

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte

Carlo Baggio

Per una protezione civile della cultura

1. L'INSEGNAMENTO DI ANTONINO GIUFFRÈ E IL TERREMOTO IN ABRUZZO

Il sisma aquilano del 6 aprile 2009 richiama alla mente con immediatezza un terremoto storico: quello di Messina del 1908. L'Aquila, come Messina, è una città, e ciò distingue questo ultimo evento dai pur violenti terremoti italiani dell'ultimo quarantennio. Dopo un secolo viene di nuovo colpito un centro urbano. A sei mesi dal sisma, il centro storico de L'Aquila, "la zona rossa" è sostanzialmente una grande zona chiusa, interdotta a visitatori e residenti, nonostante l'ottimo lavoro di messa in sicurezza svolto dai Vigili del fuoco. Questo stato rischia di perpetuarsi per lungo tempo:

(ANSA) - L'AQUILA, 3 OTT - Ci vorranno cinque anni per liberare L'Aquila dalle macerie del terremoto di aprile, stimate in 1,5 milioni di metri cubi. È la valutazione dell'assessore comunale all'Ambiente, Alfredo Moroni, che ha indicato questo arco di tempo per 'gli interventi, che saranno definiti da percorsi, priorità e disposizioni'.

Si pensa evidentemente, in questa stima anche alle macerie derivanti da edifici che dovranno essere abbattuti.

Un violento evento sismico, per L'Aquila, non è una novità: l'ultimo sisma rilevante, nel 1703, con una intensità Mercalli IX produsse gravi danni o crolli di chiese e palazzi, e un alto numero di vittime.

Anche Messina era stata colpita da un precedente e rovinoso evento sismico di intensità Mercalli IX nel 1783 (fig. 1), i cui effetti son ben descritti da Goethe nel *Viaggio in Italia*¹:

Messina, venerdì 11 maggio [1787] ... ci ha offerto fin dai primi passi lo spettacolo più orrendo d'una città distrutta: abbiamo percorso a cavallo il tratto d'un quarto d'ora attraverso rovine e rovine prima di arrivare alla locanda, l'unica abitazione ricostruita in tutto quel quartiere, e che perciò dai balconi del piano superiore non presentava che la vista d'un deserto frastagliato di macerie. Oltre la cerchia di quella specie di masseria, non c'era ombra né di uomini né di animali: il silenzio, nella notte, era terribile [...] Dopo l'immane catastrofe che colpiva Messina e uccideva dodicimila abitanti, non era rimasto un tetto per trentamila superstiti; la maggior parte delle case era crollata; quelle che eran rimaste in piedi non offrivano, per le mura tutte lesionate, alcun rifugio sicuro; si pensò allora a costruire in fretta e in furia a nord della città, in una estesa pianura, una città di baracche, della quale potrebbe farsi un'idea chi, nella stagione della fiera, percorra il Romerberg a Francoforte o la piazza grande di Lipsia [...] In tali condizioni si vive a Messina già da tre anni. Una simile vita di baracca, di capanna e perfino di tenda influisce decisamente anche sul carattere degli abitanti. L'orrore riportato dal disastro immane e la paura che possa ripetersi.

La memoria del sisma di Messina introduce il concetto, propugnato da Antonino Giuffrè, della "regola dell'arte" neFribaltate su strada "collasso di primo modo", innescato dalla mancanza

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte

di ammorsature con le pareti ortogonali; tale collasso poteva essere prevenuto con il semplice inserimento di incatenature.

2. LA REGOLA D'ARTE

Giuffrè fu il curatore di saggi, noti con il nome di “codici di pratica”, tra i quali il codice di pratica di Ortigia² e quello sui Sassi di Matera³. In questi saggi egli si discostava dal modo corrente di valutare la pericolosità sismica: più che ricorrere alle elaborazioni probabilistiche dei sismologi, si confrontava con il “terremoto di riferimento o di scenario”, cioè con un terremoto atteso pari al sisma di maggiore intensità storicamente documentato nel sito. Egli avrebbe oggi qualche riserva nei confronti della normativa vigente che individua probabilità di occorrenza e accelerazioni di picco del moto del suolo in 10571 punti del reticolo di riferimento.

Giuffrè fu anche il sostenitore della espressione “regola dell’arte” applicata alle tipologie murarie: con il suo coordinamento furono rilevate decine di tipologie costruttive proprie di siti storici dell’Italia centro-meridionale, da Castelvetro a Città di Castello, da Viterbo a Ortigia, da Roma a Matera (fig. 2)⁴. I disegni di rilievo di queste tipologie murarie compaiono spesso nella manualistica corrente, a volte senza citazione della fonte e, più frequentemente, senza evidenziare che dietro quei rilievi c’è stata una ricerca volta a stimare la qualità meccanica dei singoli tipi rilevati. Il rilievo appare quindi un “disegno” buono per tutti gli usi e privo di significato strutturale.

Quel pensiero meccanico era passato attraverso sperimentazioni condotte nella seconda metà degli anni ’80 su modelli in piccola scala di conci assemblati a secco e sottoposti ad azioni in grado di simulare staticamente gli effetti sismici. La sperimentazione, semplice ma efficace sotto l’aspetto fenomenologico, metteva in evidenza il rapporto tra tessitura dei conci e vulnerabilità dell’elemento murario (fig. 3). Di qui Giuffrè ricavò ulteriori elementi di riflessione: a) la specializzazione delle unità in ortostati e diatoni, i primi utili alla cucitura dei paramenti e i secondi responsabili del buon comportamento nel piano della parete; b) il concetto di regola d’arte, cioè l’abilità del mastro muratore di comporre murature che tendono idealmente all’opera isodoma, con ricorsi regolari e la ricerca dei contatti tra pietra e pietra; c) la specificità dei siti storici a causa della specificità delle tecniche murarie.

