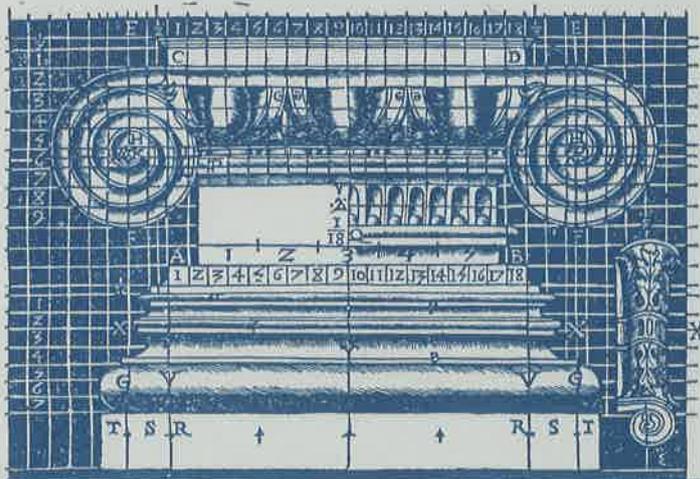


OPUS



quaderno di storia
architettura restauro

12 - 2013

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI "GABRIELE D'ANNUNZIO" - CHIETI
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA
SEZIONE PATRIMONIO ARCHITETTONICO

OPUS

QUADERNO DI STORIA DELL'ARCHITETTURA E RESTAURO

12

2013

CARSA EDIZIONI

PROPRIETÀ LETTERARIA RISERVATA

© COPYRIGHT 2014

CARSA Edizioni srl

Piazza Salvador Allende, 4 • 65128 Pescara

ISBN 978-88-501-0302-7

Finito di stampare a giugno 2014

presso Tuccillo Arti Grafiche, Afragola (Na)

Direttore

Lorenzo Bartolini Salimbeni

Comitato direttivo

Piergiacomo Bucciarelli (*Ud'A*), Carlos Cacciavillani (*Ud'A*), Mihaela Criticos (*Univ. Arch. Urban. Ion Min-cou Bucuresti*), Marcello D'Anselmo (*Ud'A*), Denis De Lucca (*Univ. Malta*), Lourdes Diego Barrado (*Univ. Europea Madrid*), Adriano Ghisetti Giavarina (*Ud'A*), Amparo Graciani García (*Univ. Sevilla*), Ascensión Hernández Martínez (*Univ. Zaragoza*), Maria Raffaella Pessolano (*Univ. Federico II Napoli*), Sandro Ranellucci (*Ud'A*), Javier Rivera Blanco (*Univ. Alcalá de Henares*), Giorgio Rocco (*Polit. Bari*), Marcello Salvatori (*Ud'A*), Tommaso Scalesse (*Ud'A*), Steven W. Semes (*Univ. of Notre Dame, U.S.A.*), Giorgio Simoncini (*Univ. La Sapienza Roma*), Luis Arnal Simón (*Univ. Nacional Autónoma México*), Claudio Varagnoli (*Ud'A*), Alberto White (*Univ. La Sapienza Roma*).

Progetto grafico e traduzioni

Lorenzo Bartolini Salimbeni

Coordinamento tecnico e impaginazione

Michele Arena

Redazione e amministrazione

Dipartimento di Architettura • Sezione Patrimonio Architettonico

Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara - Viale Pindaro 42, 65127 Pescara • tel. 085 453.7269

Pubblicazione realizzata con i fondi MIUR ex 60% • responsabile Prof. Lorenzo Bartolini Salimbeni.

“AL TENPO DE TREMUOTTI”. I DANNI SUBITI DALLE STRUTTURE VOLTATE DI ALCUNE CHIESE ABRUZZESI A SEGUITO DEGLI EVENTI SISMICI DEL 2009 E IL LORO RESTAURO

Stefano D'Avino

“A dì 22 Agosto a ore due di notte fu uno grandissimo tremuoto e seguitoro degli altri più comunali, di modo che ognuno s'uscì di casa, ed andarono per le Piazze e gli Orti per lo meglio poterono; e fessi molte Trabacche e Padiglioni e Case di legname, e spesso ne traeva de' grandi e piccoli”
(Gigli, *Diario Sanese*, 1467, p. 157).

Considerazioni preliminari

L'obiettivo della ricerca, da cui l'impostazione metodologica strettamente dipende, è fornire uno strumento di conoscenza di un sistema costruttivo che, pur nel limite imposto dalle sue molteplici varianti, si configura come una componente significativa della civiltà costruttiva regionale; analizzando le diverse tipologie di sistemi voltati che in Abruzzo hanno mantenuto una persistenza di tecniche e forme nel corso di un ampio arco temporale e, parallelamente, studiando il loro comportamento in occasione del terremoto verificatosi nel 2009 può efficacemente orientarsi sia la verifica della validità delle tecniche tradizionali di consolidamento in area sismica come pure la compatibilità fra patrimonio costruito ed interventi conservativi moderni; poiché, come da molti condiviso, “la prospettiva storica della lettura dei dissesti consente anche di riconoscere la persistenza di vulnerabilità costruttive che si ripropongono costanti nel tempo” (Fiorani, 12).

