

La caratterizzazione tipologico-costruttiva come strumento per la salvaguardia e valorizzazione degli aggregati storici

The typological and constructive characterization for the safeguard and enhancement of the historical heritage

Gli eventi sismici e le conseguenti “rivoluzioni” normative in termini di analisi delle strutture, che hanno coinvolto il territorio nazionale nell’ultimo decennio, hanno posto le basi per una rinnovata sensibilità verso il costruito minore, la cui conservazione e valorizzazione assume oggi una molteplice valenza. Da alcuni anni, la comunità scientifica si interroga su come preservare non solo la sicurezza della società che vi risiede, ma anche le funzioni amministrative e sociali che in essi vengono espletate.

In questa ottica, il presente contributo intende mostrare come l’adeguata conoscenza delle tecniche realizzative e delle trasformazioni subite dal tessuto possa costituire il punto di avvio di un processo teso alla messa a punto di indirizzi di pianificazione per la salvaguardia dal rischio sismico di interi abitati.

The earthquakes and the subsequent “revolutions” in regulations about structural analysis, which involved Italy in the last decade, allowed a renewed sensitivity to the maintenance and enhancement of common buildings. For several years, the scientific community was wondering about how to preserve not only the safety of people who live there, but also the social and administrative functions which is carried out inside historical city centers.

From this point of view, this paper aims to show how an adequate knowledge of constructive techniques and building transformations can be the beginning of a process aimed at the development of planning guidelines for the conservation of historical towns from seismic risk.



Giovanni Mochi

Ricercatore in Architettura Tecnica presso l’Università di Bologna, si occupa da quasi vent’anni di storia della costruzione; tra i suoi lavori, *Bóvedas tabicadas: architettura e costruzione* (con Riccardo Gulli, 1995) e *Adalberto Libera, la Casa del Balilla a Civitanova: architettura e tecnica* (con Romualdo Montagna, 2001).



Giorgia Predari

Ingegnere, dottore di ricerca in Ingegneria Edile-Architettura, svolge la propria attività di ricerca nel settore dell’Architettura Tecnica presso il Dipartimento di Architettura dell’Università di Bologna, occupandosi in particolare di storia della costruzione e di conservazione del patrimonio storico.

Parole chiave: aggregati storici; vulnerabilità sismica; caratterizzazione tipologico-costruttiva; costruzioni in muratura; meccanismi di danno

Keywords: *historical heritage; seismic vulnerability; typological and constructive characterization; masonry buildings; damage mechanisms*

INTRODUZIONE

Al di là delle conseguenze sulle emergenze monumentali proprie del patrimonio culturale, per le quali esiste una legislazione specifica in materia¹, gli effetti che un sisma può provocare sul costruito di un tessuto storico compatto e denso, quali sono i nuclei urbani che caratterizzano il territorio italiano, necessitano della messa a punto di un approccio adeguato, volto alla previsione dei danneggiamenti che questi possono subire durante un evento. Nell'ottica della prevenzione del rischio sismico, è dunque la valutazione del danno atteso ad assumere una particolare rilevanza, divenendo la base per una eventuale pianificazione e programmazione di interventi destinati a ridurre

l'impatto dell'evento.

Pur potendo riscontrare alcune analogie tra il processo di valutazione della vulnerabilità di singoli edifici in muratura² e di interi isolati urbani, non è possibile, in generale, operare per essi secondo il medesimo procedimento: il percorso metodologico che qui viene illustrato deve infatti raffrontarsi con l'articolata morfologia dei centri storici, che si presentano come costituiti da aggregati composti da fabbricati intimamente e strutturalmente connessi l'uno all'altro. Per questo motivo, difficilmente è possibile applicarvi i complessi modelli analitici messi a punto dall'ingegneria sismica, di per sé già molto onerosi dal punto di vista della

laboriosità anche per edifici isolati. D'altro canto, sono oggi disponibili alcuni strumenti per valutazioni di tipo speditivo, le cosiddette schede di vulnerabilità³; interessandosi però al rilevamento del danno post-sisma e alla verifica di agibilità alla scala del singolo edificio, queste presentano sì il pregio della rapidità di rilevamento, ma a scapito della correttezza nella comprensione della complessità dell'aggregato: non sono quindi efficaci per descriverne il comportamento, poiché non tengono conto della correlazione esistente tra fabbricati.