A queste sperimentazioni seguirono, per tutti gli anni ’90, ricerche volte a costruire modelli teorici e computazionali atti ad analizzare gli assemblaggi sperimentati (fig. 4) e le complesse volte in

conci squadriati dei Sassi di Matera⁵. Sui rilievi delle murature dei Sassi (fig. 5) e sui modelli ideali ricavati da quei rilievi (fig. 6) vennero costruiti i modelli di calcolo, utilizzando l’analisi limite e non banali metodi computazionali autoprodotti⁶ (fig. 7).

Una porzione significativa del “codice di pratica” era dedicata al disegno di apparecchi da inserire nelle fabbriche storiche per mitigarne la vulnerabilità sismica, rispettando il materiale ed il comportamento strutturale della costruzione. Ogni apparecchio disegnato discende da una analisi meccanica, la sola in grado di stabilire quali elementi della costruzione, pareti murarie portanti, ammorsature, solai e coperture necessitano di nuovi elementi di connessione o di rifacimenti. Anche in questo caso esiste il rischio non secondario che singole tecnologie di rinforzo vengano fatte proprie dai progettisti senza ricostruire il pensiero meccanico soggiacente, facendo diventare il codice di pratica un manuale di tecniche buone per tutti gli usi e quindi di fatto inutili, quando non dannose.

Da ultimo ricordiamo che nei codici di pratica veniva posta una notevole enfasi sui meccanismi di collasso delle strutture murarie, come unico strumento di analisi ritenuto adatto all’indagine sulle costruzioni dell’era pre-elasticista. Oggi questa metodologia di analisi è ritenuta dai tecnici uno degli strumenti principali di indagine per le strutture storiche, riconosciuta nella normativa vigente e nelle linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale. Non sempre viene però ricordato che lo strumento necessita di basi teoriche e di metodi computazionali avanzati, sviluppati nelle accademie, ma non alla portata dei progettisti.

Inoltre, l’efficacia dello strumento è subordinata alla conoscenza delle fasi dello sviluppo urbano, in quanto le modalità di sviluppo e trasformazione dell’abitato sono spesso responsabili della debolezza del costruito e quindi dei suoi modi di collasso sotto sisma.

3. L’AQUILA, I DANNI, LA RICOSTRUZIONE

L’evento sismico aquilano si distingue da terremoti anche recenti per un’altra caratteristica: gli strumenti della tecnologia digitale hanno messo in breve tempo a disposizione degli interessati un gran numero di immagini dei luoghi e degli edifici prima dell’evento. Questa ricchezza in immagini disponibili in rete ha attirato l’attenzione di molti ricercatori in quanto permette confronti tra gli edifici danneggiati ed il loro stato precedente in modo estensivo, forse per la prima volta. Naturalmente l’ampia disponibilità di fotografie

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte

dipende ancora una volta dal fatto che L'Aquila era un ben noto centro urbano e non un borgo dimenticato. È così possibile affiancare la vita urbana in Piazza del Palazzo con lo stato a ventuno giorni dal disastro (fig. 8): le macerie in strada, il tetto protetto da un telone, sparuti gruppi di persone al seguito del Vigile del Fuoco che, giustamente, fa cenno di affrettarsi.

Si può anche ricostruire l'aspetto esteriore di una cellula a due piani di fianco alla chiesa in piazza S. Marciano (fig. 10); il crollo dell'angolata rende infatti già problematico per l'osservatore integrare mentalmente il rudere, senza un confronto con l'immagine precedente l'evento.

Un sisma di magnitudo Richter 5.8 può generare danni così profondi ed estesi su un tessuto edilizio in buone condizioni di conservazione? Il danneggiamento, stimato per L'Aquila città del IX grado di intensità Mercalli (MCS) in quale rapporto è con le accelerazioni di picco (a_p) del moto del suolo? Nella stazione della Rete Accelerometrica Nazionale (RAN) posta a ridosso del centro urbano sono stati registrati accelerogrammi con $a_p = 0.35g$ e a nord-ovest della città si è arrivati a valori spaventosi di 0.6 g.

Gli specialisti sostengono che la vicinanza della faglia (*near-fault*) e degli epicentri rende non sufficientemente significativa la magnitudo Richter; gli stessi specialisti sostengono che il parametro a_p è scarsamente correlato ai danni che dipendono da altri fattori come la durata dello "strong motion", cioè dei cicli di maggiore ampiezza, dall'accumularsi del danno nelle successive repliche dell'evento principale, ecc. Gli effetti di sito, dovuti al substrato e in particolar modo alle trasformazioni antropiche, fanno il resto.

Di fatto, una delle formule di correlazione tra a_p e intensità MCS proposta in anni recenti⁷ darebbe, per $I_{MCS} = IX$, accelerazioni massime intorno a 0.25 g.

In tutto questo, L'Aquila rientrava nell'elenco delle zone sismiche di II categoria.

Tutti noi tecnici abbiamo dissertato, dopo il sisma aquilano, sui meccanismi di collasso degli edifici; il lavoro di individuazione non è poi difficile, perché tali meccanismi si vedono spesso cristallizzati nel loro atto di moto incipiente e non devono essere previsti a priori, compito meno facile, come abbiamo sopra ricordato. La facciata dell'Oratorio di S. Giuseppe (fig. 9) non è andata lontana da un collasso rovinoso per ribaltamento, favorito dalla scarsa o inesistente ammorsatura con le pareti ortogonali; inoltre, il cordolo di sommità in c.a. è incompleto e non si estende alla facciata. Si potrebbe definire un consolidamento sbagliato, ma a volte le esigenze di conservazione rendono incauto anche uno strutturista esperto. Ma se il cordolo fosse stato completato? Come

più volte evidenziato i cordoli estradossali non sempre funzionano come si vorrebbe, perché troppo in alto e privi di masse superiori in grado di innescare resistenza per attrito.

