

## Sui presidi antisismici storici negli organismi architettonici in muratura. Primi esiti di un'indagine sul patrimonio costruito aquilano

Gianfranco D'Alò

*The author aims to identify and describe some technical features in masonry buildings that L'Aquila 2008-2009 earthquakes have highlighted, based on the direct observation of the historical architectural heritage of the city, during the recent works of restoration. It turns out that the constructions carried out according to the local tradition have shown, in general, to be able to respond to the strong seismic stresses with notable deformations, but without sudden and ruinous collapses.*

*This happened thanks to the application of traditional anti-seismic systems that anticipate some important principles that inspired the 2008 national anti-seismic regulations.*

*For example, the coverage system visible on many historic buildings in L'Aquila shows great interest. It uses trusses mounted not directly on the walls but on wooden shelves that help to counteract the shear stresses that the beams must bear. Another fundamental anti-seismic protection is the system of tie rods with flexible keys or with extensible joints.*

*Another aspect related to the restoration of ancient architectural heritage should also be underlined: today, the use in contemporary projects of traditional systems would make possible to reach a conservative level in line with current trends in restoration.*

Sulla base dell'osservazione diretta del patrimonio storico-architettonico aquilano e degli effetti che su di esso ha provocato lo sciame sismico del 2008-2009, con episodi di una certa entità che si registrano ancora fino ad oggi, questo contributo vuole individuare e descrivere alcune caratteristiche tecniche dei manufatti che i terremoti, con la loro azione, hanno evidenziato. Le considerazioni che seguono sono state suscitate, e rese possibili, solo grazie al privilegiato punto d'osservazione offerto dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la Città dell'Aquila e i Comuni del Cratere e alle opportunità che ha un funzionario del Ministero per i Beni Ambientali, Culturali e del Turismo (MiBACT), che operi nel cosiddetto cratere sismico: egli infatti può svolgere le proprie attività in un ambito territoriale così spiccatamente e densamente caratterizzato da manufatti di alto interesse culturale, 'collaudati', per così dire, dal sisma, e può avere frequenti e proficue occasioni d'incontro e confronto con i più qualificati operatori del settore che, a vario titolo, si occupano della ricostruzione post sismica aquilana.

Il testo che segue, tuttavia, non è stato concepito come puro esercizio descrittivo, ma è stato redatto con l'intento di condividere e mettere in discussione osservazioni, riflessioni, e in alcuni casi intuizioni o deduzioni, che sono maturate durante lo svolgimento delle mansioni di tutela proprie di un funzionario del MiBACT: intento volto ad individuare anche sul campo la direzione possibile verso cui orientare e sviluppare un percorso analitico dei criteri posti alla base dell'arte edificatoria storica. Questo iter è finalizzato a prefigurare il più corretto approccio al tema del recupero del patrimonio edilizio culturale danneggiato a seguito di un evento sismico e, conseguentemente, ad individuare principi e corrette linee di indirizzo cui riferire i progetti e quindi gli interventi di restauro.

## 1. La duttilità nell'edilizia storica

Dall'osservazione diretta degli effetti che il sisma aquilano ha prodotto sul patrimonio culturale cittadino emerge con tutta evidenza come gli organismi architettonici realizzati con materiali, tecniche e magisteri appartenenti alla tradizione costruttiva locale abbiano dimostrato, in maniera generalizzata, di saper rispondere alle forti sollecitazioni sismiche con deformazioni anche notevoli, ma senza cedimenti fragili, cioè improvvisi e rovinosi. A questo punto è necessario però, prima di procedere oltre nel ragionamento avviato, specificare cosa qui si voglia intendere per 'tradizione costruttiva locale', al fine di non ingenerare indesiderati fraintendimenti. Per 'locale' non deve intendersi una tradizione chiusa alle esperienze costruttive maturate altrove ma, al contrario, un insieme di nozioni o 'regole', spesso di natura empirica, che sono parte organica del *corpus* delle regole dell'arte edificatoria ma che, tuttavia, possono trovarsi diversamente declinate in ragione delle differenti condizioni che caratterizzano i luoghi nei quali si opera. Regole che, appunto, venivano facilmente condivise tra i costruttori, per via dei frequenti contatti che caratterizzavano la loro vita e la pratica della loro arte. Dovremo intendere, quindi, per tradizione costruttiva locale, quell'insieme di regole, tratte sì dalle consuetudini generalmente conosciute e condivise, che meglio però si adattavano alle caratteristiche specifiche territoriali, quali, per esempio: sismicità, natura e caratteristiche dei materiali disponibili in loco (dalla pietra, alle argille, ai legnami), condizioni climatiche, orografiche ed economiche<sup>1</sup>.

Quando si afferma che i manufatti architettonici in muratura dimostrano di rispondere alle forti sollecitazioni sismiche senza cedimenti improvvisi e rovinosi, ci si riferisce, è bene ripeterlo, all'intero organismo architettonico, nel suo insieme, e non ai singoli elementi di cui è composto (setti murari, elementi puntuali quali colonne e/o pilastri, orizzontamenti ecc.). Questi, al contrario, possono presentare anche notevoli danneggiamenti, quali deformazioni, lesioni, rotture totali o parziali, cedimenti localizzati, che però non determinano mai la rovina dell'intero organismo, stanti determinate condizioni di cui si dirà.

Il principio definibile come comportamento duttile degli edifici in muratura non costituisce certo una novità, data la vasta letteratura esistente sull'argomento e, soprattutto, la normativa che regola la materia: segnatamente, ci si riferisce alla "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni, di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare contenente le istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008", ripubblicata nel 2011<sup>2</sup>. Tuttavia, prima di procedere nelle riflessioni sugli edifici sottoposti alle sollecitazioni provocate da un evento sismico, appare utile provare a dare una definizione del concetto di duttilità degli organismi architettonici in muratura, tratta proprio dalle già citate "Norme tecniche per le costruzioni" del 2008. Tali norme riguardano le costruzioni in generale e non solo quelle di interesse culturale, e nel capitolo ottavo, dedicato alle costruzioni esistenti, il paragrafo 8.7.1 contiene una sintetica definizione di duttilità di una struttura architettonica in muratura, quanto mai utile in questa sede: la capacità, che l'organismo architettonico dimostra di possedere, di continuare a "sostenere cicli di sollecitazioni o deformazioni anche dopo il superamento delle soglie di plasticizzazione o di frattura". Gli edifici aquilani in muratura gravemente colpiti dagli eventi sismici culminati con le note scosse del 6 aprile 2009, e quindi oggi notevolmente danneggiati e lesionati

<sup>1</sup> Per limitarsi ancora all'ambito aquilano, si vedano sull'argomento, F. BOLOGNA, *La Fontana della Rivera all'Aquila detta delle "Novantanove Cannelle"*, Napoli 1997, tra l'altro, p. 113 e ss. e p. 217, o, a solo titolo indicativo, v. in R. COLAPIETRA, *L'Aquila dell'Antinori. Strutture sociali ed urbane della città nel Sei e Settecento*, vol. II, *Il Settecento*, in *Antinoriana*, L'Aquila 1978, p. 570, n. 161, il passo che riguarda Baldassarre Ferrandini da Milano, scultore, che, nel 1732, era occupato nella ricostruzione che seguì il devastante evento tellurico del 1703. Sulla durata della ricostruzione dopo il sisma del 1703, v. la *Pianta della Città dell'Aquila ripartita ne' suoi locali* di F. CEPARULI (incisore) e A. F. VANDI (disegnatore), in C. FRANCHI, *Difesa per la fedelissima città dell'Aquila contro le pretese de' castelli, terre e villaggi, che componeano l'antico contado Aquilano*, Napoli 1752. Si tratta, com'è noto della prima rappresentazione della città ottenuta applicando le moderne regole di rilevamento trigonometrico; la *Difesa* fu concepita nel tentativo di sensibilizzare la corte borbonica sulla necessità di destinare maggiori risorse finanziarie alla ricostruzione della città, ancora ben lontana dal potersi dire conclusa a quasi cinquanta anni dal sisma del 1703.

