

# SISMA AQUILANO: CROLLI DI MURATURE, PRONTO INTERVENTO E PROBLEMATICHE TECNICHE DI RICOSTRUZIONE.

*Angelo Di Tommaso*

LabSCo - Laboratorio di Scienza delle Costruzioni  
Unità di Ricerca CdSM – Controllo Strutture Monumentali  
Università IUAV di Venezia  
[adt@iuav.it](mailto:adt@iuav.it)

## 0) Introduzione

Il contenuto di questa sintetica relazione vuole toccare tre punti fondamentali nella problematica del sisma aquilano. Una analisi dello stato di fatto in relazione alla tipologia frequente della muratura. Una valutazione sulla evoluzione dei sistemi di pronto intervento per la salvaguardia dei beni architettonici post-sisma ed infine una riflessione sul cosa fare per la ricostruzione.

## 1) Murature tipiche aquilane e meccanismi di crollo

In un grandissimo numero di casi osservati dallo scrivente la muratura degli edifici del centro storico aquilano, ivi compresi gli edifici monumentali di culto, è costituito da murature così composte:

conci di pietra locale non squadrata, a volte con presenza di giunti orizzontali regolarizzanti ma con spessore dei corsi variabile. Ossia i giunti orizzontali si distanziano tra loro in modo non costante. Spesso le malte sono inconsistenti per scarso legante. Rara è la presenza di diatoni e l'apparecchio murario si sostanzia di due "foglie parallele" nel senso che le due facce del muro mostrano conci con la faccia sul piano esterno del paramento, da entrambi i lati, ma sussistono discontinuità verticali all'interno del muro. Non si tratta di "muratura a sacco" ma a "doppia foglia".

Perché questo apparecchio si è andato affermando nel tempo così da rappresentare "la muratura storica aquilana" ? In realtà le maestranze disponevano del materiale lapideo locale, di buona resistenza e soprattutto facilmente lavorabile allo "spacco". I conci venivano quindi non di dimensione ripetibile, con spigoli vivi non sempre ad andamento rettilineo. In realtà le maestranze dovevano presentare alla committenza le due facce parallele del muro: la irregolarità dei conci implicava spessori di malta variabili.

Questo tipo di muratura ha sostanzialmente edificato edifici importanti e monumenti di culto, anche quando le murature snelle realizzate rendevano estremamente vulnerabile lo stesso paramento murario.

I meccanismi di collasso evidenziati dal recente sisma si differenziano da quelli standard osservati su murature compatte di mattoni, presentatisi nei recenti sismi dell'Umbria e Marche. Per le azioni ortogonali al paramento oltre ai meccanismi flessionali, pur sempre presenti, si aggiunge il meccanismo di *de-foliazione* ossia una delle due foglie si distacca poi ribaltandosi. L'assenza di diatoni facilita questo meccanismo anche perché la energia di frattura dissipata è molto bassa in quanto le nuove superfici che si producono richiedono lo spacco nella malta: l'energia di frattura della malta è molto bassa in generale, nello specifico per quel tipo di malte aquilane molto molto

bassa. Da questo meccanismo se ne generano altri tipici susseguenti alla prima attivazione di defoliazione.

I meccanismi di collasso nel piano del paramento sono anch'essi ibridi nel senso che la defoliazione si attiva assieme alla cesura ortogonale al piano murario.

Questo stato della muratura di estrema vulnerabilità coesiste in tanti casi con azioni spingenti dei tetti lignei, spesso di conformazione caotica. Questo fatto ha generato altri collassi tipici originatisi nella parte alta dell'edificio.

Questa muratura storica aquilana, nelle operazioni di restauro dell'ultimo decennio ha risentito del clima culturale dominante: minimo o nullo intervento strutturale, massimo impegno nella evidenziazione dei tessuti murari, ripuliti e lisciati, uso di malte "storiche"...

Sono molteplici i casi di lavori di restauro appena ultimati o in atto al tempo del sisma. Nella facciata della chiesa di S.Biagio all'Aquila la parte inferiore riporta un nuovo intonaco "*antico*", nella parte alta la muratura a faccia vista ripulita e lisciata. Peccato che la vulnerabilità tipica di questo impianto architettonico, accentuata da un tetto appesantito da spessoramenti vari martellanti, abbia determinato il meccanismo di ribaltamento del timpano.

Tale meccanismo è tristemente noto sin dal sisma del Friuli, ma la finalità estetica è stata l'unica perseguita nell'intervento. Il restauro ultimato qualche mese prima del sisma non ha ridotto quindi la vulnerabilità dissipando risorse economiche senza salvaguardare il bene.

Molto significativi e ricorrenti i meccanismi di defoliazione del paramento curvo absidale. Nelle strutture murarie compatte di mattoni è invece ricorrente la fessurazione verticale dell'abside che tende ad aprirsi.

Nel passato meno recente, negli anni '80 - '90 l'interventismo strutturale era abbastanza attivo.