Le fasce di sicurezza disposte dai vigili del fuoco sono invece alla quota giusta per prevenire il ribaltamento della parete in caso di nuove scosse.

Le incatenature spesso salvano il fabbricato ma le catene con i capichave nuovissimi non hanno salvato un edificio minore in via di S. Chiara d'Aquilani (fig. 11) peraltro edificato con murature povere, il quale dovrà probabilmente essere abbattuto.

Il sisma è stato sufficientemente violento da causare un incipiente collasso di una parete spessa almeno 40 cm e alta solo 3 metri e 20 (fig. 12); una parete con un rapporto base altezza 1/8 è considerata assai poco vulnerabile, tuttavia essa non è rovinata al suolo grazie al fatto che la sopravvivenza ad una azione dinamica pari a 0.4-0.5 g è resa possibile dall'alternarsi delle accelerazioni del suolo nei due versi; quale tecnico, pur esperto, si sarebbe a priori preoccupato di tale evenienza per quella che appare una semplice autorimessa?

La vulnerabilità del costruito è spesso stimata valutando la qualità degli orizzontamenti, ad esempio nel manuale a corredo della scheda "AeDES" di rilevamento danni utilizzata dopo il sisma aquilano⁸: le murature portanti sono considerate più vulnerabili se "legate" da solai in legno e meno vulnerabili se connesse da orizzontamenti in carpenteria metallica; questa è la tecnica standard utilizzata per le riparazioni degli edifici danneggiati dal terremoto umbro-marchigiano. Ma i solai in carpenteria metallica non sono stati sufficienti per salvare gran parte di un edificio in via Persichetti, come si nota dalle macerie accatastate nel cortile, dalle quali spuntano monconi di putrelle in acciaio (fig. 13). Appare probabile che il difetto di connessione sia più importante della tecnologia con la quale il solaio è realizzato. I solai di sostituzione non sembrano comportarsi meglio di quelli originali.

Altro elemento in discussione la qualità muraria aquilana: in alcuni lacerti murari si nota l'uso di pietre piccole e irregolari, associato alla assenza di conci di cucitura trasversale e assise irregolari (fig. 14), e frequentemente quei lacerti fanno pensare a maschi murari disgregati. Queste murature sono evidentemente di scarsa qualità: l'assenza di monoliticità trasversale, la fattura in piccoli ciottoli, l'assenza di giaciture regolari, almeno a intervalli, sono altrettante violazioni della regola dell'arte, secondo Giuffrè.

Il confronto tra la realtà della "distruzione di una città" e le spesso insufficienti valutazioni degli esperti "prima dell'evento" o "prima del

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte

prossimo evento” possono condurre ad una ricostruzione che, parafrasando Giuffrè, o non conserva o non assicura. Nei casi peggiori non assicura né conserva!

L'Aquila è stata meno sfortunata di Messina, sia in termini di vittime, sia di danno, tuttavia il centro storico dell'Aquila, sia pure non distrutto, rischia una lenta agonia, nel naturale oblio dei mezzi di comunicazione e dell'interesse del paese. I beni culturali, le chiese, i palazzi e gli altri monumenti saranno restaurati impiegando i migliori ingegneri del paese e gli enti preposti alla tutela vigileranno al fine di ottenere restauri corretti, compatibili, sicuri quanto possibile; ma chi salverà il tessuto storico minore?

In tempi di crisi economica, il contributo dello Stato potrebbe essere largamente insufficiente e apparirebbe naturale abbattere e ricostruire le strutture più gravemente danneggiate. Inoltre, come evidenziato recentemente da Stefania Cancellieri⁹, l'edilizia storica non gode di una forma di tutela diretta ed è spesso sottoposta al criterio del limite di convenienza economica.

Il controllo della compatibilità dei restauri con le caratteristiche di un aggregato storico potrebbe risultare meno incisivo e il risultato in termini di conservazione decisamente più povero.

Ma senza tessuto storico minore o con un aggregato impoverito dal punto di vista conservativo ci sarebbe un centro storico aquilano? Che significato avrebbe allora il restauro dei monumenti? Anch'essi potrebbero essere lasciati allo stato di rudere!

Il dibattito adeguamento-miglioramento tiene campo da oltre un ventennio insieme alla questione parimenti dibattuta: se le calcolazioni analitiche proprie delle costruzioni (e dei materiali) moderni siano applicabili al costruito storico. Le due questioni, seppur diverse, sono correlate:

[...] il concetto di verifica globale va assunto con un significato molto diverso da quello delle moderne costruzioni intelaiate [...] è opportuno ricercare l'eventuale tallone d'Achille della costruzione [...] la vulnerabilità sismica degli edifici storici è [...] significativamente condizionata dalla tipologia e dalla qualità delle connessioni [...] risulta spesso convenzionale o addirittura illusorio definire e quantificare il coefficiente di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche di un edificio storico [...] le metodologie di calcolo devono comunque inserirsi all'interno di approcci noti e ben consolidati nell'ambito della Scienza delle Costruzioni. Ciò per evitare i rischi derivanti da approcci empirici [...] ¹⁰.

Estrema delicatezza del tema: quantificare un coefficiente di sicurezza può essere illusorio ma gli autori del brano mettono in guardia dal rischio degli approcci empirici.

Nelle raccomandazioni dell'ICOMOS, si prospetta una sorta di riconciliazione tra analisi quantitative e qualitative:

The safety evaluation [...] needs to reconcile qualitative with quantitative analysis [...] on the base of qualitative and quantitative evaluations we can accept to improve the safety level [...] without have to respect entirely the prescription for new buildings, based on analytics controls¹¹.

