

Osservazioni estratte da:



## **Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia**

a cura di Antonino Giuffrè, Ed. Laterza, 1993.

### **Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico**

*Nota di Aedes Software (02.09.2016)*

*Il testo curato dal Prof. Giuffrè fornisce una traccia operativa per gli edifici in muratura estremamente attuale, alla luce dei recenti eventi sismici.*

*L'opera completa risulta purtroppo attualmente fuori catalogo (non disponibile e non ordinabile): speriamo che quanto prima sia disponibile una ristampa. Noi riteniamo che gli argomenti trattati costituiscano un riferimento indispensabile al fine di un corretto approccio per gli interventi antisismici nei centri storici del nostro Paese.*

*Questo documento è un piccolo estratto con alcune osservazioni fondamentali: ci auguriamo che la sua lettura costituisca uno stimolo per la consultazione dell'opera completa (rivolgersi alla Casa Editrice Laterza; copie di questo volume sono disponibili nelle biblioteche universitarie).*

*In colore blu, preceduto dal simbolo  $\Rightarrow$ , proponiamo alcune nostre osservazioni.*

Considerazioni del Prof. Giuffrè estratte da

### **1. Sicurezza e conservazione dei centri storici in area sismica. Sintesi metodologica**

*di Antonino Giuffrè*

(...) I centri storici italiani, come per tutta Europa, hanno una storia lunga. Derivano da antichi impianti, spesso di epoca romana, hanno subito le ristrutturazioni medievali e le trasformazioni del Rinascimento e della Controriforma, hanno acquistato un tocco borghese nell'Ottocento. La tecnologia comune è quella muraria, ma ciò che differenzia quel modo di costruire dagli usi di oggi è la caratteristica «popolare» dell'arte edificatoria di allora, contro il fondamento «colto» della tecnica moderna.

A differenza della cultura tecnica moderna, che si trasmette attraverso l'insegnamento universitario e percorre i continenti assieme al mercato imprenditoriale, la cultura popolare aveva vie e tempi di diffusione paragonabili a quelli della lingua parlata: usata da molti popoli ma particolarizzata da ciascuno di essi. (...)

Ma prima che dalle tecnologie il centro urbano è caratterizzato dai tipi edilizi. Anche questi si realizzano in infinite varianti che presentano tuttavia una matrice riconoscibile, ed evolvono secondo un processo di crescita governato da regole facilmente individuabili.

Così quello che all'occhio distratto sembra un indistricabile ginepraio di superfetazioni o al più un pittoresco richiamo turistico, ad un'analisi più razionale mostra le poche tipologie di base nelle loro

varianti sincroniche, e le evoluzioni che ne hanno prodotto lo stato attuale. Le tecniche murarie più antiche si ritrovano nelle cellule originarie, l'introduzione di nuovi sistemi costruttivi può essere datata, i meccanismi di assemblaggio strutturale seguono lo sviluppo dell'intasamento edilizio. Il groviglio si dipana e svela la sua logica semplice, ripetitiva, prevedibile, generalizzabile, riducibile in sostanza ad un ristretto paradigma.

Paradigma sufficiente a declinare i centri urbani di intere regioni nazionali, ma comunque bisognoso di speciali puntualizzazioni locali, relative sia, come si faceva cenno, alla pietra usata e al modo di connetterla, sia ai sistemi per realizzare tetti e orizzontamenti, sia alle ammorsature tra muri di diverse fasi costruttive.

**Se vogliamo realizzare una guida per gli interventi sugli edifici storici dobbiamo limitarci ad un'area geografica ben definita**, a un centro urbano particolare, al limite ad un quartiere come «La Graziella» di Ortigia. La metodologia da seguire è generale e verrà qui di seguito illustrata e giustificata, le informazioni necessarie costituiscono una griglia valida per ogni caso, la maggior parte delle indicazioni operative sono applicabili sotto condizioni frequentemente verificate su vaste aree, ma qualcosa è specifico della accezione locale con cui l'edificare si è sostanziato in quell'aggregato a differenza che negli altri.(...)

