2016 hanno avuto più episodi, alcuni dei quali di energia notevolmente superiore rispetto a quelli avvenuti nei decenni precedenti; in conseguenza di questa prova molto severa, si sono manifestati diffusi danneggiamenti sia nei manufatti che erano stati riparati/migliorati, sia - a maggior ragione - in quelli che non erano stati oggetto di interventi significativi, in quanto poco o nulla danneggiati dai sismi precedenti.

Si è manifestata in modo molto più marcato la vulnerabilità delle murature dell'area umbro-marchigiana già colpita in precedenza, non segnalata così chiaramente dai danni dei sismi del '79 e del '97.

Anche per tale motivo numerose opere migliorate dopo il 1997 si sono ora nuovamente danneggiate¹. Va rimarcato tuttavia che gli interventi realizzati hanno, nella grande maggioranza, contrastato lo sviluppo di meccanismi di ribaltamento fuori piano, ai quali si devono usualmente i crolli e i danni più gravi, anche in termini di rischio per le vite umane.

Si apre dunque la **possibilità di osservare e analizzare** su vasta scala:

- da un lato, il **differenziale di comportamento tra edifici riparati/migliorati in precedenza e edifici privi di interventi recenti**;
- dall'altro, in edifici già interessati da interventi, i **comportamenti al sisma e le interazioni con la fabbrica storica delle diverse tecniche o impostazioni progettuali adottate**.

Nel clima di sfiducia che si è generato nei riguardi delle strutture murarie tradizionali così come, spesso acriticamente, degli interventi di miglioramento ad esse applicati, è necessario formare un quadro obiettivo e non "emotivo" del loro comportamento. Questa conoscenza, opportunamente divulgata, può risultare di grande importanza per restituire almeno in parte fiducia nella riparabilità sismicamente affidabile delle strutture murarie.

Sotto il profilo tecnico-progettuale se ne possono (ma in realtà, se ne debbono) derivare perfezionamenti "evolutivi", motivati dalla verifica sperimentale compiuta dal sisma, in grado di rendere più efficaci le tecniche sin qui adottate, o di indirizzare, anche attraverso ricerche mirate, verso diverse soluzioni e impostazioni progettuali.

Si tratta indubbiamente di un **tema di studio di importanza strategica** che richiederà risorse, un adeguato sviluppo temporale e una impostazione metodologica che consenta di giungere a risultati scientificamente fondati, efficacemente utilizzabili nella fase di ricostruzione. Ad esempio, una impostazione di tipo epidemiologico, che istituisca correlazioni tra interventi e comportamenti su ampia base statistica, attraverso un opportuno trattamento dei dati.

¹ Va ricordato che gli interventi di miglioramento, ma anche di adeguamento, non sono mai tali da evitare futuri "danni" (e questo vale in generale per la progettazione antisismica); tanto più che nel caso di edifici esistenti non sono previste verifiche nei confronti di stati limite di servizio (in particolare di "danno").

In questa fase iniziale, viste le finalità e i tempi ristretti propri del Gruppo di Lavoro MiBACT, si è ritenuto comunque utile **compiere osservazioni dirette su un primo campione**, limitato ma ritenuto significativo, di edifici storici colpiti da sismi recenti nelle Marche² e in Umbria³.

Le valutazioni di seguito svolte sull'efficacia e sul ruolo svolto dagli interventi e dai singoli tipi di presidio applicati dopo il 1979 e dopo il 1997 sono da intendere inevitabilmente come parziali e da sottoporre a ulteriori approfondimenti.

Tali interventi e presidi sono risultati sovente riconoscibili, spesso, proprio a seguito dei danneggiamenti o crolli parziali che ne hanno reso visibile la presenza in superficie o nelle sezioni murarie, o ne hanno manifestato l'assenza. Le osservazioni dirette sono state in parte integrate dalle testimonianze fornite da tecnici MiBACT, da progettisti ed esecutori dei singoli lavori.

Dove possibile, sono qui proposti "confronti a coppie", ossia il confronto tra il comportamento al sisma di manufatti o loro parti simili per tipologia, ma oggetto di differenti interventi.

Tuttavia, soprattutto nel caso dei comportamenti più favorevoli, spesso non sono riconoscibili direttamente gli interventi che li hanno resi possibili. In questi casi si rende necessario un approfondimento analitico che ponga a confronto il "come costruito"⁴ o, in assenza di questo, il progetto esecutivo degli interventi post-1979 e post 1997, e il quadro fessurativo-deformativo oggi osservabile.⁵

Non vi è dubbio inoltre che si dovrà tener conto degli effetti di amplificazione/attenuazione connessi alla microzonazione sismica.

Osservazioni sul differenziale di comportamento tra edifici riparati/migliorati in precedenza e edifici privi di interventi recenti

Il confronto tra il comportamento di edifici riparati/migliorati e edifici privi di interventi recenti può essere effettuato a scala urbana/territoriale, oppure confrontando tra loro singoli edifici.

Soprattutto a scala urbana, sarà opportuno confrontare le mappe dei livelli di danno a seguito dei sismi recenti, desunti dalle schedature, con le mappe composite degli interventi 1979-1997.

Appare fin d'ora significativa, anche se dovrà essere approfondita, la situazione del centro di Norcia. Nell'edilizia civile di tessuto, diffusamente riparata in passato, si sono verificati crolli molto limitati, pur con complessivi danneggiamenti.