<sup>2</sup> La direttiva è stata rivista e pubblicata nuovamente in "Gazzetta Ufficiale", serie generale, 47, 26 febbraio 2011, "Supplemento ordinario" n. 54.

e non ancora riparati o messi in sicurezza e con l'aggravante del lungo abbandono – sono purtroppo già trascorsi otto anni da quei tristi eventi – hanno resistito alle scosse che dal 24 agosto del 2016 continuano ad interessare questo già martoriato territorio. Utile ricordare, a questo proposito, che solo il 18 gennaio 2017, nel circondario aquilano, sono state registrate quattro forti scosse comprese tra le magnitudo 5.1 e 5.4. Ma non basta. Tali eventi si sono verificati in concomitanza con una corposa precipitazione di carattere nevoso che ha accumulato, in alcune zone, anche più di due metri di neve. Il carico generato da tali cumuli sulle falde di copertura delle costruzioni è considerevole ed ha contribuito a sottoporre gli edifici a notevolissime sollecitazioni, in combinazione con gli eventi tellurici appena richiamati. Tuttavia va rilevato che non sono stati registrati crolli negli edifici in muratura già fortemente danneggiati dai precedenti eventi sismici, come già ricordato; si è evidenziato un aggravamento del danno, certamente, ma non sono avvenuti crolli. Gli edifici aquilani in muratura realizzati nell'osservanza delle regole tradizionali, che siano di interesse culturale o no, hanno dimostrato quindi, nonostante i danni già accusati e le condizioni descritte, di essere in grado di continuare a “sostenere cicli di sollecitazioni o deformazioni anche dopo il superamento delle soglie di plasticizzazione o di frattura”<sup>3</sup>.

D'altronde, alla necessità di tenere in debito conto la duttilità dagli organismi architettonici in fase di calcolo e verifica degli interventi di riparazione e miglioramento sismico, le norme fanno espresso riferimento. Le cosiddette linee guida contenute nella citata “Direttiva” del 2008, nell'indicare le più opportune strategie di intervento, al sesto capitolo, recitano testualmente: “rinforzo di parte o di tutti gli elementi resistenti, al fine di aumentarne selettivamente la resistenza, la rigidezza, la duttilità o una combinazione di esse (ponendo sempre estrema attenzione alle modifiche indotte allo schema strutturale)”; o ancora: “inserimento di nuovi elementi, compatibili con quelli esistenti, al fine di eliminare la vulnerabilità locale di alcune parti della costruzione e migliorare il funzionamento complessivo in termini di resistenza o duttilità”.

Nonostante tutto, sembra però che tali principi non sempre siano tenuti debitamente in conto all'atto di concepire e predisporre gran parte dei progetti di riparazione del danno o di miglioramento sismico di una costruzione in muratura tradizionale, anche quando essa costituisca ufficialmente parte del patrimonio culturale, ovvero ne sia stato formalmente riconosciuto l'interesse culturale ai sensi degli articoli 12 o 13 (a seconda della loro natura giuridica) del vigente “Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio”<sup>4</sup>.

Infatti, dei progetti pervenuti in Soprintendenza per l'ottenimento delle prescritte autorizzazioni, molti<sup>5</sup> pretendono di conferire agli organismi architettonici in muratura caratteristiche meccaniche che questi non possono raggiungere senza subire snaturamenti; inoltre, ancora oggi molti tendono fatalmente ad introdurre, negli organismi architettonici in muratura, elementi aventi rigidezze e pesi incompatibili con la natura e le capacità di resistenza dei manufatti in muratura ordinaria. Cordoli, solette e solai in cemento armato, in acciaio o misti, imperniature, iniezioni armate, architravi in acciaio o in travetti precompressi, cerchiature di aperture sono proprio gli interventi che, se realizzati, possono mettere in crisi gli organismi architettonici di cui ci occupiamo poiché, durante l'azione sismica, tali presunti “presidi”, possono martellare le murature fino a determinarne in molti casi il danneggiamento, il cedimento, il crollo.

Sugli effetti della giustapposizione, e/o l'introduzione, di elementi rigidi e pesanti nelle murature storiche non ci si dilungherà oltre poiché, come già precisato, non è questo il tema che in questa sede si vuol affrontare. Ci si li-

<sup>3</sup> Tali informazioni sono state rilevate direttamente dai funzionari del MiBACT nella loro funzione di rilievo dei danni sismici nell'ambito dei *Gruppi Tecnici di Supporto Ampliati*, operanti a seguito di eventi calamitosi.

<sup>4</sup> Decreto Legislativo 42/04 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 45 del 24 febbraio 2004, serie ordinaria n. 28.

<sup>5</sup> I progetti in parola sono conservati presso gli archivi della Soprintendenza e sono consultabili previa motivata e qualificata richiesta ai sensi della L. 241/90 e ss. mm. e ii.



1/ Tione degli Abruzzi (AQ), frazione di S. Maria del Ponte, chiesa di S. Maria Assunta. Il sistema di copertura realizzato negli anni 1967-68.

2/ Tione degli Abruzzi (AQ), chiesa di S. Maria Assunta, il nuovo sistema di copertura con i puntelli di sostegno, rimasti in opera.

3/ Tione degli Abruzzi (AQ), chiesa di S. Maria Assunta, uno dei pilastri che rivela gli effetti gravissimi indotti dalla moderna copertura.

miterà qui a descrivere gli effetti provocati da tale prassi di intervento, purtroppo consolidata e diffusa, con alcune fotografie (figg. 1 - 11), che descrivono, assieme alle didascalie che le accompagnano e commentano, alcuni aspetti di un fenomeno largamente studiato e ancora oggi osservabile dal vero all'Aquila, naturalmente, negli edifici non ancora restaurati.

Nella chiesa di S. Maria Assunta a Tione degli Abruzzi (AQ), nella frazione di S. Maria del Ponte, i danni sono stati prodotti da un sistema di copertura realizzato con travatura in cemento armato e solai latero-cementizi negli anni 1967-68 sull'intero complesso, formato dalla chiesa vera e propria e dall'oratorio della cappella della Misericordia, aggiunto a destra tra il Settecento e l'Ottocento. Si intuiscono facilmente (fig. 1) le proporzioni del sistema e, conseguentemente, il suo peso considerevole e la sua rigidezza. Va a questo aggiunto che tale tipologia di copertura risultava addirittura puntellata alle volte sottostanti (fig. 2). Gli effetti prodotti da tanto peso, a seguito del sisma, sono, tra l'altro, deducibili dallo stato del pilastro (fig. 3) che risulta gravemente fessurato per l'eccessiva compressione subita e lo schiacciamento accusato. Sono vistose infatti le lesioni ad andamento sub-verticale, tipiche dello schiacciamento e del cedimento per compressione su gran parte dei pilastri della chiesa. Questo tipo di danno risulta essere il più preoccupante ed il più complesso da riparare, con conseguente aggravio dei costi, dovendosi, nell'ordine, puntellare le arcate che gravano su ogni singolo pilastro, smontare il paramento in pietra conca del piedritto, restaurarlo, consolidare il sacco in muratura ordinaria costituente l'anima del pilastro e, infine, rimontare il paramento precedentemente rimosso.