L'osservazione delle situazioni a seguito di eventi sismici ha infatti mostrato come la vulnerabilità dell'aggregato, intesa come

la sua propensione al danneggiamento con conseguente riduzione di funzionalità, non possa essere vista come la somma delle vulnerabilità dei singoli fabbricati, poiché esiste una correlazione tale tra le unità edilizie che compongono l'isolato da poter considerare l'insieme come un unico organismo: è quindi l'interazione tra edifici contigui a costituire il punto nodale per la previsione dei meccanismi di danno.

Secondo la linea di studi inaugurata negli anni '80 da Antonino Giuffrè, l'oggetto dell'indagine viene invece spostato dall'edificio all'aggregato edilizio, quale unità minima di articolazione del tessuto urbano storico, per la contiguità e la continuità de-

gli elementi costruttivi che lo compongono: l'individuazione di una metodologia oggettiva di valutazione della vulnerabilità dell'edilizia minore in aggregato può tradursi nell'interpretazione del comportamento delle strutture allo stato attuale, tramite la correlazione tra quadro fessurativo, caratterizzazione tipologico-costruttiva e meccanismi di collasso conseguentemente attivabili in caso di evento sismico, con l'adattamento degli abachi dei cinematismi possibili per singoli fabbricati agli aggregati edilizi. Diviene quindi centrale la lettura critica del costruito storico, intesa come la "*disamina dell'edificio o dell'aggregato edilizio attraverso l'analisi della tecnica costruttiva che lo caratterizza e*

delle fasi di mutazione che ne hanno definito l'assetto che ci è pervenuto".

METODOLOGIA E STRUMENTI DI INDAGINE

Il censimento dei danni subiti dal costruito storico durante eventi precedenti ha mostrato una ricorrenza dei danneggiamenti, suggerendo la messa a punto di un percorso per la previsione di possibili danni futuri tramite l'interpretazione della loro correlazione con l'azione sismica. Tale percorso, basato su una processualità tipologico-evolutiva, necessita di un quadro conoscitivo piuttosto articolato, che coinvolge età di costruzione, caratteristiche materico-realizzative, modalità di aggregazione e morfologia urbana;



Fig. 1 – Le fasi dell'evoluzione dell'edificio letta tramite la differenziazione tra murature realizzate in epoche differenti: si nota l'uso di materiale eterogeneo nella porzione più alta, identificata come la più antica (foto di G. Predari).

da un lato, è necessario indagare le tecniche costruttive locali e, dall'altro, si deve riconoscere, negli edifici dell'aggregato, il processo di accrescimento del tessuto, fino alla conformazione di primo impianto. Così, incrociando le peculiarità costruttive tipiche e ripetute dell'area di studio con il processo formativo che ha condotto all'aspetto attuale del costruito, è possibile riconoscere i punti di debolezza dell'aggregato, ove l'evento sismico può amplificare le carenze realizzative già in essere. Finalità ultima della procedura è la messa a punto di quadri di danneggiamento prevedibili pre-sisma, basati sulle criticità intrinseche del costruito di origine storica e legate alla qualità edilizia dei manufatti.

Il processo prende avvio dalla ricerca di una molteplicità di fonti di informazione, di tipo archivistico, bibliografico, iconografico e cartografico, necessarie per la contestualizzazione storica dell'aggregato; fondamentale in questo senso è l'interpretazione delle planimetrie catastali storiche⁵, strumenti idonei per la comprensione di come l'isolato oggetto di indagine sia inserito nelle dinamiche evolutive urbane, evidenziando particolari eventi che possano averne influenzato il processo di edificazione e modificazione. La ricerca delle fonti documentali deve essere accompagnata da un'attenta osservazione dell'aggregato e dall'analisi del suo stato attuale: l'interpretazione ragionata della con-

figurazione odierna in rapporto alla prima edificazione può infatti fornire informazioni decisive in merito alle possibili vulnerabilità sismiche del complesso, in quanto l'attivazione dei meccanismi di danno è strettamente connessa alle modificazioni subite.