In merito alle tecniche di mitigazione della vulnerabilità sismica del costruito storico ancora Antonino Giuffrè pone una distinzione tra analisi del costruito e calcolazione analitica:

Abbiamo mostrato quale procedimento conoscitivo ci porta alla possibilità di individuare puntualmente [...] i punti deboli della risposta al sisma. Procedimento che tuttavia non è dello stesso impegno della calcolazione analitica in uso nel cemento armato. Si tratta invece di una conoscenza che definisce innanzi tutto la natura storica dell'edificio attraverso la comprensione sistematica dei suoi modi costruttivi, e da questa, attraverso un'ottica meccanica esplicitamente diretta alla previsione dell'azione sismica, si derivano gli accorgimenti di mitigazione¹².

Alle parole di Giuffrè fanno eco le note di Salvatore Di Pasquale:

Di qua sorse l'idea di rinunciare alla pretesa di costringere la complessità di un edificio in muratura in un modello teorico di dubbia validità [...] mirando invece alla conoscenza delle regole e dei principi costruttivi impiegati: sono le operazioni [...] che ebbero in Nino Giuffrè un assiduo ed instancabile sostenitore [...] La lettura del costruito, per decifrarne la logica, è operazione non semplice perché occorre avere occhi capaci di leggere, cioè interpretare, e talvolta si sbaglia [...] ¹³.

Talvolta si sbaglia certo, ma intervenire sul costruito senza decifrarne la logica sembra un nonsenso. A valle della lettura, e della valutazione qualitativa, ben venga lo strumento analitico, purché sia affidabile. Di solito un progettista esperto si affida dapprima a valutazioni che potremmo chiamare qualitative, esperte, sintetiche, poi a metodi di calcolo semplici e consolidati, per trovare conferme alle sue valutazioni, ed eventualmente, se il tema lo richiede, «a modelli agli elementi finiti non lineari», magari «integrati al passo nel dominio del tempo». Quest'ultima strada sembra, al momento impercorribile, se si pensa di applicarla alla complessità delle strutture storiche e monumentali.

Si è menzionato sopra che uno degli approcci analitici di “basso livello” adatto alle strutture storiche appare lo studio dei meccanismi di collasso; i cenni che si fanno, ad esempio, nelle Linee Guida¹⁴ potrebbero però trarre qualcuno in

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte

inganno, suggerendo che si tratti di un metodo facile, alla portata di tutti. Nella figura 15 si può osservare che se si seguissero, alla lettera, i cenni sui meccanismi di collasso degli archi sottoposti a forze orizzontali di massa, si commetterebbe un errore di valutazione importante, a sfavore della sicurezza. Il calcolo corretto è stato eseguito per mezzo del codice ALMA¹⁵.

Dunque, anche per approcci analitici di basso livello, occorrerà fornire ai professionisti quelle competenze e quei metodi analitici, sviluppati nelle università, ma non di largo dominio. Il restauro dell'edilizia storica minore passerà per le mani dei piccoli o medi studi professionali aquilani e si tratta quindi non di stimolare l'eccellenza di pochi che trova naturali vie per manifestarsi, ma la competenza di molti.

L'opposizione miglioramento-adequamento deve essere discussa: le opere necessarie per l'adequamento sono spesso talmente invasive da distruggere il bene storico, ma una protezione sismica insufficiente condurrebbe, in caso di sisma, alla distruzione degli edifici causando vittime, perdite culturali ed economiche, problemi sociali. Si pone, come sostiene Giorgio Croci¹⁶, una «scelta tra danno lieve certo, e danno grave o crollo probabile». La serietà del tema richiede una più ampia consapevolezza di quella sin qui raggiunta dal dibattito culturale, tecnico e sociale. Le opere di restauro statico dovrebbero essere tali da consentire il massimo possibile di protezione con il minimo possibile di invasività, sollevando almeno in parte lo strutturista dall'assumersi responsabilità che esulano dal campo della competenza tecnica correttamente applicata.

Come si restaureranno o ricostruiranno le classiche volte aquilane di mattoni in foglio? Un ingegnere classico proporrà la vecchia cappatura estradossale di calcestruzzo armato, intervento peraltro invasivo e irreversibile, uno strutturista moderno proporrà i materiali nuovi, le fibre di carbonio o di aramide o altri; ma il rimedio dipende dalle cause: se le volte crollano per la caduta di materiale dall'alto, i rinforzi in CFRP possono poco (fig. 16). Se il collasso dipende dall'allontanarsi dei muri d'imposta, allora converrà un rinforzo degli stessi mediante tirantature incrociate come suggerito nel *Manuale del recupero di Città di Castello*¹⁷. I rinforzi in fibra potranno sopperire a difetti di coesione delle malte, ma la loro efficacia dovrebbe essere sperimentata estensivamente. Per quanto riguarda le false volte in camera canna (fig. 17), spesso cappate con notevoli spessori di intonaco, di nuovo occorrerebbe una estesa sperimentazione. Lo stesso dicasi per i metodi di consolidamento delle volte in mattoni ad una testa, ed in genere per tutte le tecniche di rinforzo diffuse ma non sufficientemente valida-

te, come le iniezioni di miscele nelle murature o gli intonaci armati, poco reversibili e terribilmente invasivi. Da un punto di vista nominalistico sarebbe opportuno, quando si tratta del costruito storico, sostituire ai termini "consolidamento" o "rinforzo" il termine "restauro statico", ancora una volta per richiamare l'attenzione degli operatori sulla specificità degli interventi.