Nella sede comunale di Campotosto (AQ), a seguito delle numerose scosse avvenute il 18 gennaio 2017, la posticcia torretta dell'edificio, già probabilmente indebolita dagli eventi sismici che dal 2009 senza soluzione di continuità si sono succeduti nella zona, ha ceduto rovinosamente martellata dalla retrostante trave in cemento armato ancora visibile (fig. 4).

Ancor più evidente il meccanismo di danno dell'ala sud-orientale del castello cinquecentesco dell'Aquila (fig. 5). L'ultimo piano, che ospitava la galleria d'arte contemporanea, era stato fornito di coperture in cemento armato con relativo cordolo di coronamento e, parzialmente, di solai di identica fattura. L'accostamento di materiali da costruzione con caratteristiche tanto diverse tra loro sortisce, sempre, effetti non desiderati e inattesi. Infatti, la muratura, sottoposta agli scuotimenti sismici e martellata dalla retrostante struttura in cemento armato, non è più in grado di dissipare energia in un ambito accettabile di danneggiamento, ed è stata espulsa e proiettata all'esterno.

Un altro devastante effetto prodotto dall'incauto accostamento di manufatti



rigidi a murature tradizionali si è verificato nel centro storico dell'Aquila, in piazza San Pietro, una delle più importanti della città perché "capo di quarto". Risulta evidente (fig. 6) come l'edificio in cemento armato sia stato semplicemente accostato a quello in muratura, peraltro rimaneggiato e sopraelevato. L'assenza di qualsiasi giunto strutturale tra le due costruzioni ha determinato il martellamento del fabbricato in cemento su quello in muratura. Nel palazzo Porcinari, ancora nella stessa piazza, si riscontra (fig. 7) il danno provocato ad un'angolata ed alle facciate ad essa contigue dal cordolo inserito in copertura. La facciata posta a destra nell'immagine risulta anche ruotata rispetto al suo originario piano, con un evidente principio di ribaltamento. Analoghe pericolose dinamiche sono osservabili nell'edificio situato tra le vie Angioina, Antonelli, del Falco e Amiternini ancora nel centro storico dell'Aquila (fig. 8). In questo caso, è documentata la traslazione e la contestuale rotazione del sistema di copertura irrigidito da un cordolo - rispetto ai sottostanti setti murari. L'edificio in muratura, evidentemente ben costruito e almeno parzialmente incatenato, ha sufficientemente resistito alle sollecitazioni di origine sismica, favorendo l'innescò degli spostamenti di cui si è detto. Anche nella medievale chiesa di San Domenico (fig. 9), sulla facciata orientale del transetto, risulta evidenterissimo come il cordolo in cemento armato del sistema di copertura abbia martellato la muratura determinando il forte danneggiamento.

Analogamente la situazione nella duecentesca chiesa di S. Maria di Roio (fig. 10), dove il martellamento del sistema di copertura ha provocato crolli e deformazioni nelle murature portanti. Nell'edificio posto tra via Roma, via Cop-

4/ La sede comunale di Campotosto (AQ), il crollo a seguito delle numerose scosse del 18 gennaio 2017.

5/ L'Aquila, castello cinquecentesco. Il danno accusato dalla facciata esterna dell'ala sud-orientale a causa del martellamento subito dalla retrostante struttura in cemento armato.

6/ L'Aquila, edificio in piazza San Pietro: effetti prodotti dal martellamento dell'edificio in cemento armato, di più recente costruzione.

7/ L'Aquila, palazzo Porcinari in piazza San Pietro. Il cordolo in cemento ha disgregato la muratura e spinto fuori dai piani originari le facciate, portandole al limite immediatamente precedente il crollo.



8/ L'Aquila, edificio tra via Angioina, via Antonelli, via del Falco e via Amiternini, traslazione e rotazione del sistema di copertura.

9/ L'Aquila, facciata orientale del transetto di San Domenico, effetti del cordolo in cemento armato sulla muratura.

10/ L'Aquila, angolata nord-orientale della facciata della chiesa di S. Maria di Roio.

11/ L'Aquila, edificio del centro storico, danni provocati dalla sovrapposizione del cordolo in cemento armato alla muratura sottostante.

pito, via Pretatti e viale Duca degli Abruzzi del centro storico dell'Aquila (fig. 11), è evidente come la sovrapposizione del cordolo in cemento armato, seppur "chiodato" con barre d'acciaio, alla muratura rigenerata con iniezioni di malta – sono ancora visibili i "tubuli" in gomma verde – abbia determinato, sotto l'effetto degli scuotimenti sismici, un vero e proprio sgretolamento della struttura sottostante. In questo stesso edificio, oggetto di un diffuso intervento riconducibile alle stesse errate modalità di intervento finora illustrate, sono stati ampiamente documentati gli indesiderati effetti prodotti dalla commistione di materiali di varia natura e resistenza. V'è da aggiungere che in questo caso si sia dovuto constatare anche un vistoso sovradimensionamento degli elementi in cemento armato.

## 2. Le coperture e gli orizzontamenti 'ammortizzati'

Come accennato, un edificio in muratura portante subisce danni o deformazioni persino in campo plastico, ma esenti da crolli, a condizione che non presenti vizi di costruzione e che, nel corso del tempo, non sia stato snaturato da interventi incongrui. A guardar bene, però, sulla solidità, o meglio sull'affidabilità, di un organismo architettonico in muratura e sulla manifesta tendenza che esso ha, sottoposto a sollecitazioni di natura sismica, a comportarsi seguendo modalità di deformazioni duttili, molto influiscono anche semplici ma efficienti accorgimenti costruttivi, frutto della lunga espe-



rienza a contatto con i terremoti. Qui proveremo a descriverne due, importanti sia perché i manufatti che ne sono forniti non hanno subito danni sismici rilevanti, sia perché facilmente osservabili o rilevabili, sia, infine, perché tanto semplici quanto efficienti e affidabili, raffinati e intelligenti nella concezione.

Di grande interesse, ad esempio, è il sistema di copertura ancora rilevabile su non pochi manufatti storici aquilani, ma non solo, come mostra il caso di Santa Croce a Firenze (fig. 12). Si tratta di capriate montate non direttamente sulle murature ma su supporti, su *cuscinetti* lignei che presentano la caratteristica, facilmente intuibile, di contribuire a contrastare le sollecitazioni a taglio che le travi di solai lignei o le capriate devono sopportare, offrendo considerevoli aumenti della sezione resistente proprio lì dove lo sforzo di taglio assume i valori massimi, ovvero, in prossimità degli appoggi (figg. 13-16). Ma l'esperienza sul campo ha mostrato che tali cuscinetti hanno anche la funzione di dissipatori di energia. Prima di descrivere in maniera più dettagliata il funzionamento e, quindi, la capacità di dissipazione di energia del modello strutturale in argomento, è bene analizzare lo stato delle murature che sono fornite di tale sistema per confrontarlo con quelle che ne sono sprovviste, al fine di dedurre l'efficienza del sistema attraverso l'osservazione ed il confronto dei danni.