“Non può negarsi” scriveva l'architetto Antonio Pollari, incaricato dal Commissario Speciale mons. Cadolini di valutare i danni patiti ad Assisi a causa del sisma del 1832, “che la maggior parte dei fabbricati rovinosi non suscettibili di ristauo fossero anche prima della scossa del terremoto per la loro antichità in istato cattivo e fuori di linea di piombo...” (Boschi et al., 144).

Lo studio del rapporto che intercorre, nel caso dell'architettura storica, fra tecniche costruttive e comportamento delle strutture in caso di terremoto ha evidenziato il carattere di assoluta individualità ed autonomia dei meccanismi strutturali che caratterizza ogni monumento, i cui comportamenti sono il più delle volte “prive di sistematicità strutturale” (Doglioni, 276), anche in ragione di pregressi interventi

di ristauo, e che, pertanto, non possono essere assunti a “modello”.

Va altresì osservato come l'analisi abbia evidenziato una precisa correlazione fra il “modo” di manifestarsi del danno e la tecnica costruttiva che governa la struttura muraria: al crescere dei parametri relativi alla concatenazione fra gli apparecchi murari ed al miglioramento delle caratteristiche di adesione-coesione corrisponde un comportamento “a grandi blocchi”; analogamente, la diminuzione di tali parametri comporterà, in caso di evento sismico, una maggiore discretizzazione delle porzioni murarie, ridotte in lacerti che talune volte non superano la dimensione dei singoli elementi costruttivi.

L'impiego di strutture voltate, particolarmente negli ambienti ipogei, in edifici ecclesiastici abruzzesi vanta storicamente diversi casi eccellenti, a partire dal tardo Medioevo come, ad esempio, in San Clemente a Casauria, S. Maria di Ronzano e in S. Giovanni a Fossacesia, sebbene quest'area geografica abbia “sempre offerto una certa resistenza all'adozione dei grandi sistemi voltati propri del romanico e del gotico, adottando di preferenza, nelle grandi chiese, lo schema basilicale coperto a tetto derivato dalla matrice cassinata, come in S. Liberatore alla Maiella..., anche sotto l'influsso delle scelte costruttive ricorrenti nei cantieri gestiti dagli ordini mendicanti”. Ciò va presumibilmente imputato, si prosegue nell'analisi, “alla frequenza dei terremoti che ha portato a considerare la volta un sistema più rischioso e non sono rari esempi di coperture collassate non più ricostruite e addirittura riparate con travature lignee” (Varagnoli 2009, 49). Un fattore, quello della vulnerabilità sismica, sottolineato anche da Giuseppe Valadier il quale evidenziava come “la terza causa de' danni cagionati ad un edificio potrebbero essere le scosse di terremoto” (Valadier, 4: 68); evento che, d'altro canto, non può certamente essere ritenuto improbabile in Abruzzo.

Un'inversione di tendenza ed un significativo incremento nella diffusione di tali sistemi costruttivi si registra tuttavia nella prima metà del diciottesimo secolo, in occasione degli estesi rifacimenti imposti da-



Fig. 1 - Francesco di Giorgio Martini. Tavoletta di Biccherna, seconda metà XV sec. (Archivio di Stato di Siena)

gli eventi sismici che in quegli anni avevano sconvolto la regione, come in particolare quello avvenuto nel 1703. Le ricostruzioni conseguenti costituirono l'occasione per ridefinire l'articolazione delle sequenze spaziali dei grandi organismi ecclesiastici attraverso l'immissione nell'organismo originario di un linguaggio barocco coniugato attraverso l'uso di archi, volte e cupole; esempi sono, fra gli altri, nelle chiese francescane di Loreto Aprutino e Città S. Angelo, in S. Maria di Paganica e nella chiesa del Suffragio de L'Aquila.

Le tipologie costruttive

Le tipologie costruttive adottate per la realizzazione dei sistemi voltati oggetto di studio variano significativamente, dalle volte apparecchiate con conci squadrati, propriamente strutturali, compartecipati a pieno titolo del meccanismo architettonico, nei quali si manifesta il modo dello *spolium in re*, cioè "la continuazione ed allo stesso tempo l'interpretazione creativa del sapere colto e raffinato dell'antichità" (Di Nucci, 149) sino alle geometrie quasi esclusivamente formali delle false volte ad "incannucciato"; i tipi variano principalmente in ragione delle tradizioni locali e, soprattutto, dei caratteri geo-morfologici delle singole aree e sono testimoniati dalla trattatistica ottocentesca.

Fra le tipologie più diffuse del primo tipo senza dubbio vanno annoverate le volte in concrezione con scapoli lapidei, legati da malta e disposti lungo le generatrici, secondo un modo d'apparecciare che le assimila alle volte con laterizi disposti a coltello; la peculiarità di tale meccanismo consiste nella possibilità di ottenere spessori piuttosto ridotti a fronte di luci che raggiungono anche gli otto-dieci metri.