⇒ [la conoscenza della realtà edilizia locale è fondamentale. Ogni Comune dovrebbe dotarsi di un manuale pratico relativo alle proprie tipologie costruttive.](#)

(...) Dall'analisi della morfologia urbana si scende allo studio della effettiva consistenza degli elementi costruttivi e dei sistemi di assemblaggio strutturale. È necessario poter osservare «dal di dentro» murature, solai, tetti.

Il rilevatore deve muoversi alla ricerca di cantieri aperti o di situazioni in cui è possibile eseguire dei saggi. La precedente analisi tipologica gli permette di collocare l'edificio su cui esegue il rilievo nel quadro storico del centro urbano, e gli fornisce i limiti di generalizzazione dei risultati. (...)

Le murature sono spesso caratterizzate dal tipo di pietra che le cave locali forniscono. La roccia sedimentaria che si sfalda per piani paralleli da luogo a muri in pietra simili a quelli di mattoni, altro tipo di roccia fornisce scaglie lenticolari, frequentissimo è l'uso di ciottoli di torrente interi o spaccati. (...)

Le regole fondamentali per la costruzione del muro sono: preponderanza delle pietre grandi su quelle piccole, accurata ammorsatura tra le pietre nel piano del muro ma soprattutto attraverso lo spessore, riempimento dei vuoti con pietre minute e scaglie di mattone, orizzontamenti a interassi di 60 cm o 1 m.

**In un «buon muro» la malta gioca un ruolo inessenziale. La resistenza del muro è realizzata dal sapiente incastro delle pietre.** La resistenza della malta è invece chiamata in causa dal difetto di ammorsatura, ma in tal caso è ben difficile che essa riesca a supplire quella mancanza. Solo la concrezione romana di calce e pozzolana era all'altezza, o meglio poteva esserlo perché chissà quante di quelle opere si sono disgregate come pessimi muri. Oggi è il calcestruzzo di cemento che può riscattare con la resistenza a trazione del legante la povera distribuzione della pietra. Comunque le malte dei nostri centri storici non sono da tanto. Non è la loro resistenza che ci può fornire indicazioni sulla resistenza del muro.

Le regole costruttive, quindi, riguardano sostanzialmente la posa delle pietre. Discostarsi da questa regola è indice di qualità inferiore. Un muro costruito in conformità a queste regole veniva detto «eseguito a regola d'arte». **La «regola d'arte» è quindi il complesso di regole che governa l'esecuzione dell'opera, che ne condiziona il buon esito contro le azioni esterne.** L'aderenza alla «regola d'arte» corrisponde al moderno soddisfacimento dei dettagli costruttivi previsti dalle norme.

(...) Come in altra occasione è stato affermato, la caratteristica meccanica di un muro eseguito a «regola d'arte» è quella di arrivare al collasso attraverso la realizzazione di cinematismi che comportano la formazione di cerniere cilindriche, mentre le porzioni comprese tra le fessure offrono un comportamento tipo «corpo rigido». Un «meccanismo di collasso» di tal tipo, descrivibile in prima approssimazione come una catena cinematica, consente talvolta una modellazione matematica sufficientemente accurata, ma soprattutto consente sempre una realistica previsione del suo formarsi e suggerisce il mezzo per evitarlo.

La minor «qualità» del muro, il suo discostarsi dalla «regola d'arte», gli toglie tale caratteristica. Le fessurazioni non costituiscono distacchi netti ma sono distribuite su ampie porzioni del muro. Il cinematismo non riesce ad evolvere perché il mutare di orientamento del risultante dei carichi rispetto alla verticale, conseguente al moto della parete, denuncia il difetto di ammorsature interne e disgrega il corpo murario. Quanto minore è la qualità del muro tanto è prematura la conclusione rovinosa del moto cinematico che viene innescato dalle azioni esterne.

I muri di soli ciottoli, sia a Sant'Angelo dei Lombardi che a Venzone, sono stati trasformati dal terremoto in mucchi di sassi.