L'opportunità ci è data dal complesso monastico aquilano dedicato a Santa Caterina da Siena che ha origine duecentesca<sup>6</sup>, più volte riadattato e rimaneggiato a seguito dei vari eventi sismici che hanno densamente segnato la storia

12/ Firenze, sistema di copertura della navata nella chiesa di S. Croce. Sono visibili gli appoggi lignei posti a sostegno delle capriate.

13/ L'Aquila, centro storico del capoluogo, palazzo Filomusi-Guelfi, angolo tra corso Vittorio Emanuele II e via del Carmine. Una bellissima capriata "articolata", perfettamente conservata, fornita di cuscinetti o "slitte": si noti l'assenza di danno nelle murature.

14/ L'Aquila, centro storico, edificio all'angolo tra via Arischia e via Arco del Capro: un altro bell'esempio di capriata montata su appoggi lignei detti in gergo anche "cuscinetti" o "slitte".

15/ L'Aquila, centro storico, palazzo Branconio-Rustici, angolo via Garibaldi, via delle Streghe: particolare del nodo cuscinetto-capriata con doppia chiodatura.

<sup>6</sup> O. ANTONINI, *Architettura religiosa aquilana*, Todi 2010, II vol., p. 395 e ss.



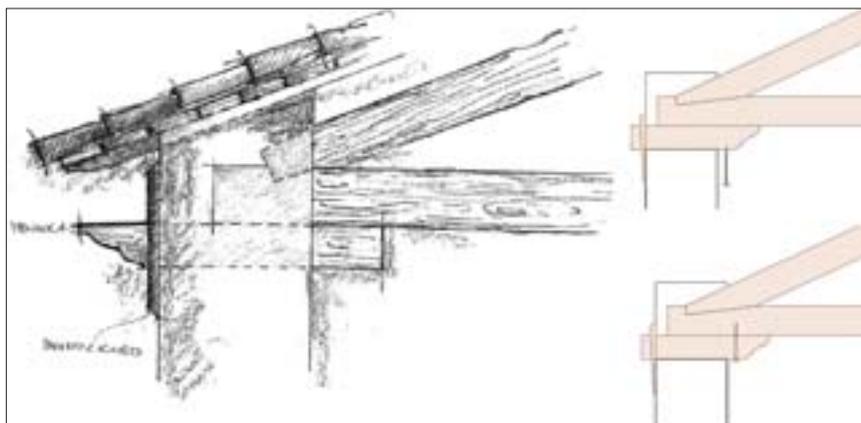
16 - Fontecchio (AQ), chiesa di S. Maria della Pace, lato destro della chiesa. Sono visibili i paletti lignei di bloccaggio delle slitte, in legno, cui sono chiodate le catene delle capriate.

17/ L'Aquila, complesso di S. Caterina da Siena, il prospetto di una delle corti interne del monastero. La freccia rossa evidenzia i paletti di ancoraggio degli appoggi lignei, cuscinetti o slitte, che sono a mediazione tra capriate e murature portanti.

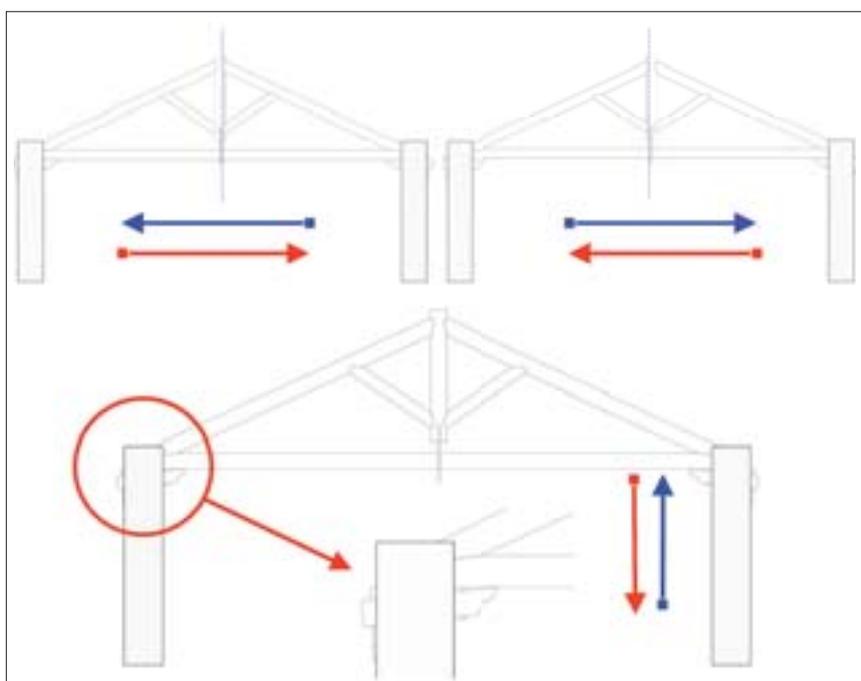
18/ L'Aquila, complesso di S. Caterina da Siena, una parte del prospetto del monastero su via Sassa. Con la freccia rossa, sono evidenziati gli stessi elementi strutturali dell'immagine precedente che testimoniano l'esistenza dei dissipatori di energia.

19/ L'Aquila, complesso di S. Caterina da Siena. Questo prospetto, al contrario dei precedenti, non presenta sotto gronda i paletti. È evidente il maggior danno subito da queste murature rispetto a quelle illustrate in precedenza.

cittadina e, inoltre, in ragione dei mutamenti delle destinazioni d'uso subiti dal complesso nel corso degli anni. Il monumento si trova nel cuore del centro storico dell'Aquila, tra le vie Sassa, Cesura e Cembalo di Colantonj e presenta, su ali diverse, due diversi sistemi di copertura: rispettivamente, con e senza *cuscinetti* di mediazione tra capriate e murature portanti. Dalla documentazione fotografica (figg. 17-19), si notano paletti lignei sotto la gronda, evidenziati con la freccia. Si tratta degli ancoraggi alle circostanti murature dei *cuscinetti*, in gergo locale detti anche *slitte*. Questi ancoraggi possono essere definiti 'duttili' perché costituiscono uno degli elementi che consentono al sistema, sotto l'azione sismica, una serie di cinematismi, spostamenti e deformazioni del modello strutturale originario, che sono a tutto vantaggio dell'integrità delle murature portanti, come si dirà in seguito. Le forti sollecitazioni di natura sismica che hanno colpito l'edificio sono state smorzate, dissipate, dall'elemento di mediazione tra capriate e murature, evitando a queste ultime di dover sopportare tensioni tali da provocarne il danneggiamento. Nel prospetto (fig. 19), invece, i paletti sottogronda mancano e, con essi i cuscinetti, quindi gli elementi capaci di dissipare energia. Le murature portanti, così, hanno dovuto assorbire i carichi trasmessi dalle coperture, amplificati dalle sollecitazioni sismiche, senza nessuna mediazione o riduzione di sorta. Il livello di danneggiamento di queste murature è manifesto e indubbiamente superiore a quello subito dalle pareti che presentano i paletti lignei sottogronda e che quindi sono fornite del sistema strutturale 'ammortizzato' di copertura conformato così come sopra descritto e raffigurato alla fig. 20.