Nelle aree dove prevale la costruzione in laterizio, principalmente intorno al centro abitato di Penne le strutture voltate sono assai presenti e con una grande varietà sia nell'apparecciatura come nella loro configurazione; nella maggior parte dei casi osservati queste si presentano a botte o a crociera, con sesto pieno o moderatamente ribassato. La loro geometria non sembra, in questo ambito regionale, un elemento tale da condizionarne l'esecuzione, sebbene sia noto come nel caso di sistemi voltati la struttura formale ne determini il portato estetico ma, ancor più, ne caratterizzi e condizioni in modo significativo la capacità portante. Per contro, assai differenti, in particolare nel comportamento in caso di evento sismico, risultano le tipologie di apparecchiature rilevate: in prevalenza si registrano volte realizzate con laterizi messi in opera di coltello, con spes-

sore prevalente pari a una o due teste, disposti tradizionalmente secondo le generatrici.

La maggior parte delle architetture prese in esame presenta una copertura costituita da una volta a botte nella quale si aprono ampie lunette, come in S. Maria di Costantinopoli a Castelli, S. Francesco a Città Sant’Angelo, S. Domenico a Penne; il profilo solitamente è a sesto pieno anche se si registrano esempi di volte ribassate, come nella chiesa di S. Antonio a Pianella, risalente al XVI secolo. Gli apparecchi più diffusi sono tuttavia realizzati con laterizi disposti a coltello, presenti prevalentemente nell’area pennese e a L’Aquila, ovvero da strutture in concrezione con sottarchi.

Assai meno esteso l’uso di volte con geometria a crociera, che trovano esempio, fra le architetture oggetto di studio, solo in S. Giovanni Battista a Castelli e S. Maria delle Grazie a Caramanico, entrambe riferibili agli inizi del Seicento; il più delle volte i laterizi vengono posti in opera normalmente alle diagonali della figura geometrica da coprire cosicché l’apparecchio che costituisce la volta può essere concepito come l’unione di quattro pennacchi d’angolo collegati in corrispondenza delle generatrici mediane dove i filari diagonali formano degli incastri “a spinapesce”. Come opportunamente osservato da Varagnoli “questo sistema consente di semplificare l’apparecchio della nervatura d’angolo, dove i mattoni sono disposti perpendicolarmente allo spigolo... con il vantaggio di orientare i letti di posa dei mattoni in direzione ortogonale alle isostatiche di compressione, cioè nel modo ottimale per la trasmissione dei carichi ai punti d’appoggio” (Varagnoli 2009, 54); ottimizzazione che è risultata evidente in occasione del sisma che ha colpito la regione nel 2009.

Altro tipo di apparecchiatura assai diffuso nella regione consiste in volte a crociera realizzate con mattoni disposti parallelamente alle generatrici, sostenute da un organismo portante costituito dai due archi diagonali che impostano il loro carico su quattro pilastri d’angolo.

Accanto a queste, si osservano anche strutture costituite da laterizi apparecchiati in foglio, cioè accostati fra di loro lungo il taglio, evidente contiguità con le *bóvedas tabicadas* catalane, codificate dal Valadier come “*volte di sesta maniera*” (Valadier, 4, XVII: 4-5); queste, attribuibili perlopiù al XVIII e XIX secolo, venivano erette con un ridotto impiego di centine, o addirittura senza impalcato, risultando pertanto più leggere e di più celere esecuzione; ciò era reso possibile dall’uso, nella posa in opera, di malta di gesso la cui caratteristica precipua è quella di fare presa ra-



Fig. 2 - Loreto Aprutino. S. Francesco, interno (foto dell’A.)

Fig. 3 - Città Sant’Angelo. S. Francesco, interno (foto dell’A.)



Fig. 4 - Castelli. S. Maria di Costantinopoli, particolare della volta a botte unghiata (foto dell'A.)

Fig. 5 - Caramanico. Ruderì della chiesa di S. Maria delle Grazie, particolare dell'arco estradossato (foto dell'A.)

pidamente; altro non trascurabile vantaggio nell'adozione di tale apparecchiatura costruttiva è inoltre costituito dalla sensibile riduzione delle pressioni trasmesse ai piedritti.

Come in altre regioni d'Italia, in Abruzzo si verifica spesso l'impiego, nel caso di apparecchi voltati realizzati in foglio, di archi estradossati ad essi complanari nel lato inferiore con il fine di conseguire un comportamento, insieme, più resistente ed elastico; tipico il caso della chiesa di S. Maria delle Grazie a Caramanico.

Catalogate dal Valadier come "volte di settima maniera" sono state infine individuate delle pseudo volte, o volte in incannucciato, la cui adozione si registra principalmente a partire dalla prima metà del diciannovesimo secolo; queste "si compongono con centine, formate con tavole doppie di legno dolce, di quella forma che l'architetto avrà stabilito, con fasce, cassettoni, ecc. Ed alle quali centine principali, ben murate né muri, si attaccano le altre traverse di regoli a poca distanza; su questi poi si tessono con vinchi, ovvero si fermano con chiodi e filo di rame da un filo all'altro, le stuoje tessute a bella posta di canne spaccate, sulle quali si attacca il gesso... tanto di sopra quanto di sotto, e si dà al lavoro quel garbo e forma che si vuole" (Valadier, 4, XVII: 5). Tale sistema è stato adottato perlopiù in fabbriche che avevano precedentemente manifestato cedimenti strutturali o che inducevano a considerare tali eventi come probabili in ragione dell'eccessivo peso, o rigidità, delle volte originarie; come nel caso della volta a botte lunettata "in cameracanna", sorretta da un'intelaiatura lignea appesa alle catene della capriata, che copriva la navata della chiesa aquilana di S. Maria di Paganica, attribuibile ai restauri conseguenti al sisma del 1703.