Le chiese della città invece, che avevano avuto limitati interventi di riparazione/miglioramento perché poco danneggiate, in particolare dopo il 1997, e perché ritenute dotate di strutture antisismiche dovute alla ricostruzione settecentesca, hanno tutte subito crolli molto gravi, con l'eccezione della piccola chiesa di S. Lorenzo.

Anche tenendo conto della maggiore vulnerabilità intrinseca degli edifici ecclesiastici rispetto all'edilizia residenziale, questo marcato differenziale appare fortemente correlabile alla presenza/assenza di interventi di miglioramento.

² I sopralluoghi sono stati compiuti nei giorni 3 e 4 gennaio 2017. Vi hanno partecipato F. Doglioni e L. Marchetti, con Umberto Moscatelli e Mauro Saracco (Università di Macerata), Luca Maria Cristini (Ufficio Beni Culturali della Archidiocesi di Camerino-San Severino Marche) con Filippo Marchetti, Alberto Moretti, Giulio Mirabella Roberti.

³ I sopralluoghi sono stati compiuti nei giorni 2 e 3 febbraio 2017. Vi hanno partecipato F. Doglioni e L. Marchetti, guidati da Giuseppe Berti (MiBACT), con Alberto Moretti e Filippo Marchetti.

⁴ Ad esempio, per gli interventi gestiti dalla Regione Marche dopo il 1997 sono state redatte le schede STAP (Scheda tecnica accompagnamento progetto), che contengono la descrizione conclusiva dei lavori eseguiti, e la cui consegna era condizione per la liquidazione finale dei contributi.

⁵ Si constata, come è noto, la difficoltà di disporre di documenti di agevole consultazione che descrivano fedelmente, a cantiere ultimato, la localizzazione nella fabbrica e le caratteristiche tecniche degli interventi effettuati. Si ritiene che questo debba costituire un obiettivo non derogabile per gli interventi futuri.

Dovrà essere approfondita la mappatura del danno, che risulta più articolata, del centro storico di Visso, nel quale si sono verificati danneggiamenti diffusi e crolli parziali in edifici residenziali e pubblici, anche tra quelli riparati dopo il 1997.

Osservazioni sul comportamento di singoli elementi di presidio o di tecniche di consolidamento. Premessa generale sulla consistenza e sul comportamento sismico della muratura nelle zone colpite dal sisma

Pur con alcune differenze, si è osservata una marcata criticità nella costituzione delle strutture murarie delle zone colpite dal sisma, in Umbria e nelle Marche.

Buona parte delle murature ha avuto un **comportamento di tipo disgregativo**, manifestato da:

- quadri fessurativi esterni molto ramificati e diffusi, in cui sovente non è possibile distinguere lesioni principali da lesioni secondaria;
- tendenza alla netta separazione tra i due paramenti, e assenza non solo di conci diatonici, ma anche di elementi di ingranamento tra paramento e nucleo;
- nucleo fortemente decoeso;
- prevalenza di murature prive di *corsatura*, con conci di piccola dimensione a disposizione irregolare.

L'elemento più preoccupante è dato tuttavia dalla natura della malta di allettamento: debolmente legata a calce, con inerti carbonatici e privi della frazione fine, (come già rilevato da altri studi) e sovente a componente terrosa; nella maggior parte dei casi la malta risulta friabile e del tutto priva di capacità adesive al contatto con i supporti. Ne è riprova la rarità, nei crolli, di blocchi formati da più pietre rimaste legate tra loro dalla malta, e il diffuso comportamento "a maceria minuta".

Questa condizione ha favorito, come detto:

- crolli di murature in verticale, "a candela", sovente precedenti o contestuali all'attivazione di meccanismi usuali di ribaltamento fuori piano, che dunque risultano più rari, in quanto non hanno modo di innescarsi prima del crollo, e sono comunque di più difficile individuazione;
- frequenti crolli di un solo paramento, in genere quello esterno anche se costituito da pietre squadrate, che si separa da quello interno e crolla;
- lesioni a taglio di entità macroscopica e andamento sub-orizzontale, che interessano le murature di interi edifici.

Significativo a questo proposito il comportamento di una **casa padronale** sulla piazzetta del paese di **Avendita di Cascia (PG)**.

A pianta rettangolare, è stata consolidata e ristrutturata di recente con una maglia di tiranti nelle due direzioni al primo livello e capochiave esterni a piastra, che si somma a presidi più antichi, forse costituiti da catene interne in legno ancorate a teste in metallo. Non è nota la natura e rigidità dei solai, e la presenza e natura del cordolo sommitale e la struttura del tetto. Al sisma, la parte superiore dell'edificio si è comportata sostanzialmente "a blocco rigido", subendo limitate lesioni, ma sollecitando a taglio le murature tra piano terreno e primo livello di solaio; come conseguenza di ciò tutti i maschi murari tra le aperture del piano terra, sui quattro fronti esterni, si sono gravemente danneggiati a taglio, con effetti espulsivi in angolata e sui ritti delle aperture, traslati verso l'interno del foro. Il danno appare influenzato vistosamente anche dalla presenza di muri di cinta accostati alle angolature dell'edificio; in un caso, il danno si è spostato al di sopra del punto di contatto del muro, in un altro, ha distrutto a martellamento il muro di cinta. In corrispondenza delle lesioni, si osserva che la malta di allettamento è stata disgregata ed è caduta all'esterno lasciando cavi in profondità i giunti tra gli elementi lapidei.