Un caso tipico: la torre campanaria della chiesa di S.Pietro da Coppito (L'Aquila) era stata irrigidita da cordolature in calcestruzzo armato, in altre parole la cella campanaria era stata resa rigida sul fusto della torre in spessa muratura a foglie multiple. Ebbene il fenomeno di defoliazione della sommità del fusto ha fatto perdere la planarità dell'appoggio della cella campanaria che è scivolata al suolo. L'intervento con il calcestruzzo armato senza legare "le foglie" della muratura sottostante non ha dato buoni risultati. Questa evenienza da forza al partito dei non interventisti e contrari al calcestruzzo armato, partito ora dominante.

## **2) Pronto intervento di salvaguardia**

Una pagina nuova è stata scritta nella storia evolutiva dei pronti interventi di salvaguardia dei beni architettonici danneggiati, nella fase post-sisma. Tre sono le "driving forces" che hanno determinato questo notevole avanzamento:

- a) disponibilità di nuovi ed efficienti materiali di intervento,
- b) disponibilità di nuovi ed efficienti mezzi meccanici

c) esperienze acquisite in precedenti sismi dalle maestranze, individuabili essenzialmente nel corpo dei vigili del fuoco.

I sistemi tradizionali di pronto intervento si basavano sul concetto del **“puntello”**: i più antichi sistemi di puntellamento usarono il **“barbacane”**, ossia qualcosa di non dissimile dall’arco rampante, in muratura e ben fondato. Il sistema si oppone al ribaltamento delle pareti ed anche sviluppa azioni di sostentamento. Gli svantaggi sono: il tempo di costruzione, l’ingombro e l’aumento delle masse che il sisma può attivare. Lo stesso concetto del **“puntello”** si è realizzato in legno, riducendo i tempi di esecuzione ed i pesi. La variante di questo sistema è quella della realizzazione del puntello con strutture reticolari di tubi che generalmente si usano per i ponteggi: in questo caso il processo costruttivo è **“industrializzato”**. Restano gli svantaggi dell’ingombro e del costo della attrezzatura immobilizzata. Nel caso dell’Aquila si sono visti molti puntelli in legname e qualche puntello in tubi metallici, alcuni di questi ultimi di notevoli dimensioni. Strutturalmente questa costruzione provvisoria è per la maggior parte compressa con tutte le problematiche costruttive annesse: nodi e aste in carico di punta.

Un sistema concettualmente diverso è il **“contrasto”**: esso non sempre è possibile poiché necessita in genere di altra costruzione in grado di ricevere la spinta. Giuridicamente più complesso, difficilmente attuabile nei casi di terremoti che danneggiano diffusamente il patrimonio edilizio. Comunque esso è realizzabile con struttura di legname o con tubi in ferro.

La vera novità di questo terremoto è stata la diffusione del sistema di **“cinturazione”**.

In questo caso la struttura di salvaguardia è in trazione e si richiude in se stessa. Essa fa uso di **cinghie**, quelle generalmente in uso nei porti per movimentazione di grossi carichi: la messa in tensione avviene con semplici dispositivi a cremagliera (cricchetti). In questo caso il **“lay-out”** deve essere sapientemente studiato, evitando tratti lunghi senza svii, interponendo ripartitori (generalmente lignei). I materiali delle cinghie sono polimerici a grande efficienza per rapporto resistenza/peso.

La applicazione si avvale di mezzi meccanici a grande sbraccio ed elevazione. Il sistema è rapido, economico, efficiente (leggero e resistentissimo), non invasivo, facilmente adattabile a nuove esigenze.

Per completezza bisogna annoverare i sistemi a **“gabbia”** nei quali con una struttura alquanto complessa la costruzione viene avviluppata ed i ritegni sono principalmente chiusi in se stessi, anche se si avvalgono anche di puntelli e controventi. I materiali utilizzati sono legno ed acciaio o solo acciaio.

### **3) Problematiche tecniche nella ricostruzione**

Negli anni ‘80 –’90 la cultura del restauro era più incline all’intervento di rafforzamento nelle zone a rischio sismico: in genere sono state usate tecniche che facevano largo uso del calcestruzzo armato ed anche delle protesi in acciaio. Successivamente nell’ultimo decennio la cultura del restauratore ha dirottato sul non interventismo. In realtà **“il cordolo in cemento armato”** non ha dato i risultati attesi. Perché? Lo scrivente ritiene che il sostenere che l’aumento di peso è il punto sfavorevole non è da accettare in toto: infatti il peso specifico del calcestruzzo armato può essere

del 10-15% superiore a quello della muratura di pietrame: se esso calcestruzzo sostituisce la muratura l'aggravio di peso è modesto.

La rigidità in fase di primo caricamento non è altrettanto dissimile da quella della muratura, però superando la fase iniziale e considerando il comportamento in fase di collasso la differenza si accentua e sostanzia la differenza fra calcestruzzo armato e muratura. L'energia di frattura per spezzare il legame di continuità del calcestruzzo armato può essere anche 100 volte quella relativa alla muratura. Pertanto quando l'energia vibrazionale trasmessa dal terremoto si abbatte sulla zona mista muratura/cordolo in calcestruzzo armato trova subito sfogo nella muratura: ciò induce a valutare la muratura come indebolita. In definitiva si può affermare che un cordolo di piccola dimensione, se sovrapposto ad muratura sana e/o rafforzata può avere effetti positivi.