In prevalenza riferibili agli interventi di riassetto barocco che hanno interessato gran parte del patrimonio ecclesiastico abruzzese nel corso della prima metà del Settecento sono le strutture a cupola caratterizzate perlopiù dalla presenza di una terminazione a lanterna, come, fra le altre, S. Chiara a Città Sant'Angelo, la chiesa del Suffragio a L'Aquila e S. Domenico a Penne; costituisce una curiosa eccezione la lanterna cieca della chiesa del Carmine a Pianella.

Ne risulta priva, in sostanza, solo la chiesa francescana di Loreto Aprutino; quest'ultima presenta infatti un sistema di tre cupole estradossate con rinfianco; le più esterne hanno una geometria ellittica mentre quella centrale è circolare; l'estradosso di ogni cupola è racchiuso da un tiburio poco sviluppato.

Comuni a tutte le architetture oggetto dell'analisi



Fig. 6 - Pianella. S. Antonio, interno (foto dell'A.)

Fig. 7 - Penne. S. Domenico, cupola (foto dell'A.)

Fig. 8 - Città S. Angelo. S. Chiara, cupola (2007) (foto dell'A.)

Fig. 9 - L'Aquila. La cupola della chiesa del Suffragio prima del sisma del 2009 (da: O. Antonini, *Architettura religiosa aquilana... cit.*, vol. 2, p. 148)



Figg. 10, 11, 12 - Pianella. S. Maria del Carmine, facciata, dettaglio della lanterna e del tamburo (foto dell'A.)

sono la geometria emisferica e l'adozione di un apparecchio di laterizi disposti "a coltello"; singolare la pseudo cupola in *incannucciato* della chiesa di S. Felice Martire a Poggio Picenze. Da rilevare infine come molti degli esempi osservati nel corso della ricerca presentano aperture ad oculo nel terzo inferiore.

Il meccanismo del danno

L'osservazione nel corso dei secoli degli eventi sismici e la loro testimonianza diretta ci forniscono dati per apprezzare la capacità resistente dei materiali nonché la maggiore o minore "adattabilità" all'evento sismico dei differenti meccanismi strutturali; ricerche e considerazioni che sono state successivamente codificate in trattati, capaci talvolta di suggerire metodologie applicative e sistemi resistenti innovativi (cfr. D'Avino, 1998). Nel tempo l'attenzione è migrata dalla "materia" all'azione del costruire, intesa come l'espressione della cultura di un popolo ed insieme manifestazione caratteristica di un linguaggio lentamente adattatosi e modificatosi con una sensibilità che si è formata su una conoscenza che è, appunto, maturata nei secoli; è pertanto evidente come l'esperienza derivante dall'analisi dei danni indotti in passato dai terremoti abbia favorito l'individuazione dei presidi più opportuni al fine di migliorare le qualità resistenti delle strutture e, più in generale, di quegli accorgimenti antisismici che possiamo riconoscere persino nelle architetture più antiche, per le quali certamente "non sarebbe facile documentare una consapevolezza distinta dal sintetico complesso della cultura tecnica dell'epoca (...). Le più o meno codificate norme di buona costruzione del mondo classico implicitamente contenevano [infatti] la previsione del moto sismico" (Giuffrè, 20). Pertanto, piuttosto che mirare alla redazione di manuali che predispongano più o meno precisi "modelli antisismici" sarebbe opportuno condurre al confronto i singoli modi di intervento, criticamente interpretati nelle loro premesse storico-tecniche, con una particolare attenzione alla "lettura delle tipologie strutturali, del sistema costruttivo, e dei quadri fessurativi tipici" (Carbonara, 461).

In sostanza, lo studio relativo alla vulnerabilità del patrimonio storico-architettonico in area sismica dovrà essere condotto adottando metodi semplificati, attraverso verifiche localizzate, più rispondenti alla realtà delle singole apparecchiature murarie poiché il suo comportamento dipende largamente dalla sua tecnica di costruzione; è conseguentemente indispensabile che la ricerca si fondi su una preventiva conoscenza strutturale degli edifici, sulla loro storia,