Oltre a dare prova dell'entità delle sollecitazioni locali, il danno ha posto in evidenza la modestissima resistenza a taglio delle murature; i tiranti hanno certamente contrastato il crollo almeno parziale, ma hanno concentrato le sollecitazioni nella muratura basamentale, della quale era stato sostituito di recente

l'intonaco esterno, senza tuttavia sostituire in profondità i giunti tra i conci del paramento, e senza operare su di essa, a quanto appare, altri interventi di consolidamento proprio.



Figure 1-2-3 Lesioni a taglio al piano terra sui muri perimetrali di edificio ad Avendita di Cascia (PG)

Efficacia degli interventi a mezzo di iniezioni

Gli interventi di consolidamento murario a mezzo di iniezioni sono stati eseguiti soprattutto dopo il terremoto del 1979 della Valnerina, in alcuni casi collegati a perforazioni armate a formare il reticolo cementato.

L'intervento più sistematico di "iniezione armata", tra quelli esaminati, è rappresentato dalla chiesa di S. Procolo ad Avendita di Cascia (PG)⁶.

In questo caso, a fronte di una sollecitazione che risulta essere stata amplificata dal sito, e che ha portato al crollo totale dell'abitazione posta di fronte e al grave danneggiamento di un'altra costruzione vicina pur consolidata dopo il 1997 (vedi foto precedenti), la chiesa ha subito danni relativamente limitati. In almeno due casi le lesioni si sono innescate nel punto di ingresso di una barra cementata, a segnalare la discontinuità tra la parte muraria attraversata dalla barra e la parte non attraversata. La facciata, priva di timpano, è stata in antico per intero rivestita da un pesante contrafforte, così come la parte absidale.

La volta era già stata consolidata nel 1961; dopo la spicconatura, è stata posta rete elettrosaldata fissata a cemento. Dopo il terremoto della Valnerina del 1979 la volta è stata ulteriormente trattata con iniezioni, probabilmente di Primal (descritto come "lattice bianco", fornito dall'ICR). Il loro consolidamento va considerato eccezionale, rispetto alla prassi usuale, per tipo di materiali e combinazione degli interventi. Le volte in pietra, la cui spinta è contenuta dai tiranti trasversali all'aula posti in corrispondenza degli arconi, tiranti che hanno retto, non presentano lesioni significative.

Si constata in questo caso come un intervento, che può essere considerato "pesante" ed impattante sulle superfici esterne e sulla muratura, ma eseguito sistematicamente, ha avuto come esito un comportamento nel complesso favorevole.



Figura 4 Facciata esterna della chiesa di S. Procolo ad Avendita di Cascia (PG)

⁶ La chiesa è stata completamente consolidata nel 1982 dall'impresa Fondedile, dopo il terremoto della Valnerina del 1979. Su pareti e facciata è stato eseguito un reticolo cementato con cinque barre da 16 mm a mq, a due terzi dello spessore murario, previa iniezione a cemento 425 a pressione fino a 2 atm.

La mancanza di affreschi e di intonaci o stucchi ha facilitato le operazioni di cucitura armata e iniezione. Gli intonaci interni ed esterni sono stati per intero sostituiti.

Nella zona in cui interagisce il campanile esterno sono presenti marcati incernieramenti sui semi pilastri interni alla chiesa; incernieramenti sono comunque, più limitati, in tutti i semi pilastri delle pareti laterali.

Sulla facciata sono state realizzate perforazioni armate incrociate; tra navata ed abside, sopra l'altare, è stata realizzata una sorta di cordolo lineare di perforazioni incrociate. Perforazioni della lunghezza di circa 2 m. a raggera (almeno 3) sono state realizzate sugli archi laterali.

Le informazioni cortesemente fornite dal geom. Giuseppe Berti (MiBACT), che ha seguito i lavori nel 1982.



Figure 5 Interno della chiesa di S. Procolo ad Avendita di Cascia (PG)

Si sono riscontrate iniezioni collegate a perforazioni armate anche nel campanile a vela della chiesa di S. Maria la Bianca ad Ancarano di Norcia. Il blocco che costituiva una delle pile murarie della vela, smontato e riportato a terra, è rimasto integro anche per effetto delle perforazioni armate e iniettate, visibili sulle superfici. Nelle sezioni murarie si osservano singole cavità o fratture parzialmente riempite dal cemento ad alta resistenza che era stato iniettato; tuttavia la loro presenza è sporadica e, soprattutto, non ha alcun effetto sulla malta presente nei giunti tra gli elementi in pietra o laterizio, in quanto non riesce a penetrarvi. Tale malta, oltre che di modesta consistenza (impasto terroso) è pressoché priva di adesione alle superfici della pietra o dei laterizi, che dunque si staccano o scorrono con facilità.

Effetti di iniezioni cementizie (in questo caso non armate) sono stati sporadicamente osservati anche nella chiesa di S. Andrea a Campi, Norcia. Le iniezioni si sono distribuite in modo irregolare, e non sembrano aver inciso significativamente sui legami adesivi-coesivi delle zone trattate. La chiesa è in larga parte crollata.