Il dopo-sisma ha messo in luce, a mio parere, una insufficienza della "protezione civile culturale" intesa come compagine organizzata e pronta all'emergenza, allo stesso modo in cui la Protezione civile si mantiene pronta a mandare sul campo uomini, mezzi, tende. Operatori di enti pubblici, singoli professionisti e accademici si sono certamente spesi a L'Aquila nel periodo dell'emergenza per i rilievi di agibilità e per prendere atto della situazione. Gli enti preposti alla tutela, le Soprintendenze, si sono organizzate nell'emergenza per la salvaguardia dei beni tutelati, o dei beni pubblici, e come detto, ne controlleranno a medio e lungo termine la ricostruzione, ma tutto il resto, l'edilizia privata non vincolata rimane in una terra di nessuno, in qualche caso affidata a iniziative volontaristiche di pregio, ma senza una gestione centralizzata. Il dibattito culturale e accademico pur presente, stenta a trovare modelli di aggregazione, proprio sul tema del restauro statico dell'edilizia storica minore.

A questo stato di cose si può e di deve reagire, agendo sull'istruzione universitaria per i più giovani, stimolando il dibattito e l'aggregazione della cultura, coinvolgendo architetti, restauratori, strutturisti, sia nell'ambiente professionale (che necessita di aggiornamento tecnico-umanistico), sia in quello accademico e delle Soprintendenze, sia infine tra il personale degli enti territoriali.

Da ultimo, a mio parere, va avviata una estesa campagna di sperimentazione sulle tecniche di restauro strutturale tradizionali ed innovative, al fine di validarne alcune e scartarne altre.

4. CONCLUSIONI

Sono state messe in evidenza le criticità del problema "L'Aquila" e un buon numero di questioni da risolvere, tuttavia occorre ricordare che dopo il terremoto del Friuli sono stati compiuti enormi passi in avanti; tra gli altri: la produzione di cataloghi aggiornati e verificati degli eventi sismici, la pubblicazione di un numero straordinario di articoli tecnici sull'argomento della mitigazione della vulnerabilità sismica. Il mondo accademico si è impegnato su molti progetti di ricerca in accordo con la Protezione civile e si sta impegnando in questi mesi sui temi della ricostruzione. La pubblicistica specifica, i manuali

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte

del recupero, i codici di pratica, le linee guida e le normative hanno richiamato l'attenzione di una vasta platea di operatori. I professionisti che hanno operato a L'Aquila non hanno sempre sbagliato e molti edifici hanno retto, con qualche danno, un evento questo non del tutto previsto dalle normative sulla pericolosità sismica.

Si vuole in conclusione evitare un atteggiamento nichilista sostenendo che il destino de L'Aqui-

la sia ormai segnato; al contrario, quanto sopra ricordato - anche gli accenti critici - tende a suscitare discussione, anche accesa, ma corretta, e a richiamare l'attenzione dei tecnici e degli umanisti non solo oggi, ma per i prossimi 10-15 anni della ricostruzione del centro storico de L'Aquila, per indurre tutti noi a fare meglio, con l'umiltà di chi riconosce che le nostre competenze, seppur profonde, risultano, a volte, ancora insufficienti.

NOTE

¹ J. W. Goethe, *Viaggio in Italia*, ed. Milano, 1991.

² A. Giuffrè (a cura di), *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia*, Bari, 1993.

³ A. Giuffrè, C. Carocci (a cura di), *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione dei Sassi di Matera*, Matera, 1997.

⁴ C. Baggio, C. Carocci, *Valutazione della qualità meccanica delle murature*, in A. Bernardini (a cura di), *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della Vulnerabilità sismica degli Edifici ordinari*, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 2000, 175 pp. + CD Rom allegato.

⁵ C. Baggio, P. Trovalusci, *Limit Analysis for No-tension and Frictional Three-Dimensional Discrete Systems*, *Mechanics of Structures and Machines*, 26, 3, 1998, pp. 287-304.

⁶ C. Baggio, *La meccanica dei muri nei Sassi di Matera*, in *Codice di pratica per la sicurezza*, cit.

⁷ L. Decanini, C. Gavarini, F. Mollaioli, *Proposta di definizione delle relazioni tra intensità macrosismica e parametri del moto del suolo*, «L'Ingegneria Sismica in Italia», 7, 1995.

⁸ Baggio, Bernardini, Colozza, Corazza, Della Bella, Di Pasquale, Dolce, Goretti, Martinelli, Orsini, Papa, Zuccaro, *Manuale per la compilazione della scheda di I livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica* (AeDES), Dipartimento della Protezione Civile, 2002, a cura di R. De Marco, C. Eva.

⁹ S. Cancellieri, *L'aggregato urbano: problemi di rilevamento e messa in sicurezza*, Reportage dall'Abruzzo 2, Firenze 2009, abstract.

¹⁰ L. Binda, A. Borri, A. Vignoli, *Sull'Analisi della Qualità Muraria e la Modellazione della Risposta Sismica del Costruito: verso un Manuale delle Murature Storiche*, «L'Ingegneria Sismica in Italia», 2004.

¹¹ ICOMOS, *Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*, 2005.

¹² A. Giuffrè, *Vulnerabilità e conservazione nel quartiere della Graziella in Ortigia*, «L'Ingegneria Sismica in Italia», 1, 1991, p. 158.