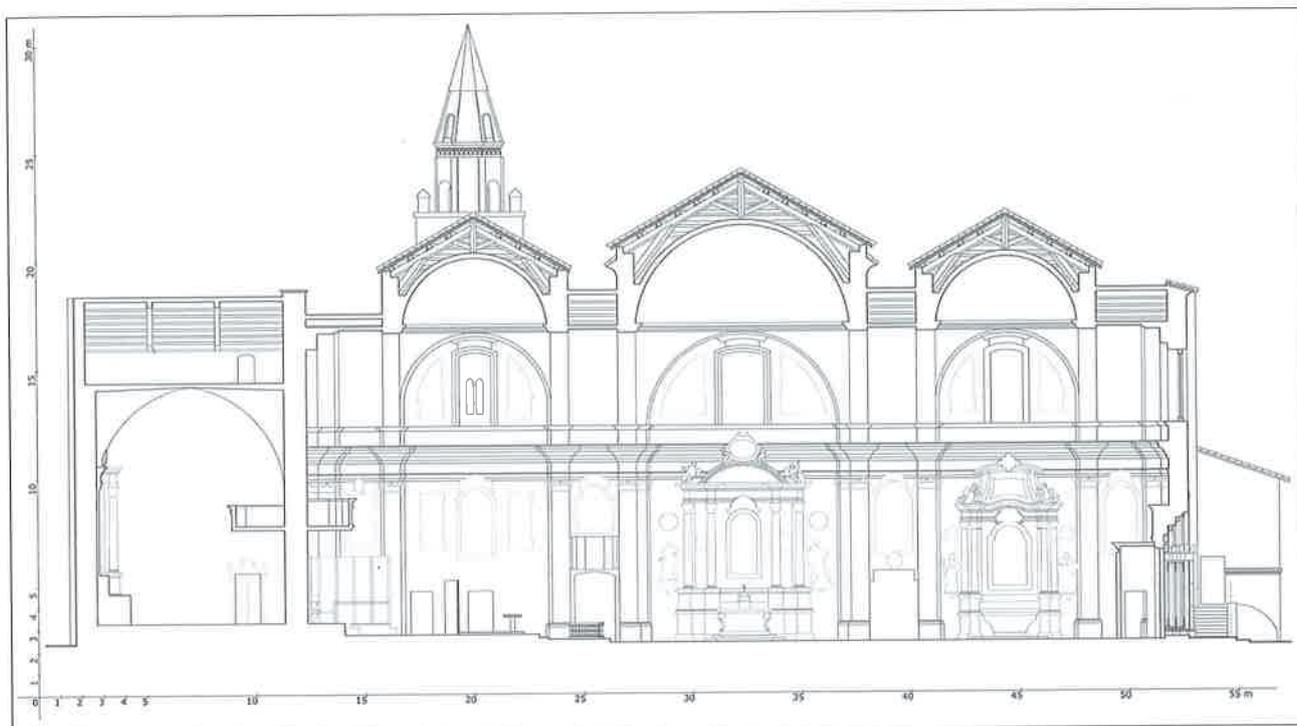


Fig. 13 - Loreto Aprutino. S. Francesco, sezione longitudinale (da tesi di laurea di R. Melizza)



Fig. 14 - Poggio Picenze. Chiesa di S. Felice martire, la pseudo cupola in incannucciato (foto dell'A.)

Fig. 15, 16 - L'Aquila. Chiesa del Suffragio (anche detta "delle Anime Sante") e dettaglio del tamburo danneggiato dal sisma del 2009 (foto dell'A.)



sull'analisi della morfologia delle sezioni murarie, sull'osservazione dei meccanismi di danni patiti nonché sull'efficacia mostrata dalle tecniche d'intervento eventualmente già utilizzate in passato; fin dal diciottesimo secolo, principalmente sulla scorta del disastroso evento sismico del 1703, sono state, appunto, elaborate e codificate tecniche di consolidamento che tenevano conto dell'azione dei terremoti.

Appare infatti evidente come la qualità del costruito abbia avuto una stretta relazione con gli effetti del terremoto: dopo il sisma che ha colpito Norcia il 22 agosto 1859 gli osservatori incaricati dalle autorità pontificie di verificare i danni rilevarono che la maggior parte delle architetture che avevano subito danni ingenti "avevano muri sottili costruiti con ciottoli di fiume, senza facce piane... per cui erano slegati l'uno dall'altro; avevano inoltre volte pesanti costruite con gli stessi ciottoli, irregolari e male innestate sui muri...; le "camere canne" erano state fatte con pesanti armature (bacchette di faggio anziché canne) e le loro irregolarità erano state coperte con pesanti intonaci...; i tetti, a padiglione senza incavallature, erano spingenti. Erano stati utilizzati cementi [leggasi: malte] di pessima qualità, fatti con calce magra e argillosa" (Boschi et al., 172).

Le numerose ricostruzioni successive ai terremoti hanno fatto largo impiego del materiale di risulta dei crolli, talvolta con l'uso di malta aerea in ragione della necessità di riedificare velocemente e con scarsi mezzi economici; talché, a fronte di ampie porzioni di muratura irregolare intonacata, l'uso della pietra squadrata era riservato a pochi elementi; inoltre il comune impiego del gesso come legante nelle malte ha reso le strutture voltate in foglio particolarmente sensibili all'umidità.

Altro elemento di vulnerabilità è risultato essere lo spessore notevole dei letti di posa di taluni apparecchi murari, espediente utilizzato con l'obiettivo di consentire l'adozione di laterizi di riuso assieme a materiali di fabbrica mentre, come ammoniva Valadier, "è da badare di più che la calce non sia troppo grossa, tanto maggiore sarà il ritiro nell'asciugarsi, e perciò negli archi e volte, deve bene battersi ogni mattono o pietra l'una contro l'altra" (Valadier, 4: 21).

Le architetture storiche abruzzesi appaiono dunque come "il prodotto di molteplici stratificazioni, perlò più impossibili da emendare sulla base di un principio di aderenza alla *regola d'arte*; ne consegue che le questioni più delicate" relative al loro comportamento in caso di evento sismico "riguardano la capacità di collaborare da parte di murature eterogenee e composite" (Fiorani, 10).