Le antiche costruzioni in muratura, che rappresentano il patrimonio costruito dei nostri centri urbani, sono state soggette nel tempo ad un'evoluzione lenta e progressiva, non dettata dall'applicazione di dettami normativi, bensì dal rispetto di regole legate all'arte del costruire ed all'esperienza delle maestranze, secondo scelte costruttive legate alla disponibilità dei materiali locali ed alle relative soluzioni tecnologiche. La

conoscenza di tali soluzioni, che il più delle volte presentano una valenza puramente locale, unitamente alla ricostruzione delle trasformazioni subite dal tessuto nei secoli (quali ampliamenti, sopraelevazioni, cambi di destinazione d'uso, ecc.), costituisce oggi la base di partenza per la conoscenza della vulnerabilità dell'edilizia minore. Tecniche e materiali costituiscono la testimonianza della cultura costruttiva locale in epoca storica, quando era l'ottimizzazione nell'uso delle risorse disponibili a determinarne le scelte applicative in rapporto alle esigenze edilizie, costituendo un patrimonio culturale tramandato solo oralmente tra le maestranze. La caratterizzazione tipologico-costruttiva si occupa quindi dell'analisi delle declinazioni locali delle soluzioni costruttive adottate e della loro distanza dalle regole dell'arte.

Il rilievo critico dell'esistente, di tipo geometrico-costruttivo, è dunque volto al raggiungimento di una approfondita conoscenza delle fasi evolutive, dei materiali e delle tecniche realizzative, con una particolare attenzione verso il rilevamento di eventuali interventi recenti⁶, dell'efficacia delle connessioni tra elementi costruttivi e della qualità muraria⁷, la quale può anche fornire indicazioni utili per la datazione delle strutture. Alla fase conoscitiva segue l'individuazione delle più probabili modalità di collasso, tramite l'osservazione critica del costruito e la previsione del più probabile scenario di

danno, poiché l'insorgere dei cinematismi è strettamente connesso alle condizioni intrinseche di vulnerabilità degli edifici. Esiste infatti una correlazione tra caratteristiche costruttive e potenzialità che si inneschi un determinato meccanismo sotto l'effetto del sisma. Le criticità degli aggregati edilizi sono proprio legate al loro essere parte di centri storici, ossia di complessi urbani di tipo pre-industriale, realizzati con i materiali della tradizione, con un'elevata densità edilizia, una scarsità di vuoti urbani ed un sistema di accessibilità articolato. È così possibile distinguere le vulnerabilità in due grossi ambiti: quello strettamente legato alle modalità evolutive del tessuto e quello connesso alla cultura costruttiva locale.

In quest'ultimo rientrano tutte le criticità legate alle carenze realizzative, dal momento che la cattiva esecuzione favorisce l'attivarsi del meccanismo di danno: gli apparecchi costruttivi e il tipo di materiale che definiscono la qualità muraria in termini di monoliticità trasversale; gli spessori ridotti con conseguente elevata snellezza delle pareti⁸; tipologie murarie differenti per caratteristiche degli elementi componenti, per apparecchiatura o per modalità esecutive; la scarsa qualità delle connessioni tra elementi strutturali (parete-parete e parete-solaio); la presenza di portici o passaggi voltati al piano terra; il posizionamento delle aperture in prossimità degli incroci murari, che genera una discon-

tinuità verticale con conseguente indebolimento delle connessioni per mancato effetto della controventatura; le coperture spingenti, che causano una spinta orizzontale non contrastata e permanente, poi incrementata dall'azione dinamica del sisma.