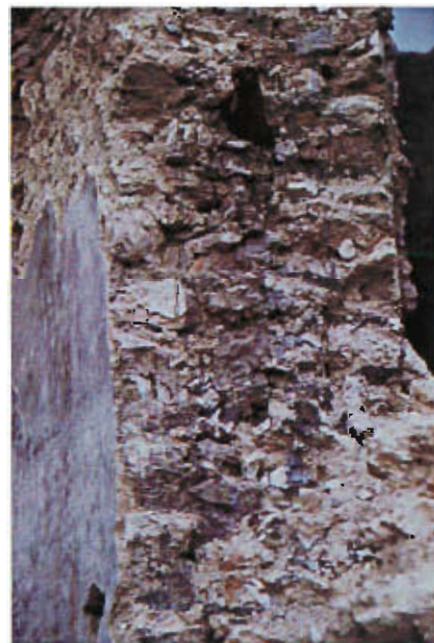
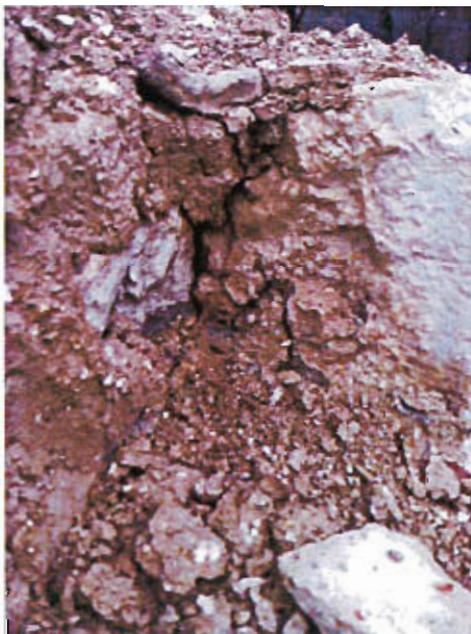


Figure 6-7 Sezioni murarie con fluidi cementizi iniettati. A sin., blocco del campanile di S. Maria la Bianca ad Ancarano (TE), a destra, sezione del muro della chiesa di S. Andrea, Campi, Norcia (PG).

A rendere problematico l'intervento di consolidamento attraverso iniezioni (siano esse di boiaccia cementizia o di calce idraulica), le sezioni murarie appaiono ben riempite con la malta già descritta, di modesta resistenza mista ad elementi lapidei. e, fino all'apertura di lesione da separazione. Non offrono varchi idonei, se non in corrispondenza delle lesioni, alla diffusa penetrazione di fluidi, e quindi vanno **considerate non iniettabili (o difficilmente iniettabili)**, quanto meno con fluidi a solo riempimento di vuoti.

Si delinea quindi la necessità **di studiare e sperimentare anche altre tecniche e materiali per il consolidamento proprio (interno) della muratura**; ad esempio attraverso materiali che, con una azione impregnante, siano in grado di consolidare i nuclei di malta e, soprattutto, di formare diffusi legami adesivi tra malta e supporti lapidei; oppure attraverso combinazioni di interventi esterni quali ristilatura profonda dei giunti, intonacatura esterna armata o meno, connettori passanti di diversa natura, valutandone l'impatto conservativo in rapporto alla carattere della superficie, al costo e all'efficacia.

Comportamento di murature a ristilatura profonda dei giunti e/o rintonacate

Sono state osservate numerose costruzioni la cui muratura, attualmente a vista, era stata oggetto di intervento di sostituzione della malta dei giunti, con intervento usualmente denominato di "ristilatura profonda". Al di là delle valutazioni estetiche e conservative, i comportamenti osservati, che pure sono differenziati tra loro, portano ad un indiscutibile miglioramento dei comportamenti della muratura. Vi sono situazioni che risultano sostanzialmente indenni, pur in contesti di grave danneggiamento, come nel caso della costruzione osservata a Castelsantangelo sul Nera (vedi foto) e altre che comunque contrastano in misura significativa il comportamento disgregativo della muratura, rendendo possibile l'attivazione di meccanismi di danno riconoscibili.

Sarà opportuno accertare la natura e le caratteristiche, sia in termini meccanici sia in termini di adesione ai supporti, delle malte di ristilatura utilizzate nei casi più favorevoli, la profondità di sostituzione, gli interventi sui paramenti opposti, ecc.; va accertata inoltre la contestualità di altri interventi, quali iniezioni, connettori tra paramenti, ecc.



Figura 8 Edificio a muratura a vista con ristilatura dei giunti e danni limitati in contesto di crolli diffusi. Castelsantangelo sul Nera (MC)

Numerosi interventi eseguiti dopo i terremoti del '79 e del '97 hanno rinnovato per intero le superfici esterne degli edifici. Si è constatato tuttavia che, nella maggior parte dei casi, si è trattato di un puro

rivestimento “cosmetico”, operato senza una preliminare azione di consolidamento dei giunti. I nuovi intonaci di conseguenza, sovrapposti senza connessione alle murature, si sono usualmente separati e hanno inciso assai poco sul comportamento delle murature, consentendone comportamenti disgregativi.



Figura 9 Edificio rintonacato senza intervento sui giunti murari, e manifesta comportamento disgregativo. Visso (MC)

Si segnala l'opportunità, nel caso si intendano sostituire intonaci storici presenti, o intervenire comunque su murature a vista in cui è ancora presente la malta di connessura originale, di richiedere tassativamente che sia effettuata la ristilatura in profondità con malte di idonea composizione e caratteristiche meccaniche. Questo in base al principio che ad un impatto comunque rilevante sulle caratteristiche storiche e percettive dei paramenti murari debba corrispondere un beneficio significativo in termini di efficienza strutturale.

A maggior ragione la ristilatura profonda deve essere richiesta nel caso di rifacimento ulteriore di intonaci già sostituiti dopo i precedenti eventi sismici.

Il “cordolo” di sommità

Sono denominati usualmente con il termine “cordolo” diversi tipi di confinamento sommitale delle murature, che mirano anche ad accogliere e ripartire il carico delle orditure di copertura, collegandole alle strutture verticali.