Nel corso dei secoli il ripetersi degli eventi sismici, taluni disastrosi, ha indotto alla sperimentazione di numerosi presidi antisismici, sino alla definizione di una vera e propria pratica locale. Fra i più diffusi nel territorio abruzzese sono i cosiddetti *radiciamenti*: essi consistono nell'inserimento di travi lignee, talvolta in sistema comprendente più elementi fra loro connessi attraverso giunti, disposte in fase costruttiva orizzontalmente alla sommità degli apparecchi murari o all'imposta di sistemi voltati e collegate all'estremità a piatti metallici per mezzo di chiodi con il fine di contribuire alla omogeneizzazione, dal punto di vista meccanico, di murature spesso caotiche. "L'ancoraggio che si realizza non è concentrato, se non in parte, all'estremità ma è piuttosto diffuso, grazie all'attrito che si sviluppa lungo tutto l'elemento ligneo inserito nella muratura" (Lagomarsino, 32).

Tuttavia, in molti casi, come negli incatenamenti lignei originariamente collocati nella parte sommitale degli apparecchi murari di S. Maria di Paganica a L'Aquila, la ridotta affidabilità dei radicamenti conseguente alla marcescenza del legno "fa sì che un presidio concepito per aiutare il funzionamento strutturale si trasformi nel tempo in un elemento di vulnerabilità" (Fiorani, 15).

Altro espediente adottato in quest'area geografica sulla scorta delle esperienze maturate nei secoli precedenti con il fine di amplificare la resistenza delle strutture a cupola alle sollecitazioni orizzontali consiste nell'apposizione alle reni di catenarie in travi lignee connesse fra loro a mezzo di perni, come si può osservare, ad esempio, nella chiesa del Suffragio a L'Aquila, in S. Giovanni Evangelista a Penne, o nella chiesa francescana di Loreto Aprutino.

Per ovviare ai rischi indotti dalla deperibilità propria delle strutture lignee Valadier suggeriva di "dividere la curva della volta", il profilo, "in tre parti uguali...; saranno questi i luoghi da collocarvi tre catene di ferro, proporzionate alla circonferenza della volta, e tali catene daranno alla cupola lo stato di sicurezza, segnatamente se qualche scossa di terremoto andasse ad infastidirla" (Valadier, 4: 18). Lo stesso sottolineava altresì l'attenzione da riservare alle modalità di posa di tali presidi: "Le catene nelle imposte degli archi e delle volte sono la vita delle medesime, quando li piedritti e li muri non sono abbastanza solidi... Vi è chi per non far vedere le catene, e non fare li piedritti abbastanza solidi ha praticato di mettere delle catene di ferro nascoste nella grossezza della volta medesima; ma questa sorte di catene poco o niente forzano, cedono all'urto della volta più o meno secondo la sua forma, seguendo, col piegarsi, l'an-

damento del cedimento naturale del volto medesimo, abbassando la cima ed allargando l'imposte... All'opposto la catena retta, posta circa al terzo dell'arco, per la spinta delle volte, non può mai pericolare, ma perché sia valida deve collocarsi del tutto retta tirata” (Valadier, 4: 93).

I meccanismi di danno sismico individuati nel corso della ricerca presentano alcune caratteristiche ricorrenti, pur nella specificità di ciascun manufatto; ciò induce a considerare efficace un'interpretazione del quadro lesivo per macroelementi. La perdita di stabilità delle volte è, nella maggioranza dei casi, imputabile ai forti incrementi oppure, all'opposto, all'annullamento delle azioni verticali di sollecitazione; comportamento proprio della natura prevalentemente sussultoria del sisma che ha colpito la regione nel 2009.

I meccanismi di deformazione nel piano dei sistemi voltati sottoposti a sisma sono stati favoriti dalle spinte orizzontali ingenerate dalle volte stesse, dunque dalla loro geometria, particolarmente nei casi in cui queste erano sprovviste di catene o radicamenti; ciò ha determinato un effetto di rottura a taglio nelle spalle, dove si è ingenerato un allontanamento delle imposte, con evidente deformazione, l'abbassamento in chiave e la formazione di cerniere.

L'assenza di catene trasversali ha appunto amplificato, nel corso dell'evento sismico, la differenza di rigidità fra la volta e gli apparecchi murari sui quali le stesse si impostano, ingenerando, specialmente nel caso di strutture con ampie lunette come nella chiesa domenicana di Penne, un meccanismo di distacco.

Nella maggior parte dei casi studiati al di sopra dell'estradosso della volta era posto un rinfiacco che generava un carico distribuito delle reni dove, in caso di sollecitazione sismica, si sarebbe verosimilmente determinato un innalzamento e l'innescò di un successivo meccanismo di rottura; tale carico aveva la duplice funzione di adattare l'andamento della curva delle pressioni alla geometria della volta e di incrementare l'azione di mutuo contrasto fra i conci dell'apparecchio murario. “È infatti vero” come afferma Giuffrè “che il maggior peso comporta un maggior carico sui muri d'ambito, ma anche un carico più centrato e quindi con stati tensionali meglio distribuiti” (Giuffrè, 77).

Va tuttavia posta l'attenzione sulla coerenza di tali materiali di riempimento poiché, come si è potuto osservare in S. Maria di Paganica, la sua massa, disomogenea e incoerente, ha arrecato in fase dinamica un notevole incremento delle sollecitazioni im-



Figg. 17, 18 - L'Aquila. S. Maria di Paganica, i resti della cupola e particolare dell'apparecchio murario su cui impostava la cupola (foto dell'A.)

poste alle volte ed, in sostanza, ne ha determinato il crollo.