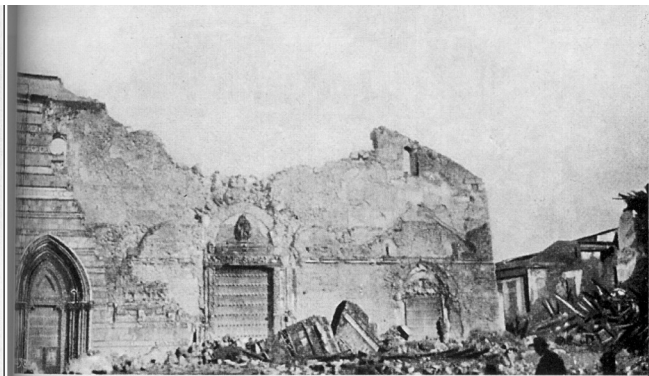
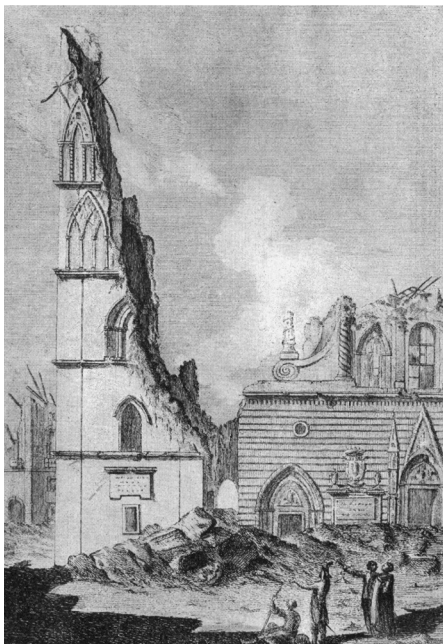
¹³ S. Di Pasquale, *Evoluzione storica degli studi e della tipologia degli interventi - Introduzione*, in AA.VV., *Trattato sul consolidamento*, Mancosu, Roma, 2003, p. B10.

¹⁴ P.C.M. Dipartimento della Protezione civile, MiBAC, *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni*, 2006.

¹⁵ Codice ALMA, *Analisi limite per murature attrittive*, by Baggio & Trovalusci.

¹⁶ G. Croci, *Miglioramento sismico e sicurezza*, Reportage dall'Abruzzo 2, Firenze 2009, abstract.

¹⁷ F. Giovanetti (a cura di), *Manuale del Recupero di Città di Castello*, Roma 1992.




1. Messina, danni alla facciata del Duomo per il sisma del 1783, a sinistra, e per il sisma del 1908; da G. Boatti, *La terra trema*, Milano, 2004.

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte

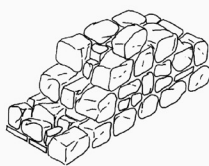
CATALOGO DELLE MURATURE STORICHE		GNDT UNIROMA3
S. ANGELO DEI LOMBARDI	MURATURA DI CIOTTOLI CON MALTA	TAV. 03

ELEMENTI




Elementi componenti:
ciottoli di fiume murati
con malta di calce,
pietrame sbozzato,
scaglie e mattoni
(ciottoli: 20*30*20 cm)

RAPPRESENTAZIONE ASSONOMETRICA

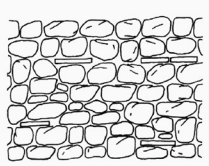


SEZIONI VERTICALI



Spessore della sezione: 65 cm.
Disposizione degli elementi nella sezione:
Sporadici elementi sbozzati realizzano l'ingranamento nella sezione

PARAMENTO ESTERNO



Sovrapposizione degli elementi nel paramento.
Il paramento è costituito da ciottoli, qualche pietra sbozzata e pochi mattoni; i filari verticali sono sfalsati
Orizzontamenti
La regolarizzazione dei filari è ottenuta per mezzo di mattoni

CATALOGO DELLE MURATURE STORICHE		GNDT UNIROMA3
S. ANGELO DEI LOMBARDI	IMMAGINI FOTOGRAFICHE	



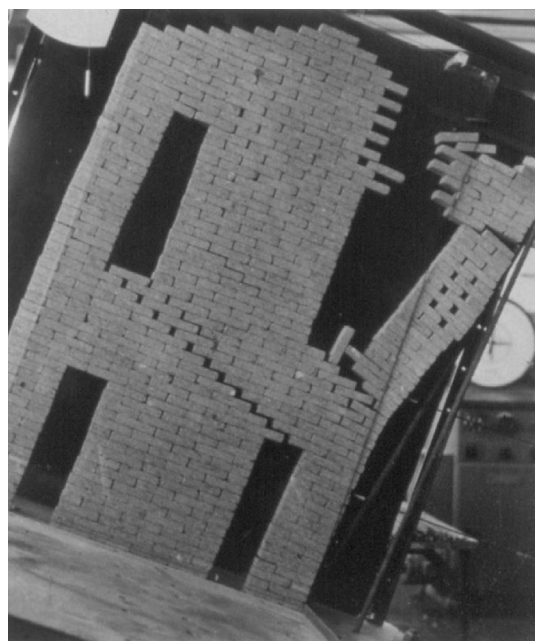
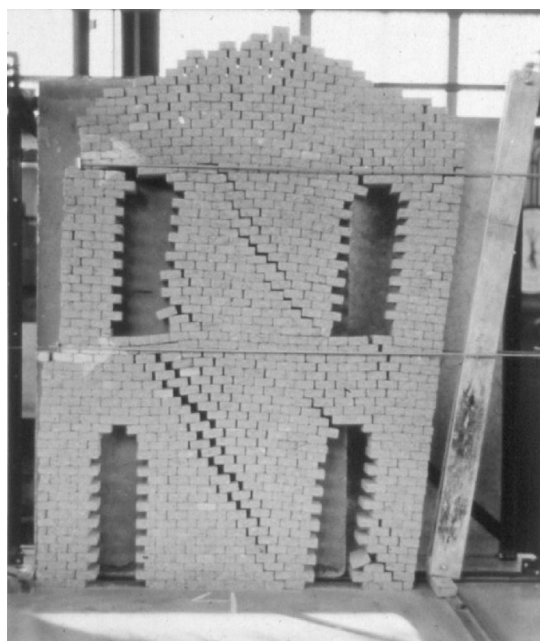
1.