Mentre negli interventi a seguito del terremoto del 1979, anche per precise richieste normative, il cordolo costituiva una trave armata in calcestruzzo di sezione pari al muro e di proporzionata altezza, successivamente, anche a seguito dei comportamenti riscontrati, si è mirato a ridurre la massa monolitica e la rigidità, soprattutto in altezza, del cordolo in calcestruzzo, o a realizzarlo con muratura armata o con profilati metallici ancorati.

Le osservazioni compiute confermano ulteriormente la criticità di cordoli in calcestruzzo di ampia sezione e massa, che tendono a danneggiare la muratura sottostante accentuando le sollecitazioni a taglio, punzonandola o lasciandola localmente scarica e favorendone in crollo.

Tuttavia, anche al di là della tipologia di cordolo adottata, il problema principale, nella sua interazione con la costruzione antica, è rappresentato dalla discontinuità che comunque esso introduce nel sistema murario su cui poggia, discontinuità che diviene macroscopica nel caso la muratura sottostante sia fortemente decoesa, condizione, come già detto, largamente presente.

Si è constatato diffusamente, a seguito del sisma, che, anche se l'elemento resistente a trazione è "leggero" e limitato a singole armature metalliche a barra, a lama o a traliccio, oppure lignee, il tratto ricostruito di muratura di appoggio e raccordo con la copertura, sovente comunque di notevole sezione e realizzato con malte molto più performanti di quelle sottostanti antiche, tende a comportarsi in modo affine a quello dei cordoli armati in calcestruzzo a grande sezione; ossia diviene anch'esso una massa unitaria rigida, che si separa all'interfaccia con la muratura di appoggio molto più deformabile, e contribuisce a disgregarla o con urti concentrati o lasciandola scarica; facendo con ciò venir meno sia la funzione di confinamento della muratura, sia di ripartizione dei carichi.

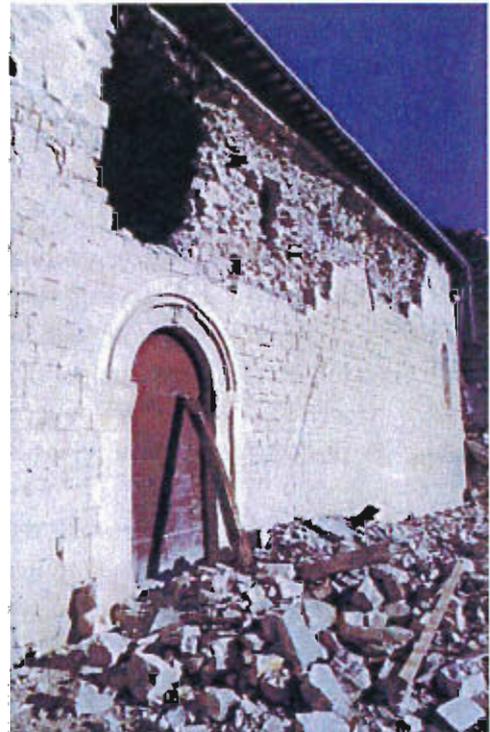


Figure 10-11 A sinistra, crollo parziale della muratura al di sotto di cordolo in calcestruzzo, con ancoraggi in verticale rimasti liberi. Visso (MC). A destra, Chiesa di S. Stefano a Castelsantangelo sul Nera (MC), caduta del paramento esterno nella zona sottostante il cordolo.

In numerosi casi si è constatata l'inefficacia delle barre metalliche che dovrebbero favorire il collegamento tra il cordolo e la muratura sottostante; quando inserite in muratura soggetta a comportamento disgregativo, e collocate in asse, in corrispondenza del nucleo meno coerente della muratura, non ne impediscono il crollo; vi è anzi il dubbio che possano contribuire alla separazione dei due paramenti anche a seguito delle operazioni necessarie alla loro messa in opera. Va detto che nei casi di crollo della muratura sotto-cordolo le barre verticali sono spesso apparse libere da nuclei di malta o resina, rendendo evidente un difetto di cementazione barra/muratura.

Va rilevato che la cordolatura sommitale, quando commisurata, contribuisce a ridurre il rischio di crollo totale della copertura e dunque della costruzione intera; non di rado la copertura viene retta a sbalzo dal cordolo anche in caso di crollo parziale delle murature di appoggio.

Tuttavia non si può affidare alla sola cordolatura sommitale il sostentamento dell'intera fabbrica, soprattutto quando soggetta a spinte di archi o volte sottostanti (vedi più avanti). Sono necessari interventi correlati che permettano un più efficace raccordo con la muratura di appoggio.

Nel caso della chiesa di S. Martino a Castelsantangelo sul Nera la cordolatura ha retto la copertura nonostante la spinta ribaltante degli archi-diaframma interni, non tirantati (vedi oltre); la muratura sottostante è traslata fuori piano rispetto al cordolo, crollando parzialmente e lasciandolo sospeso.