Alcuni fra gli esempi considerati, come la chiesa di S. Domenico a Penne o S. Felice a Poggio Picenze, presentano archi trasversali di rinforzo alle volte di copertura della navata; questi costituiscono delle vere e proprie nervature che dividono il complesso strutturale in specchiature, ciascuna delle quali può essere, almeno in linea teorica, concepita e realizzata autonomamente dalle altre; tali nervature rendono, localmente, più rigida la volta, per cui, per effetto del peso proprio, questa ha subito degli abbassamenti maggiori in corrispondenza della mezzeria delle specchiature e minori in prossimità degli archi trasversali; questa differenza di comportamento, nel caso di venti significativa, ha determinato delle fessurazioni ad andamento parallelo alle nervature, aperte all'estradosso in corrispondenza degli archi e all'intradosso in corrispondenza delle campate intermedie.

Un meccanismo analogo si è riscontrato nei casi in cui la volta, all'estremità, trovava appoggio sulla controfacciata come in S. Maria di Costantinopoli a Castelli dove si sono determinate lesioni dovute proprio alla sconnessione fra le parti; la condizione ideale sarebbe, in tali casi, un saldo appoggio sulle pareti laterali ed una giunzione, sulle testate, per semplice accostamento.

Dove si è registrata la presenza di pareti piene, collocate normalmente ai piani di imposta delle volte, come nel caso di cappelle laterali, queste hanno svolto un efficace ruolo di contrasto nei confronti delle sollecitazioni sismiche; come nella norma, la deformazione da taglio si è trasferita dalle strutture voltate a queste. Ciò è avvenuto poiché la deformazione irreversibile delle volte, e quindi il loro dissesto, è attribuibile alla cattiva qualità dei piedritti; fattore che ha ingenerato proprio la rotazione degli apparecchi murari d'appoggio.

Altro elemento architettonico soggetto a forti sollecitazioni in caso di evento sismico è l'arco trionfale, realizzato quasi sempre in mattoni pieni: la vulnerabilità è in questo caso connessa il più delle volte allo spessore inadeguato ed all'assenza di catene trasversali. Le modalità di danneggiamento si sono manifestate in prevalenza con lesioni in chiave e, in molti casi, anche alle reni, per rotazione simmetrica bilaterale. In ordine alle cause determinanti tali meccanismi di lesione, particolarmente significativo è risultata l'azione verticale esercitata dal carico imposto in fase dinamica dalle cupole come in S. Chiara a Città Sant'Angelo e in S. Francesco a Loreto Aprutino.

La cupola è invece una struttura che per la sua natura geometrica ingenera spinte uniformi sul perimetro d'appoggio; superata la resistenza a trazione della muratura garantita dall'attrito fra i blocchi, si formano lesioni in corrispondenza dei meridiani. Dal punto di vista statico questa si comporta come tanti semiarchi, disposti in corrispondenza dei raggi della circonferenza di base, che si sostengono mutualmente in coincidenza del centro geometrico della volta. Conformemente a questo schema, le spinte che questa trasmette all'imposta sono diffuse su tutta la zona d'appoggio e presentano un andamento radiale, dall'interno verso l'esterno; assecondando la deformazione indotta da tali spinte, che tendono ad allargare l'anello di base, gli archi fittizi, che schematizzano appunto lo schema portante principale di una cupola, tendono ad aprirsi dando origine ad una struttura a spicchi dalle caratteristiche lesioni radiali; significativo, in tal senso, il caso della chiesa del Carmine a Pianella. Tale fenomeno si riduce sensibilmente quando l'apparecchio murario degli archi è disposto in modo che i giunti fra mattone e mattoni siano ortogonali al flusso tensionale, come nella vicina chiesa di S. Domenico; va peraltro sottolineato come in queste architetture la vulnerabilità sismica era anche derivata dalla elevata massa muraria in gioco nonché dalla intrinseca ridotta resistenza a trazione delle volte.

Nel caso della chiesa di S. Maria di Paganica a L'Aquila, infine, la cupola impostata sul transetto, sorretta da quattro grandi archi, era realizzata in laterizio con spessore a due teste; quattro ampi finestroni circolari interrompevano la continuità muraria. In corrispondenza dell'abside, questa mostrava all'estradosso alcune strutture murarie d'irrigidimento, poste ad interasse regolare con direzione normale alla generatrice. La presenza di tali elementi, pur inducendo un indubbio effetto stabilizzante per la volta, ha tuttavia determinato, nel contempo, un aggravio notevole in termini di masse in gioco.

Note conclusive

La ricognizione e lo studio delle strutture voltate delle quali si è relazionata, in tutta evidenza, posto sul terreno del giudizio critico la questione di un esercizio operativo che nel caso di un'architettura storica non può sottostare all'applicazione di una normativa tecnica specificatamente destinata alle "nuove costruzioni in area sismica" senza che se ne tradiscano i valori, negando quella sorta di "memoria storica" che è impressa nelle pietre antiche.

In sintesi, il restauro in area sismica dovrebbe piut-



Fig. 19 - Penne. S. Domenico (foto dell'A.)