I muri costruiti a regola d'arte sono stati ritrovati ribaltati ma interi, tanto da lasciar chiaramente intendere che se essi fossero stati trattenuti il collasso sarebbe stato evitato. L'analisi del rilevatore, il suo giudizio sulla tipologia e sulla qualità, ha quindi un riscontro meccanico di diretto interesse per la verifica della sicurezza, obiettivo e perciò scientificamente valido per le successive considerazioni.

È interessante osservare che i rilievi eseguiti in varie parti d'Italia mostrano murature tutt'altro che eseguite a «regola d'arte». La perfezione nella posa delle pietre, gloria di tanti monumenti di durata millenaria, non è molto frequente nell'edilizia storica.

Ma **non è solo la qualità del muro che condiziona la resistenza dell'edificio: l'assemblaggio strutturale è ciò che compagina l'intero volume.** Il rilevatore quindi osserverà la struttura dei solai, il modo di ammorsare al muro i travi di legno, la costituzione delle volte che va messa in correlazione con lo spessore dei muri su cui sono appoggiate, i dettagli delle scale, la struttura dei tetti. (...)

La conoscenza delle unità edilizie che le indagini esposte nei paragrafi precedenti hanno fornito, ci permette di individuare i punti deboli di quelle strutture in riferimento al sisma. (...)

Il primo «modo» di collasso si realizza normalmente con il ribaltamento del muro fuori del suo piano. Il secondo comporta rottura nel piano.

Il primo meccanismo è in genere accompagnato dalla perdita di appoggio delle travi dei solai: ne segue un tragico collasso a catena, letale per gli abitanti; il secondo modo comporta lesioni inclinate che percorrono intere pareti, ma raramente tali dislocazioni per quanto gravi producono il crollo totale.

Ancora è utile precisare che nel primo meccanismo, come nei fenomeni di instabilità, principale protagonista del dissesto non è la resistenza della muratura, ma la mancanza di connessioni, mentre il secondo è condizionato proprio dalla resistenza del muro. Questo tipo di resistenza è comunque difficile da definire e forse impossibile da misurare. Anche in questo caso infatti la rottura avviene, in un buon muro, con la formazione di un distacco netto ed un moto cinematico di ribaltamento o di scorrimento. (...)

⇒ [gli interventi riguardanti la sicurezza nei confronti dei meccanismi di primo modo, studiati con l'analisi cinematica, costituiscono l'aspetto fondamentale dei progetti di miglioramento e adeguamento antisismico. I calcoli sui meccanismi di secondo modo, che chiamano in causa la](#)

resistenza, sono oggi molto praticati (analisi dinamiche, analisi pushover), e forse sopravvalutati perché più 'difficili'. Essi sono importanti per la conservazione della struttura, ma in generale non determinanti ai fini di un criterio di prevenzione che abbia l'obiettivo di porre in sicurezza il maggior numero di edifici esistenti.

Il risvolto operativo delle considerazioni meccaniche suesposte è il seguente:

a) l'**analisi meccanica dell'edificio** consiste, attraverso l'attento esame delle caratteristiche tecnologiche e strutturali dell'opera, nel riconoscere la qualità delle murature e individuare i meccanismi di collasso che il terremoto può attivare;

b) l'**intervento di restauro** deve introdurre i legamenti necessari ad evitare la formazione dei suddetti meccanismi.

In tal caso, se la muratura è eseguita a regola d'arte e l'edificio non supera i tre piani, con il restauro si consegue la stessa sicurezza che compete alle nuove costruzioni realizzate secondo le norme. Se la muratura non rispetta la regola d'arte è possibile, in alcuni casi più avanti specificati, intervenire in modo da ricondurla alla buona qualità. Quando ciò non è possibile l'edificio deve essere considerato verificato per l'VIII grado ma non per il IX.

Il codice di pratica ha il compito di indirizzare, con riferimento alle tipologie edilizie, alla individuazione dei meccanismi come al giudizio sulla qualità della muratura e degli assemblaggi strutturali.

(...)