Si ritiene perciò di raccomandare:

- di limitare la massa della “nuova muratura” che ingloba l’armatura o gli si sovrappone;
- di collegare accuratamente il “cordolo”, comunque costituito, a tutte orditure di copertura, in particolare lignee, estendendo il collegamento, anche con appositi rinvii, alla base delle orditure principali e delle catene delle capriate in particolare;
- di associare al cordolo anche accorgimenti “tradizionali” di contenimento applicati alla superficie esterna della muratura (capochiave angolari, capochiave esterni alle catene delle capriate e alle orditure metalliche del cordolo, cuffie esterne di contenimento, ecc.) per contrastare spostamenti fuori piano e inneschi di crollo anche del solo paramento esterno;
- considerato che la rigidità del cordolo sull’asse verticale non solo è inutile, ma anche dannosa, per il differenziale di rigidità che porta alla formazione di zone scariche nella muratura di appoggio, soprattutto esterna, appare preferibile conferirgli una sezione larga, estesa all’intera testata della muratura, ma di limitata altezza, per renderla in grado sul piano verticale, di assecondare deformazioni e spostamenti della muratura;
- di cercare i mezzi più idonei per evitare un drastico differenziale di rigidità e coerenza muraria tra la zona del cordolo o comunque della muratura ricostruita e la muratura antica sottostante, fatto che favorisce la separazione all’interfaccia, essendo importante graduare questo passaggio.

Si può proporre a questo fine, prima della formazione del cordolo:

1. il consolidamento della fascia muraria sommitale, opportunamente pulita e lavata, con colli dall’alto di fluidi consolidanti nel nucleo, in grado di riaggregarlo istituendo legami adesivi tra gli elementi lapidei;
2. la posa in opera di barre metalliche trasversali, elicoidali da fissare a secco o tradizionali da collegare a resina, nella fascia muraria fino a 50 cm sottostante al cordolo, per contrastare la possibile separazione dei due paramenti e il crollo di quello esterno quando “scaricato”;
3. la formazione di collegamenti non necessariamente profondi, ma diffusi e per quanto possibile “mirati” tra le armature del cordolo e la muratura sottostante (ad esempio fissaggi con barre corte o tasselli ai conci angolari in pietra o agli elementi lapidei dei paramenti esterni);
4. l’utilizzo di aggrappanti o di prodotti che favoriscano l’adesione tra la nuova muratura e quella esistente consolidata.

Questi interventi vanno, per quanto possibile, applicati anche alla rimessa in efficienza di cordoli esistenti, danneggiati o meno dal sisma. Tuttavia, nel caso si constatino cordolature a trave cementizia di grande sezione e rigidità, di vecchia concezione, va valutata prioritariamente la possibilità della loro demolizione e sostituzione.

Cerchiature ed altri presidi esterni

Si tratta di strutture raramente adottate, ma che rivestono grande interesse in termini di efficacia, di contenimento degli impatti fisici e dei costi di intervento soprattutto in costruzioni di limitato sviluppo in pianta in rapporto all’altezza (campanili, torri, absidi, ecc.).

Si possono citare a titolo di esempio due casi:

- il comportamento della cella del campanile di S. Martino dei Gualdesi a Castelsantangelo sul Nera (MC), posto a confronto con il campanile della non distante chiesa di S. Stefano;

- il comportamento di una torre della cinta medievale di Norcia, posto a confronto con altre torri della stessa cinta.

La cella del campanile di S. Martino dei Gualdesi era stata oggetto di una doppia cerchiatura sommitale, a mezzo di lame metalliche in acciaio inossidabile collocate nel recente intervento in corrispondenza di cornici, per ridurne l'impatto visivo. Pur nel grave danneggiamento subito dal fusto del campanile, collegato alla chiesa e quindi soggetto ad oscillazioni discordi e martellamenti, la cella è rimasta sostanzialmente integra, evitando in crollo e contribuendo ad evitare quello del fusto danneggiato. Il quadro fessurativo, che usualmente nei campanili si amplia verso l'alto e trova nella cella l'elemento maggiormente vulnerabile, si riduce alcuni metri al di sotto della cerchiatura inferiore fino ad arrestarsi in corrispondenza della cella.

Il vicino campanile di S. Stefano, simile per dimensione e posizione rispetto alla chiesa ma privo di "cerchiature", ha invece subito il completo crollo della cella, oltre al grave danneggiamento del fusto. I presidi antisismici iniziali a struttura mista, con capochiave metallico esterno ancorato a travature lignee inserite all'interno delle murature in fase di costruzione, presidi ben rilevabili nelle immagini precedenti al terremoto, sono divenuti per la gran parte inefficaci a causa del marcimento delle "radiciature" lignee interne; il capochiave metallico esterno si è di conseguenza sganciato senza esplicare azioni di contenimento.

Va osservato che, se le cerchiature avessero interessato anche il fusto del campanile di S. Martino, sfruttando la presenza di altre cornici, molto probabilmente l'efficacia nel contenimento dei danni sarebbe stata maggiore.



Figure 12-13 Il campanile di S. Stefano a Castelsantangelo sul Nera (MC) prima e dopo i sismi.





Figura 14 La cella del campanile di S. Martino dei Gualdesi, Castelsantangelo sul Nera (MC), con le due cerchiature metalliche, dopo i terremoti.

Le torri della cinta murata di Norcia hanno subito gravi danni, con crolli a “taglio-ribaltamento” favoriti dalla decoesione del nucleo murario.

La torre osservata, che è rimasta sostanzialmente integra, lo deve probabilmente alla presenza, a differenza delle altre torri, di due cerchiature metalliche applicate ai lati esterni. Va accertato se la torre in esame sia stata oggetto di altri consolidamenti (iniezioni murarie o altro) che abbiano contribuito al marcato differenziale di comportamento.

In termini più generali, va osservato che esistono ampi spazi per l'applicazione di “presidi esterni stabilmente applicati”, spazi che solo eccezionalmente sono stati utilizzati.