Sezione in ciottolo di fiume con presenza di catene in laterizio poste a distanza reciproca costante.
2.

Sezione in ciottoli di fiume; la tessitura non presenta alcun ammassamento trasversale e il nucleo interno separa nettamente i due paramenti.
3.

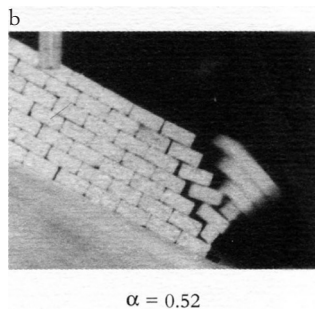
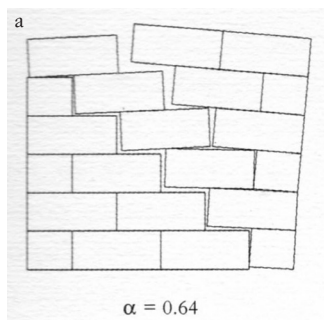
Il parziale crollo del paramento mostra la tessitura interna della sezione: le pietre squadrate esterne non sono ammassate alla parte interna in ciottoli.

2. *Rilievi di murature*, da C. Baggio, C. Carocci, Valutazione della qualità meccanica delle murature, in A. Bernardini (a cura di), La vulnerabilità degli edifici, Roma 2000.

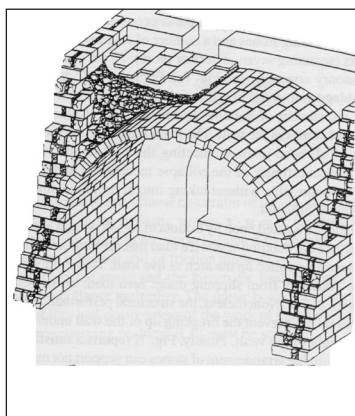


3. *Prove sperimentali in piccola scala su tessiture di conci a secco*, Laboratorio DISG, 1985.

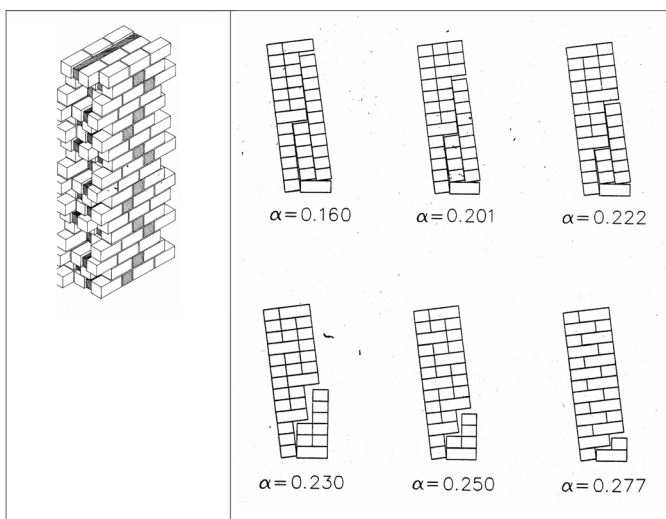
Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte



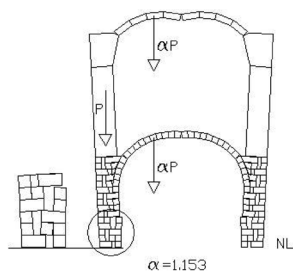
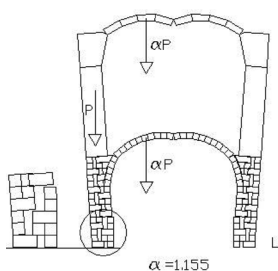
4. Confronto tra esiti sperimentali e analisi limite.



5. Rilievo di cellula dei Sassi di Matera, da A. Giuffrè, C. Carocci, Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione dei Sassi di Matera, Matera 1997.

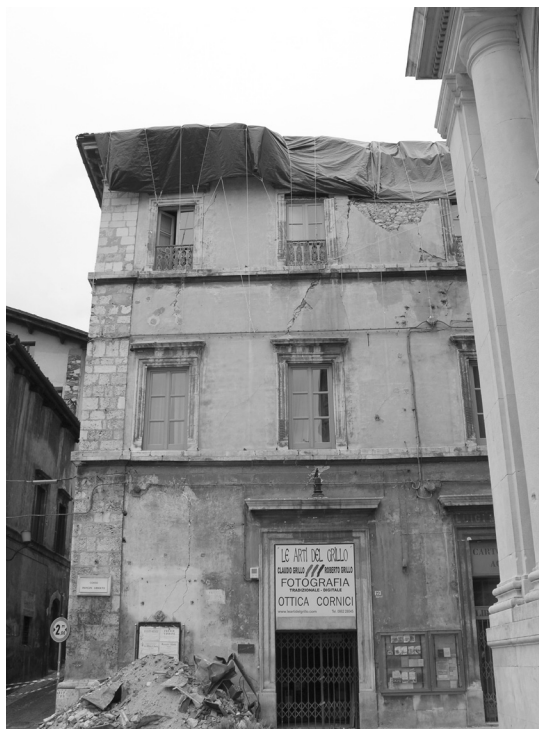


6. Modelli ideali delle murature dei Sassi, da Codice di pratica per la sicurezza, cit.



7. Analisi delle volte dei Sassi, da Codice di pratica per la sicurezza, cit.

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte



8. L'Aquila, edificio d'angolo tra Corso Principe Umberto e Piazza del Palazzo.



9. L'Aquila, Oratorio di S. Giuseppe dei Minimi in Via Roio.



10. L'Aquila, edificio a fianco della chiesa di S. Marciano prima del sisma del 6 aprile e, a destra, la stessa struttura dopo il crollo dell'angolata.