Si può sintetizzare in una tabella la strategia di intervento che tali considerazioni suggeriscono. Essa mostra con piena evidenza perché è più utile la definizione dell'azione sismica in termini di intensità macrosismica piuttosto che in termini di «forza di progetto».

intensità	descrizione dell'intervento previsto
<VIII	nessun intervento (salvo le situazioni precarie)
VIII	impedire la vulnerabilità del «primo modo» in corrispondenza delle sconessioni locali
IX	impedire sistematicamente la vulnerabilità del «primo modo»
X	impedire la vulnerabilità del «primo modo» e garantire la buona qualità della muratura

Il programma è generale e richiede analisi meccaniche qualitative, seppur di scrupolosa aderenza alla realtà costruttiva (le situazioni precarie e la previsione dei possibili meccanismi di danno non vengono individuate senza una ricognizione staticamente critica dell'intera compagine costruttiva), tuttavia **è sempre possibile (e consigliabile per quanto non strettamente necessario) eseguire controlli numerici che consentano di giustificare le scelte effettuate**. Il criterio di verifica sarà quello di controllare la resistenza limite di ogni prevedibile meccanismo all'azione orizzontale. A tale scopo si propone di eseguire il controllo di stabilità con riferimento a un moltiplicatore dei carichi verticali pari  $\lambda=0,20$ . Se tale verifica è soddisfatta la struttura può essere considerata sicura fino al IX grado, con la previsione di qualche lesione ma con l'esclusione del collasso rovinoso.

## Le tecniche di intervento

(...) I problemi posti dalle condizioni effettive degli edifici sono di due tipi:

**a) esecuzione non a regola d'arte;**

**b) intrinseca insufficienza della stessa regola d'arte.**

**a) Il primo caso si presenta spesso nelle murature.** Quanto sia stato povero l'edificare della povera gente è impietosamente posto in evidenza dai terremoti. O l'uso della pietra inadatta, come

i piccoli ciottoli male assortiti, o la realizzazione frettolosa e incompetente. **L'intervento in questi casi è spesso impossibile.** L'unica formula veramente efficace sarebbe demolire il muro e ricostruirlo a regola d'arte. Formula questa consacrata dalla storia, ancora presente in qualche paesetto umbro, dove è facile osservare come le famiglie ancora residenti non si fanno problema a sostituire un malandato angolo di muratura, esercitando un'abitudine ancestrale a costruire la propria casa. Rifare un muro non è qualitativamente diverso che rifare un tetto, e questo richiede lo stesso magistero che costruire una madia.

(...) Tuttavia non sempre l'unica via è quella di ricostruire il muro: in alcuni casi si ottiene un utile risultato con **iniezioni** di calce e pozzolana o comunque con miscele idrauliche a base di calce. Si tratta di casi molto evidenti, quando il muro è realizzato con buoni parametri esterni e contiene una parte centrale male ammorsata e pervasa da vuoti. **In casi diversi, ad esempio nei muri dei piccoli ciottoli, le iniezioni sono inutili** e la situazione rimane irrimediabilmente precaria.

**b)** Il secondo caso è quello in cui la **regola d'arte è intrinsecamente insufficiente.**

Sembra strano che ciò possa essere avvenuto: dopo millenni di sperimentazione, sembrerebbe di poter affermare, l'uomo ha individuato tutte le cause che minano la stabilità della sua casa, e ne ha trovato i rimedi. **Ciò è vero per tutte le azioni naturali**, come dimostra il fatto che usiamo ancora edifici costruiti millenni or sono (e magari siamo stati già costretti ad abbandonare quelli successivi alla rivoluzione tecnologica), **ma non per il terremoto.**

(...) Vivencio nel 1785 pubblica per il **governo borbonico** di Napoli la «**casa antisismica**», nella quale le connessioni usualmente trascurate venivano affidate ad **intelaiature di legno**. Ma, superata l'emergenza, la successiva regola d'arte muraria non ha voluto codificare le tecniche antisismiche in quanto tali. E' la tecnica costruttiva nel suo complesso che si arricchisce di dettagli: accettato il terremoto come una delle manifestazioni naturali a cui la casa può andare incontro i criteri costruttivi comprendono i mezzi per contrastarlo. La buona «regola d'arte» deve rendere la casa resistente anche al terremoto.