Nel caso della cella di S. Martino dei Gualdesi a Castelsantangelo sul Nera (MC) i presidi sono inseriti in modo quasi mimetico, sfruttando risalti di cornici o collocandosi sotto intonaco; nel caso della torre di Norcia, probabilmente non recente, risultano addirittura evidenziati dal trattamento del metallo.

Si segnala a questo proposito l'opportunità di sviluppare una “linea” di interventi ispirati a questo principio, anche in analogia con quella adottata dai Vigili del Fuoco nelle fasi di messa in sicurezza durante l'emergenza post-sismica, e a questo fine codificata utilmente nel manuale operativo “STOP”. Presidi di questa natura possono consentire di affrontare efficacemente un certo gruppo di situazioni “tipiche”.

Riteniamo debba essere posta in discussione, e auspicabilmente superata, l'impostazione culturale che tende a priori ad escludere elementi visibili, e continua a preferire o l'assenza di interventi, con la conseguente vulnerabilità, o la scelta di interventi di maggiore impatto fisico e maggiore costo, purché mascherati.

Tiranti interni a contrasto di spinte di archi e volte

Le considerazioni svolte al punto precedente debbono essere estese ai tiranti a vista. In merito al ruolo dei tiranti a vista con la funzione di contrastare la spinta di archi e volte, in particolare nelle aule delle chiese o in corrispondenza dell'arco trionfale, va ribadita la loro essenzialità.

Si portano a confronto i casi della chiesa di S. Martino dei Gualdesi, a Castelsantangelo sul Nera, e della chiesa di S. Pietro a Vallinfante (MC). Sono entrambe ad aula unica, con archi-diaframma poggiati sulle pareti laterali a reggere la copertura a due falde, in luogo delle capriate. Nella prima gli archi gotici, privi di tirante, hanno sospinto verso l'esterno la parete meridionale, causando un crollo parziale e gravi danni anche agli affreschi presenti. Nella seconda, in cui era presente un tirante in corrispondenza di ogni arco, le pareti laterali non hanno subito danni.

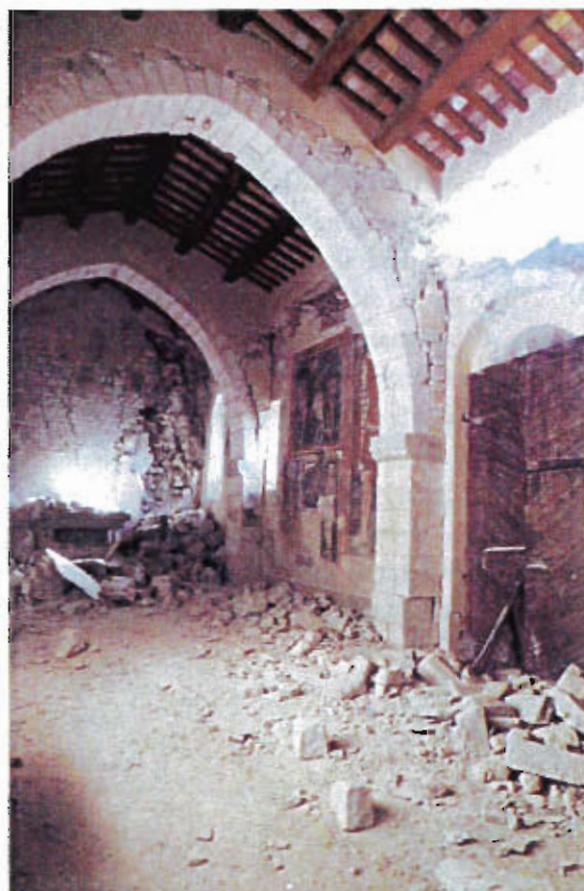


Figure 15-16 Chiesa di S. Martino dei Gualdesi a Castelsantangelo sul Nera. La spinta degli archi interni, non contrastata, ha portato al parziale ribaltamento del muro laterale, che si è "liberato" dal cordolo soprastante. Affreschi e portali sono stati danneggiati.



Figura 17 Chiesa di S. Pietro a Vallinfante (MC). La presenza dei tiranti sugli archi interni ha evitato il danneggiamento delle pareti laterali della navata.

In altri casi si è osservata la mancanza di tiranti sugli archi delle pareti di separazione tra navate, in particolare nell'arco che poggia sulla facciata, contribuendo al suo meccanismo di ribaltamento fuori piano.

In questo senso, si ritiene che il MiBACT debba **esprimere con chiarezza**, in particolare ai propri organi periferici, nella progettazione diretta e nell'attività di esame dei progetti legata all'esercizio della tutela, **il privilegio indiscusso da attribuire alla presenza efficace di tiranti a contrasto di spinte di archi e volte** all'interno delle chiese rispetto al disturbo estetico-visivo da essi prodotto. Questo, soprattutto quando non risulta possibile mettere in atto misure "equivalenti" a protezione delle strutture soggette alla spinta ribaltante di archi e volte.

I presidi antisismici "tradizionali"

Si è dovuto constatare che numerosi presidi chiaramente eseguiti in funzione antisismica durante fasi di ricostruzione o riparazione del passato, sia nella zona umbra che in quella marchigiana, e che pure hanno avuto piena efficacia nei tempi successivi alla realizzazione, sono ora divenuti inefficaci. In particolare, i "radiciamenti lignei" interni alla muratura con capochiave metallico esterno risultano in gran parte disattivati per il marcimento totale o parziale della componente lignea. Questa, inoltre, lasciando un vano longitudinale nella zona mediana della muratura, tende a favorire la separazione dei paramenti murari.