Comunque la problematica non è risolvibile con affermazioni generalizzate senza una seppur non facile analisi approfondita. Il caso già evidenziato del campanile di S. Pietro da Coppito non gioca a favore della soluzione che ha voluto irrigidire la sommità della torre. Né sono di conforto altre visioni di meccanismi di collasso in cui si vede il cordolo penzolante su brandelli di muratura crollata.

A proposito di interventi "pesanti" con calcestruzzo armato, riporto qui il caso di un campanile di una chiesa in provincia di Teramo. Piuttosto lontano dall'epicentro il campanile ha vibrato notevolmente anche a detta di testimoni: apparentemente la muratura non mostrava danni.

In realtà in anni passati il campanile aveva ricevuto un rafforzamento generalizzato con camicia interna in calcestruzzo armato e finta muratura all'esterno, nel senso che i conci erano solidali col getto di calcestruzzo. Il campanile ha funzionato bene. Ciò porta vantaggio alla tesi che i rinforzi localizzati di calcestruzzo armato sono negativi mentre su quelli diffusi e generalizzati le cose vanno meglio.

Allora che fare?

I cordoli in sommità non s'han da fare, le ricostruzioni intere in calcestruzzo con falsa muratura non s'han da fare! Allora che fare? Come ulteriore informazione sul campanile di cui sopra bisogna dire che esso è in continuità strutturale con la chiesa: il danno si è palesato sul muro della chiesa in continuità col campanile: questo avvalorava la semplice nozione che rafforzando una parte della costruzione si mutano i meccanismi di collasso che si trasferiscono sulle parti ove si giunge al collasso con minore energia di frattura dissipata: in questo caso si sono trasferiti nella muratura contigua al campanile il quale era foderato di calcestruzzo armato. Il concetto non è dissimile da quello analizzato per il cordolo in cemento armato in sommità alla muratura di un edificio.

Ora siamo di fronte alle esigenze di una ricostruzione e non di una conservazione: perché la società rinvoca il bene (parlo di edifici monumentali per il culto) e non si accontenta di conservare il rudere. Ricostruire le parti mancanti, le parti crollate ! Rifarle come erano con le pietre locali non squadrate e la malta di calce con sistema a "due foglie" ? La razionalità si oppone a questa posizione culturale tecnica. I muri di molti monumenti sono molto snelli, non ben controventati, non bene ammorsati.

I **materiali compositi** sono stati ormai da tempo utilizzati per il rinforzo strutturale, spesso in zona sismica, di edifici storici. Ma anche nelle "ricostruzioni" l'uso dei compositi ha avuto le sue applicazioni di rilievo.

Nei rinforzi i primi interventi in assoluto furono fatti con gli **FRP** (Fiber Reinforced Polymers) sulle cupole della cattedrale di Città di Castello nel 1996, successivamente in tante altre chiese italiane fra cui un intervento alle grandi volte a crociera della Basilica di S. Petronio a Bologna nel 2000. Sempre gli FRP furono impiegati nel rinforzo e parziale ricostruzione delle volte (dopo il sisma) della basilica di S. Francesco di Assisi.

Una evoluzione dei compositi, più adatta alle murature storiche, è costituita dagli **FRCM** (Fiber Reinforced Cementitious Matrix). Oltre che per rinforzi strutturali questi materiali sono stati impegnati nella “ricostruzione”. Esempi sono quelli della ricostruzione della cattedrale di Noto in cui alcuni giunti fra pietre (calcarenite segata) sono stati realizzati con matrice a base cementizia modificata con polimero e armati con rete in fibra di carbonio (FRCM).

Lo stesso materiale FRCM è stato usato nei giunti dell’arco romano di Porta Montanara a Rimini, la quale è stata smontata e traslata, concio per concio, nel sito originario.

Una proposta, in coerenza con le esigenze della conservazione della foggia originale e della robustezza strutturale, è quella di ricostruire con muratura “listata” in laterizio ed FRCM

La muratura listata è di origine romana antica nella tessitura con mattoni, ove due o tre corsi di mattoni listano la muratura di pietra da taglio. Il tutto risulta a fasce (o bande) alternate, laterizi e pietrame. Ora qui si introduce il giunto fra laterizi costituito da FRCM.

La cordolatura di laterizio e armata con FRCM è leggera, estremamente resistente a trazione, ripartisce gli sforzi nel solido murario. Naturalmente nel formare la listatura armata si farà frequente uso di diatoni. Questa proposta si ricollega ad una proposta del prof Antonio Borri che ha sperimentato cordolature con tavelloni di laterizio con interposizione di fibre continue ad alta resistenza. La sfida è quella di rispettare al massimo la tipologia muraria e l’impianto strutturale ma con il concorso di nuove tecnologie.