20/ A sinistra, particolare del sistema di copertura a capriata fornito degli appoggi lignei di dissipazione delle sollecitazioni con ancoraggio (duffile) a paletto anch'esso ligneo (da M. D'Antonio, op. cit., p. 98). A destra, particolare del sistema a capriata su appoggi lignei di dissipazione con ancoraggio (duffile) a paletto anch'esso ligneo; si noti il chiodo che assicura la trasmissione (ammortizzata) delle sollecitazioni tra capriata, cuscinetto e muratura d'appoggio.



21/ La capriata su appoggi lignei di dissipazione sotto l'effetto degli scuotimenti orizzontali (in alto) e sotto l'effetto degli scuotimenti verticali (in basso).

Si ritiene utile riportare, a questo punto, schemi che descrivano sinteticamente il comportamento di tale presidio all'atto del verificarsi dell'azione sismica, sia ondulatoria che sussultoria (fig. 21). La capriata, sotto l'effetto degli scuotimenti orizzontali (fig. 21 in alto), tende ad assumere posizioni eccentriche rispetto agli altri elementi del sistema rischiando di sfilarsi dagli appoggi. È trattenuta nella posizione di partenza inizialmente dall'attrito prodotto dal peso proprio della capriata sul cuscinetto; vinto quello, viene trattenuta dall'attrito prodotto dai chiodi. Solo dopo, ed a chiodi deformati, entra eventualmente in gioco la resistenza delle murature d'appoggio attraverso l'attrito tra cuscinetti e murature stesse; in ultimo, ed al crescere e al perdurare delle sollecitazioni, i paletti lignei trattengono in posizione i cuscinetti grazie alla resistenza delle murature a cui essi sono ancorati. Sotto l'effetto degli scuotimenti verticali, invece (fig. 21 in basso), la capriata tende alternativamente a sollevarsi e a ricadere, martellando la muratura portante, ma è trattenuta nella posizione di partenza secondo le stesse dinamiche già descritte e generate dagli attriti tra i vari elementi costituenti il sistema. L'insieme di resistenze ed attriti prodotti dal sistema in fase di scuotimento sismico contrasta, smorza, attenua e ammortizza cinematismi, carichi e sollecitazioni. Alla prova dei fatti, a sisma avvenuto ed avendo l'opportunità di constatare il danno effettivamente accusato dalle strutture architettoniche a valle degli eventi sismici, appare evidente la maggiore efficienza del



22/ Caporciano (AQ), chiesa di S. Benedetto Abate, un chiodo fortemente deformato recuperato dopo i lavori seguiti al sisma.

23/ L'Aquila, centro storico, edificio tra via Roma, via Pretatti e via dello Statuario, appoggio ligneo (cuscinetto o slitta) danneggiato dal sisma del 2009. L'elemento è parte di un notevole solaio ligneo a cassettoni posto al piano terra del pregevole edificio.

sistema sopra illustrato rispetto agli altri, ovvero, a quelli sprovvisti dei cuscinetti di dissipazione di energia.

Una capriata, fornita dei *cuscinetti*, è stata smontata dalla chiesa di San Benedetto Abate di Caporciano, in provincia dell'Aquila, durante i lavori di riparazione che la interessarono nel corso del 2014-15. Essa si presentava irrimediabilmente degradata sia dagli effetti prodotti dalle acque meteoriche che l'avevano aggredita per anni e da tutti gli altri agenti esogeni - segnatamente, il gelo - presenti in zona, sia per via del dissesto del manto di copertura dovuto al sisma, manto non riparato o sostituito in tempi utili. In uno dei chiodi, estratto dal legname (fig. 22), si notano facilmente le deformazioni da esso subite e si immagina facilmente quanta energia sia stata necessaria per produrre tale deformazione e quanta, di conseguenza, ne sia stata risparmiata alla struttura portante in muratura.

Identica riflessione suscita l'osservazione del *cuscinetto* riportato alla fig. 23. Ci troviamo al pian terreno di una delle rarissime case a torre aquilane di origine due-trecentesca<sup>7</sup>, arrivate fino ai nostri giorni e sottoposta alle disposizioni di tutela fin dal lontano 1924. Si trova, anch'essa, nel centro storico dell'Aquila, tra via Roma, viale Duca degli Abruzzi, via dello Statuario e via Pretatti. In questo caso, gli scuotimenti tellurici devono aver prodotto lo sfilamento dei due chiodi che collegavano il cuscinetto all'elemento portante orizzontale, qui semplicemente una trave, verosimilmente a causa del sollevamento della stessa trave. Il successivo movimento di ritorno, che avrebbe dovuto riportare il sistema alla configurazione iniziale, deve essere stato ostacolato dai chiodi, impossibilitati a riguadagnare le sedi originarie. Nei movimenti provocati dall'azione sismica, in luogo dei fori d'alloggiamento ove rientrare, i chiodi devono aver intercettato la superficie intradossale della trave, non riuscendo così a rientrare nelle loro sedi. Il non ottimale stato di conservazione, constatato durante i lavori di restauro che ancora sono in corso di esecuzione, ha, in tale circostanza, determinato non la deformazione dei chiodi, come osservato in precedenza nel caso della chiesa di San Benedetto di Caporciano, ma la vistosa deformazione del cuscinetto: questa, tuttavia, ha salvaguardato la trave portante il solaio nonché la muratura portante da danneggiamenti e preservato così l'intera struttura dal rischio di crolli rovinosi.

Se osserviamo l'immagine (fig. 24) di un solaio ligneo del Palazzo della Ragione di Milano, notiamo come esso sia provvisto, come nella casa-torre aquilana appena osservato, di cuscinetti d'appoggio dell'orditura principale. Anche in questo caso – come si può vedere nell'esempio classico delle capriate di Santa Croce in Firenze, già richiamato – la “regola” generale, che

<sup>7</sup> E. SCONCI, *Il centro storico dell'Aquila - Struttura urbana e modelli di rappresentazione*, L'Aquila 1983, pp. 71 - 82. Sull'argomento vedi anche A. CLEMENTI, E. PIRODDI, *Le città nella storia d'Italia - L'Aquila*, Bari 1986, pp. 37- 40; e M. MORETTI, M. DANDER, *Architettura civile aquilana dal XIV al XIX secolo: catalogazione e schedatura degli edifici di rilevante interesse storico artistico nella città de L'Aquila*, L'Aquila 1974, scheda n. 19, pp. 25 e 26

<sup>8</sup> M. D'ANTONIO, *Ita terræmotus damna impedire - Note sulle tecniche antisismiche storiche in Abruzzo*, Pescara 2013, pp. 109 ss.; v. le immagini in prima di copertina e p. 98 ss.



24/ Milano, palazzo della Ragione, un solaio ligneo con cuscinetti agli appoggi delle travi costituenti l'orditura principale.

vuole simili elementi posti in prossimità degli appoggi al fine di meglio contrastare le sollecitazioni a taglio, in zona sismica trova ulteriori motivi di validità per le prestazioni che assicura e che si è provato ad illustrare.