**Inchiavardature metalliche si trovano in tutta Italia negli edifici del Settecento**, e all'inizio del XIX secolo il trattato di Rondelet formula la regola definitiva: tiranti di ferro ammorsati nella muratura all'atto della costruzione ed ancorati alle estremità per connettere un muro con l'altro. **Il mezzo per impedire i cinematismi è infatti proprio questo. I muri crollano verso l'esterno, perché verso l'interno sono contrastati dai solai, quindi è sufficiente trattenerli incatenando l'una con l'altra le facciate opposte.**

Tutto il XIX secolo ha rinforzato con questo metodo le costruzioni murarie. E' un sistema che esula dal lessico strutturale del Medioevo, ma ne costituisce un naturale prolungamento e quindi il suo impiego è filologicamente corretto.

Il criterio per proporzionare queste catene sarà discusso nei capitoli successivi. **Le stesse travi di legno dei solai che sono in grado di impedire l'oscillazione del muro verso l'interno lo tratterranno verso l'esterno se con staffe metalliche che attraversano la parete vengono trasformate in tiranti.** Le catene di ferro applicate nel secolo XIX raramente superano i 20 mm di diametro, e questa dimensione può essere adottata per assicurare l'edilizia corrente. Le barre di ferro possono essere disposte nel riempimento del solaio, tra tavolato e pavimento, due in prossimità dei muri trasversali per rinforzarne la connessione con la parete esterna e uno in asse a questa.

Quando si trova necessario **rifare il tetto** è utile migliorare la sommità del muro sostituendo gli ultimi 40 o 50 cm con un muro di mattoni legati con malta di calce, contenente a metà del suo spessore una catena ancorata alle estremità, secondo l'indicazione di Rondelet. **Si realizza così un cordolo murario efficace, di rigidità non troppo diversa da quella della muratura sottostante**, che costituisce un solido appoggio alle travi del tetto. Queste, se non corrono parallele alla facciata appoggiate tra i timpani delle pareti ortogonali, come spesso si trova, verranno collegate da tiranti che ne permettano il comportamento a capriata.

**I solai di legno devono essere mantenuti, o rifatti ancora in legno.** Con la loro elasticità, con l'insonorizzazione realizzata dal riempimento inerte che sopporta il pavimento, con il gradevole soffitto conferiscono al modo di vivere la casa una qualità preziosa che non c'è alcun motivo di sacrificare. L'idea che solai in cemento armato costituiscano utili diaframmi capaci di distribuire la forza sismica tra le pareti murarie discende dalla pratica delle strutture a telaio elastico, e solo per quelle è valida. La rigidità e la massa dei muri da 50 cm dell'edilizia storica risulterebbe mal controllata da una lastra di fragili laterizi, e la connessione di questa alle pareti comporta più guasti che miglioramenti. **Come si è già visto la scatola muraria connessa dalle catene è autonomamente sufficiente.**

Non è possibile passare in rassegna la miriade di casi particolari che si possono incontrare, ma **il criterio di intervento è elementare e generale: impedire il moto verso l'esterno con tiranti d'acciaio o di legno; impedire il moto verso l'interno con riscontri di legno o di muratura.**

⇒ [la corretta tecnica di intervento sugli edifici esistenti è nota da molti anni. Questo testo è stato elaborato dal Prof. Giuffrè circa trent'anni fa \(!\)](#)

Sempre che la regola d'arte non sia stata gravemente disattesa, **con tali accorgimenti le strutture risulteranno vulnerabili solo dalle intensità superiori al IX grado, e subiranno i danni definiti come secondo modo.** Come si è già detto, **questo comporta lesioni e scorrimenti piani, gravi per la struttura muraria ma non rovinosi come i collassi che seguono la rottura col primo modo.** Abbiamo così dimostrato che risultano soddisfatti i requisiti di sicurezza sismica proposti: **evitare danni per i terremoti più frequenti e vittime per le massime intensità. E' tutto ciò che una sana politica di prevenzione possa desiderare**, e può essere ottenuto mantenendosi correttamente all'interno del lessico costruttivo che si intende conservare.