Fig. 20 - Loreto Aprutino. S. Francesco, archi trasversali di rinforzo alla volta della navata (foto dell'A.)

Fig. 21 - Pianella. S. Maria del Carmine, i danni sofferti dalla cupola (foto dell'A.)

tosto tendere all'individuazione, all'interno del lessico strutturale originario della struttura, di completamenti ed aggiunte che conducano ad un miglioramento della sua efficacia antisismica operato introducendo forme di intervento in grado di interagire con l'esistente, accentuandone le risorse residue, senza eseguire alcuna sostituzione, né nella consistenza

materiale, né nella sua propria funzionalità strutturale; poiché appare evidente come le tecniche di consolidamento e i presidi antisismici eseguiti nei secoli passati, indipendentemente dalla efficacia sperimentata o no, costituiscano un insostituibile documento storico ed una principale testimonianza tecnica.

Bibliografia di riferimento

- G. VALADIER, *L'architettura pratica dettata nella scuola e cattedra dell'Insigne Accademia di San Luca dal Prof. Accademico Signor Cav. Giuseppe Valadier*, 5 voll., Roma 1828-1839.
- F. RAGUCCI, *Principi di pratica di architettura né quali si espongono un'idea di descrizione di fabbricati, otto esemplari di misure per altrettante arti diverse ed in fine un dizionario de vocaboli tecnici che presso gli artefici sono più in uso*, Napoli 1843.
- F. CAPPA, *Sul terremoto che a' 2 di febbraio rovinò l'Aquila e molti paesi d'Abruzzo*, L'Aquila 1871.
- S. BENEDETTI, *L'architettura dell'epoca barocca in Abruzzo*, Atti del XIX Congresso di Storia dell'architettura, L'Aquila 15-21/9/1975, L'Aquila 1980, pp. 275-312.
- O. ANTONINI, *Architettura religiosa aquilana*, II voll., L'Aquila 1988 e 1997.
- A. GIUFFRÉ, *Monumenti e terremoti. Aspetti statici del restauro*, Roma 1988.
- L. ZORDAN, *Tecniche costruttive dell'edilizia aquilana: tipi edilizi e apparecchiature costruttive*, in L. ZORDAN, M. CENTOFANTI, R. COLAPIETRA, C. CONFORTI, P. PROPERZI (a cura di), *L'Aquila città di piazze. Spazi urbani e tecniche costruttive*, Pescara 1992, pp. 60-159.
- L. BARTOLINI SALIMBENI, *Architettura francescana in Abruzzo dal XIII al XVIII secolo*, "I saggi di Opus", 2, 1993.
- F. DOGLIONI, A. MORETTI, V. PETRINI (a cura di), *Le chiese e il terremoto*, Trieste 1994.
- V. FURLANI, *Scalpellini, maestri ed altri fabbricatori operanti nel XVIII e XIX secolo nell'area di confine tra Abruzzo e Marche*, "Aprutium", anno XIV, 1996, n. 3, pp. 77-101.
- G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro*, Napoli 1997.
- E. BOSCHI, *I terremoti dell'Appennino umbro-marchigiano: area sud orientale dal 99 a.C. al 1984*, Roma 1998.
- L. BARTOLINI SALIMBENI, *Delle tipologie religiose nell'architettura abruzzese fra XII e XIX secolo*, in "Abruzzo" a. XXXVI-XXXVIII, 1998-2000, vol. I, pp. 205-306 e II, pp. 59-90.
- R. GIANNANTONIO, *Le chiese del Settecento abruzzese*, in *L'Abruzzo nel Settecento*, Pescara 2000, pp. 71-146.
- C. VARAGNOLI, *Lo stato dell'arte in Abruzzo*, in G. FIENGO, L. GUERRIERO (a cura di), *Atlante delle tecniche costruttive tradizionali*, Atti del I e II seminario nazionale, Napoli 2003, pp. 54-66.
- D. FIORANI, *Edifici storici, stratificazioni e danni nell'aquilano, una panoramica*, "Arkos", 20, luglio-settembre 2009, pp. 8-17.
- N. AUGENTI, A. BORRI, S. BONGI, P. BRESCIA, G. CANGI, *Chiesa di Santa Maria di Paganica*, "Arkos", 20, luglio-settembre 2009, pp. 80-87.
- C. VARAGNOLI, *Tecniche e materiali nella costruzione delle volte in Abruzzo*, in C. VARAGNOLI (a cura di), *La costruzione tradizionale in Abruzzo. Fonti materiali e tecniche costruttive dalla fine del Medioevo all'Ottocento*, Roma 2009, pp. 49-64.
- L. BILÒ, *Documenti e rilievi nella media Valle del Pescara: la costruzione delle volte*, in C. VARAGNOLI (a cura di), *La costruzione tradizionale in Abruzzo... cit.*, pp. 193-204.
- S. LAGOMARSINO, *Vulnerabilità e risposta sismica delle chiese aquilane: interpretazione del danno e considerazioni sul miglioramento strutturale*, "Arkos", 20, luglio-settembre 2009, pp. 30-37.
- A. DI NUCCI, *L'arte di costruire in Abruzzo. Tecniche murarie nel territorio della diocesi di Valva e Sulmona*, Roma 2010.