La consistente letteratura dedicata alle tecniche costruttive in Abruzzo aveva individuato il dispositivo dei *cuscinetti*: per tutti, citiamo il recente e puntuale lavoro di Maurizio D'Antonio che, a seguito del sisma aquilano, si è occupato dell'argomento<sup>8</sup>, e la preziosa documentazione precedentemente raccolta dal gruppo di ricerca attivo presso l'Università di Chieti e Pescara<sup>9</sup> che costituisce uno studio imprescindibile per la conoscenza dell'architettura abruzzese; scritti ai quali si rimanda anche per i molti riferimenti bibliografici. Nonostante tali studi e nonostante anche la recentissima normativa antisismica già richiamata, tali efficienti sistemi sono stati non solo ignorati ma, troppo di sovente, sostituiti. Appare prioritario, ove si voglia - e come si deve per legge - innalzare il livello generale di sicurezza garantito da un organismo architettonico in muratura, soprattutto se di uso pubblico e sottoposto alle disposizioni di cui al citato Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, conservare e riproporre, laddove possibile, tali storici dispositivi anche, rimuovendo, ove esistenti, i sistemi di copertura più recenti e meno compatibili con le caratteristiche strutturali degli edifici storici in muratura portante.

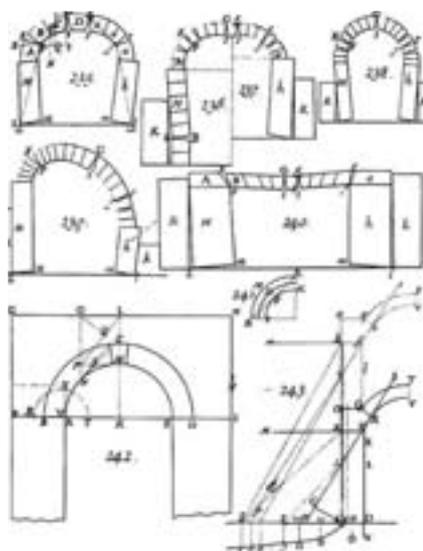
## 2. Le catene 'estensibili'

Altro presidio antisismico fondamentale di cui fornire tutti i livelli di un fabbricato in muratura è senz'altro costituito dall'inserimento di un sistema di tirantatura – ottenuto tradizionalmente attraverso la posa in opera delle cosiddette catene o tiranti, di cui più avanti si dirà – per favorire, com'è noto, il comportamento scatolare dell'organismo architettonico in muratura portante: questo significa, innanzi tutto, contrastare la possibilità che si attivino i meccanismi di ribaltamento dei setti portanti verticali e, di conseguenza, allontanare il rischio che possano avvenire dissesti o cedimenti degli orizzontamenti, sia curvi che piani.

Difatti, con l'innescarsi dei cinematismi di ribaltamento delle murature portanti, gli orizzontamenti voltati tendono a formare cerniere<sup>10</sup> (fig. 25); quelli piani tendono a sfilarsi dagli appoggi e, conseguentemente, a cedere. Il presidio offerto dalla messa in opera di un efficace sistema di incatenamento della struttura, che ne favorisca il comportamento scatolare, è quindi irrinunciabile.

<sup>8</sup> C. VARAGNOLI, *La costruzione tradizionale in Abruzzo*, Roma 2008, p. 79 e figura a p. 81.

<sup>10</sup> M. MAZZOLENI, L. JURINA, *Ponti in muratura: difetti e patologie*, in *Ponti e viadotti: ispezioni visive e tecniche di risanamento*, in atti del convegno, Consiglio Nazionale degli Ingegneri - Centro Internazionale di Aggiornamento Scientifico (Bolzano, 18-19 ottobre 2005), pp. 84-111, <http://www.cias-italia.it/PDF/93.pdf>.



25/ Schema delle deformazioni degli archi e delle strutture voltate con formazione di cerniere a causa dell'attivazione del meccanismo di ribaltamento dei setti murari portanti (da A.-F. Frézier, *Traité de stéréotomie à l'usage de l'architecture*, Strasbourg 1737-1739).

Come già evidenziato a proposito di capriate e orizzontamenti 'ammortizzati', sono stati osservati negli edifici in muratura aquilani, sempre a seguito del sisma, accorgimenti che sembrerebbero aver reso ancor più efficienti ed affidabili tali fondamentali presidi e, quel che più conta, maggiormente compatibili con le caratteristiche strutturali precipue degli edifici in muratura. Il presupposto concettuale che informa questi accorgimenti è infatti ancora quello di assecondare e non contrastare la duttilità degli organismi architettonici in muratura e, quindi, della massima parte del patrimonio culturale immobile italiano. Si tratta qui di accorgimenti che elevano considerevolmente l'efficienza e l'affidabilità dei presidi in esame, garantendo nel contempo la massima compatibilità, se non sinergia, con le caratteristiche di duttilità degli organismi architettonici in muratura. Si tratta di semplici, ma essenziali requisiti conferiti alle caratteristiche costituenti una catena, quali conformazione, dimensionamento e modalità di posa in opera.

Com'è noto, il sistema di tirantatura tradizionale di organismi architettonici in muratura si compone essenzialmente di barre metalliche cui è affidato, tra gli altri, il compito di contrastare le sollecitazioni a trazione che la muratura non è in grado di dissipare senza danno, e da organi di ritegno che si sostanziano in elementi di ancoraggio di vario tipo<sup>11</sup> alle murature delle barre stesse che altrimenti scorrerebbero senza poter svolgere il compito loro assegnato<sup>12</sup>. In realtà, anche nell'Aquilano, non sempre le catene erano metalliche: non è raro, infatti, l'uso del legno e per ovvi motivi, legati alla difficoltà di forgiare a mano barre metalliche di lunghezze anche notevoli, date le dimensioni delle costruzioni cui bisognava porle in opera, e il costo del ferro in età pre-industriale. Le catene lignee, che in sostanza consistono in lunghe travi dormienti ancorate alle murature tramite paletti in ferro posizionati alle loro estremità, hanno però il loro punto debole nel raccordo tra la trave lignea affogata nella muratura e la terminazione metallica che determina il sistema di ritenzione. Il metallo si ossida ed il legno su cui si innesta il rampone dell'ancoraggio in ferro si deteriora, perdendo le sue caratteristiche meccaniche, ovvero, la capacità di resistere alle sollecitazioni di trazione generate o amplificate dagli eventi sismici. Così la funzione di ancoraggio e ritenzione dei terminali viene meno e con essa la capacità di fungere da catena della trave affogata nella muratura, che può svolgere, a questo punto, solo il compito di dormiente, ovvero di elemento ripartitore dei carichi (figg. 26-27), e di contrasto all'azione di taglio nel piano con il solo attrito che, sotto sollecitazione sismica, esso genera con le murature in cui è inserito.

### 2.1. I paletti flessibili

Tra le tipologie di terminazioni delle catene, quelle lineari, cioè a paletto o bolzone, sono le prevalenti, se non le uniche, rilevabili sugli edifici antichi, rimaste in uso fino al secondo dopoguerra: sono inoltre quelle consigliate dalle già citate "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato"<sup>13</sup>. Su tale tipologia di organo di ritegno è inoltre più facilmente leggibile il comportamento a séguito delle sollecitazioni indotte dagli eventi sismici e, conseguentemente, risulta più agevole risalire ai principi cui hanno fatto riferimento maestranze e progettisti.