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte



11. L'Aquila, edificio gravemente danneggiato in Via S. Chiara d'Acquili.



12. L'Aquila, Via delle Baracchette: cellula muraria storica ad un piano trasformata in rimessa.

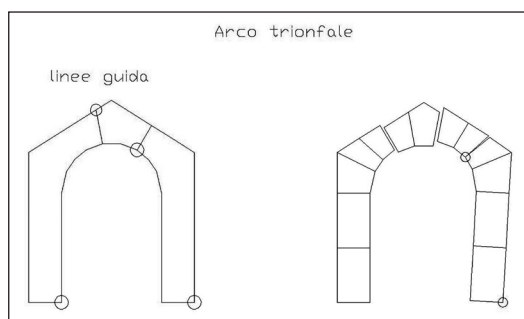


13. L'Aquila, cumuli di macerie nel cortile di un edificio in Via Persichetti.

Il restauro antisismico dei centri storici e la regola d'arte



14. L'Aquila, esempi di murature di scarsa qualità.



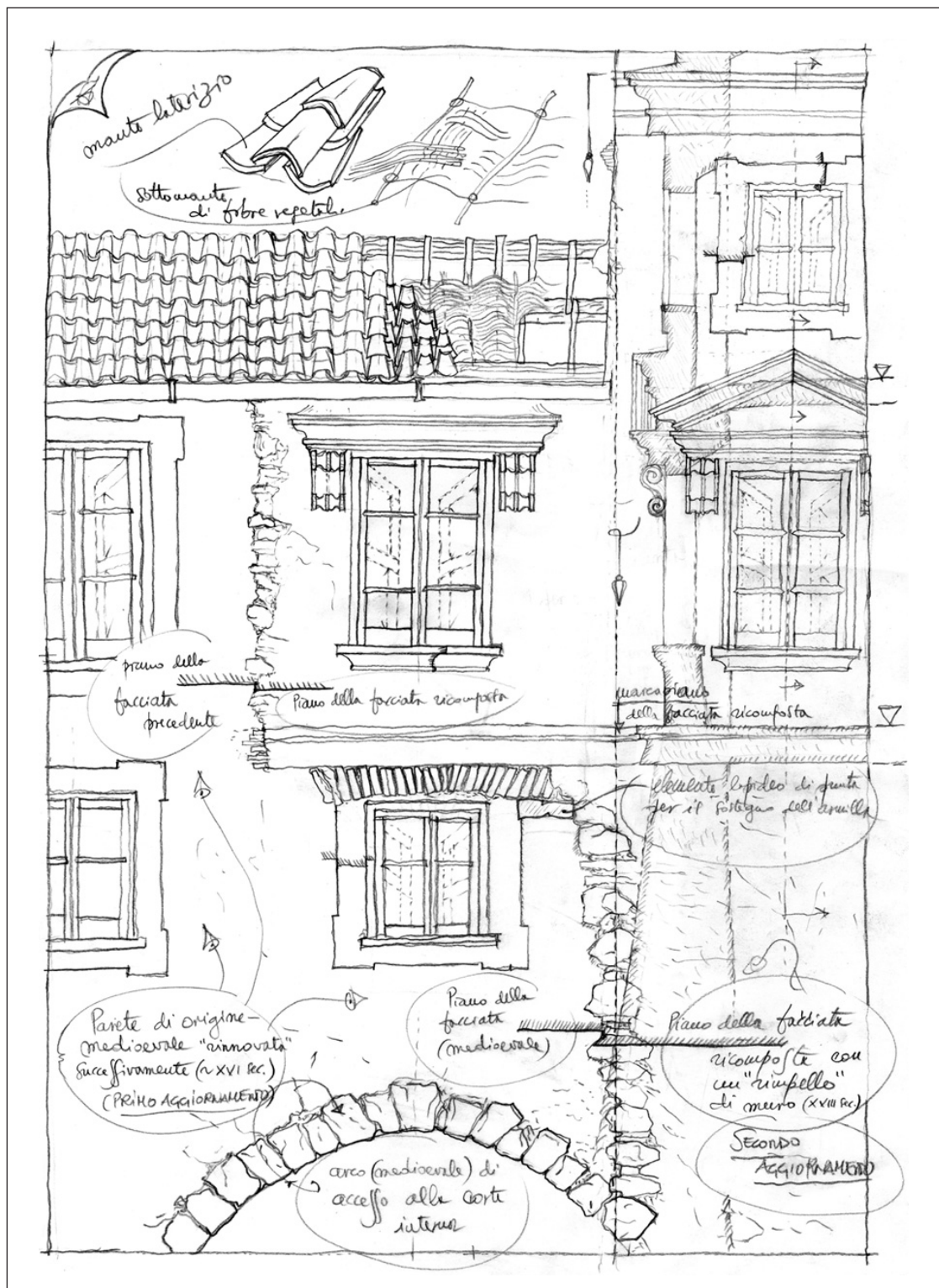
15. Meccanismo di collasso di un arco trionfale per forze di massa orizzontali.



16. L'Aquila: volta di mattoni in foglio in un edificio di Via Garibaldi, probabilmente danneggiata dalla caduta di elementi del tetto.



17. L'Aquila, volta in camera canna danneggiata in un edificio di Piazza del Palazzo.



Riconoscimento delle trasformazioni della compagine materiale degli edifici. Anagni, edifici sul Corso Vittorio Emanuele. L'edilizia medioevale subisce nei secoli XVI e XVIII alcuni interventi di aggiornamento formale dell'architettura dei fronti strada che comportano la revisione delle aperture con l'edificazione di fodere murarie di esiguo spessore. La compagine delle murature presenta una consistenza più apparente che reale essendo costituita dalla sommatoria di sottili pareti semplicemente affiancate.