Va rilevato che, anche se alcuni presidi di questa natura mantengono certamente la loro efficacia, non risulta possibile verificarla se non a mezzo di prove di estrazione del capochiave; in ogni caso, non è possibile far affidamento sulla loro efficienza, e dunque la loro funzione deve essere sostituita da altri presidi equivalenti in grado di svolgerla.



Figura 18 Capochiave metallico separato dal radiciamento ligneo tra le macerie del campanile di S. Stefano a Castelsantangelo sul Nera

Comportamento di elementi lapidei inseriti nella compagine muraria (contorni di aperture)

Si è constatata la diffusa tendenza alla separazione e al crollo indipendente delle mostre e dei contorni in pietra di aperture. In alcuni casi (soprattutto a Visso e a Castelsantangelo sul Nera) la caduta di buona parte degli elementi architettonici in pietra della facciata, ha costituito il primo e sovente l'unico crollo parziale. Questo comportamento sfavorevole va contrastato per un duplice motivo: la perdita dei contorni in pietra amplia notevolmente il vano murario in corrispondenza delle aperture, e lascia privo di architrave il foro e di confinamento la muratura, favorendo l'insorgere di crolli sistematici. Vanno perciò studiati specifici sistemi di ancoraggio, laterale o interno, tra muratura e elementi lapidei di aperture, ad evitarne il crollo separato e consentire loro di meglio svolgere la funzione di confinamento collaborante.



Figure 19-20 Palazzo Terenzi a Castelsantangelo sul Nera. Il fronte dopo la caduta dei contorni in pietra e gli elementi lapidei a terra.

Comportamento di orditure di copertura spingenti

Solo in pochi casi sono stati osservati comportamenti dovuti a orditure del tetto divenute spingenti in fase sismica e non adeguatamente compensate. Si tratta tuttavia di una condizione da evitare con gli opportuni accorgimenti.

In un caso (chiesa di Norcia) il cordolo ligneo posto sul timpano della facciata a due falde è divenuto spingente per il crollo della parte centrale, fino ad assumere l'attuale assetto piano.



Figura 21 Comportamento di tetto con orditura a puntoni lignei a spinta non compensata. Visso (MC).



Figura 22 Chiesa di Norcia. Comportamento divaricante assunto dal cordolo sul timpano nel corso del crollo della facciata.

Comportamento di strutture di solaio e di copertura a travi in calcestruzzo tipo Varese o di altra natura

Sono stati osservati diversi edifici con strutture di copertura formate da travi in calcestruzzo tipo Varese, spesso impostate su cordolo perimetrale e su trave di colmo in c.a., realizzate dopo il sisma del 1979 o in altre circostanze.

Nella maggior parte dei casi hanno manifestato un comportamento sfavorevole. Le difficoltà di collegamento tra gli elementi e l'impalcato, spesso costituito da tavelloni laterizi con o senza caldane di ripartizione, ha indotto sovente un comportamento rigido-fragile, che è giunto rapidamente al crollo una volta perduti anche parzialmente gli appoggi o intaccata localmente la struttura. L'effetto punzonante delle travi inclinate ha favorito il danno alle murature di appoggio. L'assenza di armature trasversali, nel caso non vi fossero solette armate, ha reso molto vulnerabili tali strutture, vedi in particolare i gravissimi crolli della chiesa di S. Andrea a Campi di Norcia e dell'intera copertura di S. Maria Argentea a Norcia.

Si ritiene di raccomandare, ove possibile, la sostituzione di tali strutture di copertura con strutture lignee (travi e tavolato) di tipo tradizionale, opportunamente fissate tra di loro e al perimetro murario, per la loro maggior leggerezza ed elasticità, e per la possibilità di realizzare impalcato con caratteristiche di relativa rigidità nel piano e di deformabilità elastica fuori piano.



Figura 23 Chiesa di S. Andrea a Campi di Norcia, con copertura a travi Varese e tavellonato, poggiati su trave di colmo in calcestruzzo e cordolo cementizio perimetrale



Figura 24 Sottotetto della chiesa di S. Maria Argentea a Norcia, con solai in laterocemento (Foto P. Berti, Mibact).



Figura 25 Chiesa di S. Maria Argentea a Norcia dopo il crollo della copertura (foto da drone dei VVFF).

Edifici consolidati dopo il 1997 a comportamento favorevole

Sono stati osservati alcuni edifici, in particolare consolidati dopo il 1997, che hanno manifestato comportamenti favorevoli, subendo danni limitati.

E' opportuno che, in questi casi, si effettui un approfondimento specifico, ricostruendo la storia di danno precedente, gli interventi eseguiti e la natura ed entità dei danni ulteriori.

Tra questi, appare significativo il complesso ecclesiastico di S. Maria Assunta a Pieve Torina (MC), formato da una chiesa antica, ora museo, con campanile, e da una chiesa più recente ad essa accostata. La facciata della chiesa più recente ha manifestato un avvio di meccanismo ribaltante del timpano; sull'abside semicircolare della stessa chiesa si sono formate alcune lesioni verticali, che tuttavia non giungono in sommità, fatto che può essere interpretato come un buon funzionamento della cordolatura sommitale. E' in fase di acquisizione la documentazione relativa. Analoghe considerazioni possono essere svolte per la chiesa di S. Salvatore a Castelsantangelo sul Nera (MC).



Figure 26-27-28 Chiesa di S. Maria Assunta, Pieve Torina (MC).