Dall'osservazione diretta dei manufatti esposti al sisma dell'Aquila, si evince come paletti e bolzoni siano dimensionati in modo tale da flettersi prima che la muratura arrivi a dover subire sollecitazioni a taglio e punzonamento maggiori di quelle sopportabili senza deformazioni o cedimenti, e prima che la catena metallica arrivi ad essere sollecitata a trazione più di quanto possa sostenere senza snervamenti<sup>14</sup>. Un esempio è quello osservato

<sup>11</sup> Gli ancoraggi sono posti alle terminazioni delle barre e possono avere varie conformazioni: a paletto, a bolzone o, più di recente, a piastra o, infine, composito.

<sup>12</sup> S. PODESTÀ, L. SCANDOLO, *Le catene metalliche nell'edilizia storica: come valutarne il contributo strutturale*, in *Ingenio. Informazione tecnica e progettuale*, 6, 2012, <https://www.ingegno-web.it/1895> (per la varietà delle conformazioni delle terminazioni delle catene v. p.3 ss.).

<sup>13</sup> Cfr. il paragrafo 6.3.2: "Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti".



all'Aquila nella chiesa collegiata di San Paolo di Barete, avente origini quanto meno riferibili all'epoca di fondazione della città<sup>15</sup>, ma profondamente trasformata dopo il sisma del 1703.

Nell'edificio (fig. 28 a e b) coesistono due distinti sistemi di incatenamento non coevi, ognuno dei quali ha caratteri propri, e che presentano all'esterno due diversi tipi di paletti: quelli flessi e dalle dimensioni maggiori sono stati inseriti dopo il sisma del 1915, poiché si distinguono anche le riprese di cemento. Appartengono a tiranti metallici che corrono a ridosso dei setti perpendicolari al prospetto qui riprodotto. Tali componenti, come si vede, presentano un alto grado di deformabilità e duttilità, giacché, come già evidenziato, a seguito dell'azione sismica si presentano flessi, deformati, ma si badi, non spezzati ed ancora in grado di sostenere ulteriori cicli di sollecitazioni. I paletti minori, con l'asola della catena lanceolata, appartengono, invece, all'incatenamento realizzato nella ricostruzione seguita al terremoto del 1703. I tiranti costituenti tale sistema di incatenamento corrono all'interno dei setti murari e, quindi, furono realizzati contemporaneamente a questi ultimi. Probabilmente, rilevato il bassissimo lavoro svolto da questi bolzoni, che non sono deformati e che non hanno lasciato tracce della loro azione sulle murature, appare ragionevole ipotizzare l'esistenza di una catena lignea e non metallica collegata a quei paletti e il manifestarsi di comportamenti derivanti dal grande limite dimostrato e insito nell'uso di legname con funzione di tirante.

Negli edifici meglio realizzati si rileva che l'inclinazione dei paletti in facciata è, come da manuale<sup>16</sup>, a 45° per catene che corrono su una faccia di un setto murario; verticale, invece, per quelle che corrono all'interno dei setti. In generale, all'Aquila l'inclinazione è sempre tale da assicurare che le ten-

26/ Tione degli Abruzzi (AQ), chiesa di S. Maria Assunta, la terminazione metallica di una catena lignea recuperata durante i lavori di restauro.

27/ Tione degli Abruzzi (AQ), chiesa di S. Maria Assunta, una catena lignea in cui è evidente l'avanzato stato di degrado che ha determinato lo sfilamento della terminazione metallica.

28 a e b/ L'Aquila, centro storico, chiesa di San Paolo di Barete: si distinguono i due diversi presidi di incatenamento non coevi tra loro.

<sup>14</sup> S. PODESTÀ, L. SCANDOLO, *op. cit.*

<sup>15</sup> O. ANTONINI, *op. cit.*, p. 355 ss.

<sup>16</sup> S. MASTRODICASA, *Dissesti statici delle strutture edilizie*, Milano 1983 (VII ed.), p. 375.

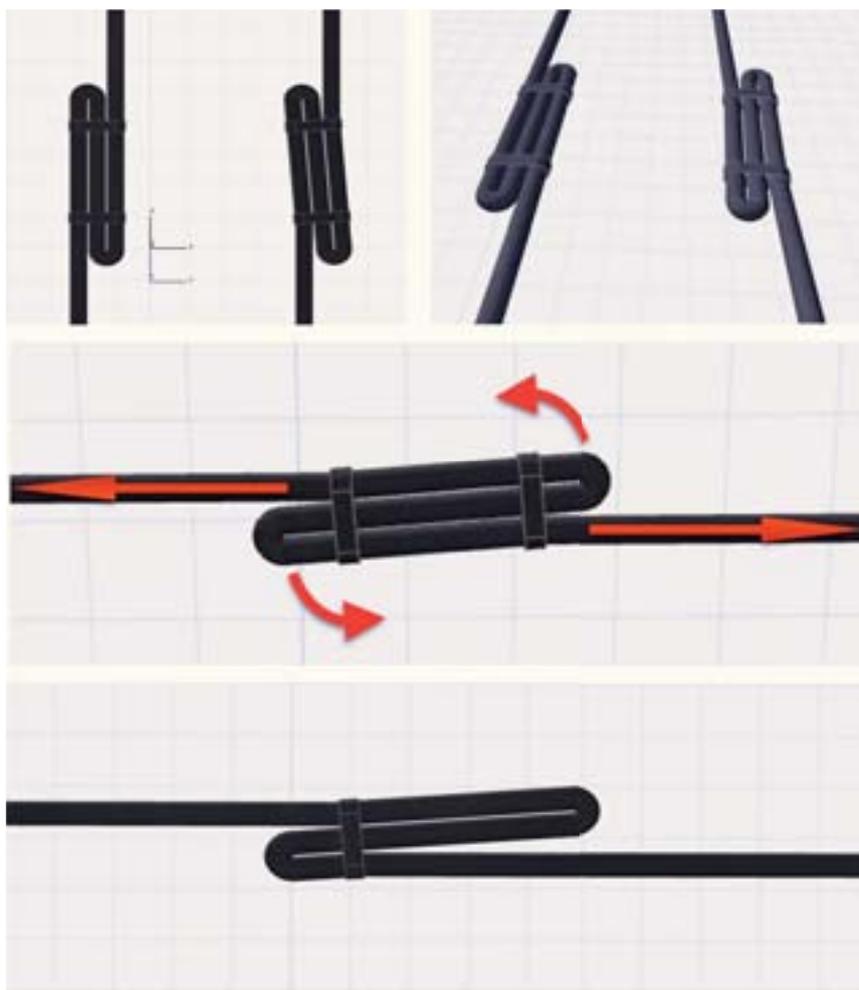
sioni trasmesse dal bolzone agiscono su settori di muratura che in proiezione contengono le tracce geometriche dei setti murari perpendicolari e/o dei solai, secondo la regola d'arte. Le catene binate, invece, cioè che corrono parallele lungo le facce opposte di uno stesso setto murario, sono sovente e più correttamente raccordate sul prospetto da un unico paletto orizzontale. Le sue dimensioni e caratteristiche devono comunque essere tali da poter assicurare le prestazioni sopra descritte. Bolzoni o paletti così concepiti sono elementi deformabili e duttili, come si evince dalle immagini. Essi sono in grado di dissipare grandi quantità di energia, a tutto vantaggio dell'integrità delle murature portanti e dei tiranti metallici di cui costituiscono le terminazioni di ritegno. La chiesa collegiata di San Paolo di Barete all'Aquila ha avuto danni notevoli, che consistono in lesioni sui setti portanti, ma ha anche dimostrato di avere un alto livello di salvaguardia sia in relazione alle opere conservate nel suo interno, sia in riferimento all'incolumità delle persone ("Stato limite di danno ai beni Artistici", SLA e Stato limite di salvaguardia della vita, SLV, entrambi definiti dalla citata "Direttiva" del 2008).

### 2.2. I nodi o "molle"

Oltre la precauzione sopra illustrata, alcuni di tali presidi di incatenamento sono dotati di un altro interessante accorgimento tecnico osservato in costruzioni in muratura che hanno superato gli eventi sismici aquilani facendo registrare un bassissimo livello di danneggiamento. Si tratta ancora di un semplice meccanismo di dissipazione di energia che consente, superata la soglia di concentrazione di sollecitazioni sopportabili dal sistema costruttivo senza danni, di far guadagnare in modo progressivo e controllato ulteriore lunghezza alla catena, elemento al quale, tra gli altri, è affidato il compito di conferire resistenza a trazione al setto murario e di favorire il comportamento scatolare dell'intero organismo. La documentazione fotografica raccolta ancora nella collegiata di San Paolo (fig. 29), ne illustra il funzionamento, fugando eventuali dubbi residui. Ci riferiamo infatti all'ipotesi secondo cui i ripiegamenti della catena vadano considerati rimedi di cantiere ad errori fatti nel dimensionamento: ma la presenza di canotti di tensionamento filettati (canaule) su di esse, nell'immagine in basso a destra (fig. 29), offre chiare indicazioni in merito.

Gli schemi riportati alla fig. 30 illustrano il funzionamento del presidio descritto. Il nodo consente l'allungamento progressivo e controllato della catena attraverso la sua rotazione intorno all'asse perpendicolare alla direzione di sforzo ed al piano di giacitura del nodo stesso. La distanza tra gli estremi della catena che si raccordano al nodo, che in posizione di riposo equivale al lato del nodo stesso, sotto sollecitazione tende a raggiungere la lunghezza della diagonale dello stesso nodo. L'allungamento massimo è, quindi, banalmente calcolabile semplicemente applicando le formule pitagoriche alle misure del nodo.

Per la sua duttilità, osservato il comportamento a seguito del sisma aquilano, questo sistema risulta essere il più adeguato alle caratteristiche costruttive degli edifici in muratura tradizionale e quello che garantisce il più alto grado di sicurezza e, in caso di inserimento in preesistenze, di miglioramento sismico. Tale osservazione risulta ancor più convincente alla luce delle seguenti riflessioni. Le fascette di contenimento o, meglio, di confinamento del nodo, sono costituite dello stesso materiale della catena e, quindi, del nodo stesso, ma risultano avere una superficie di sezione resistente, nel caso in esame, pari a meno di un terzo di quella della catena e del suo nodo. Risulta quindi facilmente intuibile come, al crescere delle sollecitazioni sismiche che sottopongono allo sforzo prevalente di trazione sia la catena che il nodo e le



29/ L'Aquila, chiesa di San Paolo di Barete. In alto, due immagini di allungamento della catena ("molla" in gergo locale). Il nodo è costituito da una doppia piega della catena metallica legata da due fasce anch'esse in ferro. In basso a sinistra, uno dei presidi di estensione della catena attivato dal sisma; in basso a destra, i canotti filettati di tensionamento delle stesse catene, distinguibili chiaramente dalle nuove per la diffusa presenza di ossido.

30/ Schema del sistema di allungamento controllato delle catene. In alto a sinistra, pianta: a sinistra prima delle sollecitazioni; a destra, dopo, a deformazione avvenuta; in alto a destra gli stessi elementi e le stesse dinamiche, in veduta prospettica. Al centro, i cinematismi rilevati e le forze agenti. In basso, il comportamento atteso del nodo o "molla": al crescere della trazione, la fascia si strappa facendo assumere al sistema la configurazione riportata.

fascette, dopo le prime deformazioni in campo elastico e poi plastico dei paletti e dei nodi, gli elementi deboli – le fascette, appunto – salterebbero, consentendo ulteriori allungamenti controllati al sistema e determinando le condizioni atte ad evitare collassi improvvisi e rovinosi. Le murature, quindi, se provviste dei presidi in parola, subiscono, in definitiva, solo ulteriori deformazioni, evitando fenomeni di cedimento di tipo fragile, quanto mai pericolosi e da evitarsi negli organismi architettonici storici in muratura portante.

Negli esempi riportati, il presidio, detto “nodo” o “molla”, è accompagnato sempre dall'altro efficiente accorgimento, già descritto in precedenza, dei paletti duttili o flessibili. Come già esplicitato, riconoscere, conservare e migliorare la duttilità dell'organismo architettonico, anche mediante l'adozione di presidi come quelli finora illustrati e senza introdurre nuove rigidità, appare decisivo, al fine del raggiungimento di un accettabile grado di sicurezza in un complesso monumentale che, non di rado, mostra anche grandi vocazioni all'uso pubblico.

## Conclusioni

Queste prime osservazioni sui presidi antisismici tradizionali ci suggeriscono l'idea che in essi abbiano trovato una sorta di applicazione *ante litteram* importanti principi che avrebbero, ma solo dopo molto tempo, informato la normativa antisismica nazionale: ci riferiamo ai concetti di “stato limite” e “gerarchia delle resistenze” che sono a fondamento concettuale delle N.T.C. 2008.

Va inoltre rimarcato in questa sede un altro aspetto, a volte trascurato, delle problematiche relative al recupero e restauro di organismi architettonici antichi che si tende a dare per scontato, ma che scontato non è, come ben sa chi pratica con continuità e da tempo i cantieri: ci si riferisce qui al fatto che risulterebbe sempre, ed al massimo grado, rispettato il criterio del minimo intervento - che dovrebbe sempre informare un progetto e un lavoro di restauro conservativo riguardante un organismo architettonico di valore culturale - laddove si proponessero interventi dedotti dalle tradizioni costruttive locali, come quelli descritti.

Di concerto, risulterebbero sempre osservati anche altri principi ordinatori della moderna disciplina dell'intervento di restauro come, ad esempio, quello della reversibilità dell'intervento, del rispetto dei caratteri, oltreché strutturali anche storici ed artistici dell'organismo architettonico su cui si interviene, della compatibilità tra i materiali e tra le prestazioni e, infine, della durabilità ed affidabilità degli interventi, dato che, tali presidi, a distanza di secoli dalla loro posa in opera, hanno dimostrato, sotto l'azione sismica, piena efficienza: mentre a pochissima distanza dagli esempi qui presi in esame, sono avvenuti crolli sia in altri edifici realizzati in muratura, evidentemente sforniti dei presidi qui descritti o indeboliti da interventi inadeguati e incongrui nel corso del tempo, sia di edifici con struttura in cemento armato.

Infine, ma non perché meno importante dei temi già affrontati in questa sede, val bene porre in evidenza come pure l'aspetto legato alla salvaguardia della salute degli operatori sia al massimo grado garantito dall'operare nel rispetto delle storiche tradizioni costruttive: evitando l'uso di resine, polimeri, premiscelati, collanti vari molto in uso al giorno d'oggi per i grossi vantaggi che essi offrono a livello economico ai produttori e agli imprenditori edili, ma che, sotto l'aspetto della qualità dell'intervento e della salute degli operatori, sono assai distanti dall'essere accettabili.