Sono invece indici di vulnerabilità direttamente riconducibili alla conformazione del tessuto tutte quelle criticità legate alle modificazioni subite nel tempo ed all'influenza reciproca tra edifici contigui, quale la saturazione di aree in precedenza libere o di percorsi di collegamento da parte di nuovi fabbricati edificati tramite il semplice accostamento a quelli pre-esistenti, senza la creazione di un efficace ammorsamento⁹ tra le pareti; la disarticolata disposizione delle aperture¹⁰, dovuta spesso alla rifusione tra più cellule, all'utilizzo improprio dei vani al piano terra o a mutate esigenze distributive; la presenza di sopraelevazioni e/o di aggetti realizzati con materiali o tecniche non idonee; la differenza di quota tra i solai e le coperture di edifici contigui, che possono innescare un fenomeno di martellamento, così come la presenza di orizzontamenti eccessivamente rigidi¹¹.

Grazie alla comprensione delle logiche di accrescimento e delle regole di aggregazione del tessuto, unitamente all'interpretazione delle soluzioni realizzative impiegate¹², è così possibile prevedere il comportamento sotto sisma ed i punti di debolezza di com-

plexi di edifici realizzati con tecniche e materiali tradizionali, presumendo un quadro di danneggiamento con l'ausilio dell'attuale stato fessurativo, dei meccanismi attivati e di quelli indipendenti dal sisma.

Se, dunque, la qualità muraria non è eccessivamente scadente – motivazione per la quale non si innescherebbero i prevedibili meccanismi a corpo rigido, ma si genererebbe il crollo del fabbricato per scarsa coesione del pannello – tale metodo di lettura e previsione dello scenario di danno¹³ può costituire un valido strumento operativo su cui fondare un progetto ragionato di riduzione della vulnerabilità, per migliorare la risposta all'azione sismica, ridurre i danneggiamenti ed incrementare la sicurezza dell'edificio.

UN CASO DI STUDIO: CASTEL BOLOGNESE BREVI CENNI STORICI

Castel Bolognese è un Comune della pianura emiliano-romagnola, collocato lungo la via Emilia, a metà strada fra Imola e Faenza. Nonostante l'area conservi tracce di popolamento fin dai tempi più antichi, con insediamenti databili all'epoca protostorica, e sebbene nel disegno del territorio circostante siano rilevabili testimonianze della centuriazione romana, la fondazione del centro abitato risale al 1388, a seguito dei dissidi tra Bologna, Imola e Faenza. L'originario nucleo storico, organizzato come un *castrum*¹⁴, risultava interamente a sud della via Emilia,

con un impianto caratterizzato da isolati regolari, ricavati, a partire dall'asse viario principale perpendicolare alla via Emilia, secondo una simmetrica e parallela alternanza di strade e di lotti modulari, all'estremità dei quali sorgeva la rocca¹⁵.

Intorno alla fine del XIV secolo, all'esterno del perimetro urbano iniziò a formarsi un borgo che, sviluppatosi nella direzione della via Emilia, si ampliò rapidamente, fino ad assumere proporzioni consistenti; il nuovo tessuto di espansione, a partire dal 1425, venne inglobato nel nucleo urbano preesistente, la cui cerchia muraria fu ampliata grazie all'innesto di nuove porzioni tramite l'abbattimento del tratto nord della precedente. All'inizio del Cinquecento risale invece la prima edificazione di un secondo borgo, sorto nuovamente all'esterno del centro fortificato, lungo la via Emilia, divenuto poi una parte rilevante del centro urbano.

Una relativa stasi edilizia caratterizzò le vicende del Comune fino all'Ottocento, quando la stagione napoleonica, quella della restaurazione e l'Unità d'Italia avviarono i medesimi processi riconoscibili in tutti i contesti urbani della Regione, con l'abbattimento delle antiche porte (1876) e di parte delle mura. Le distruzioni provocate dal secondo conflitto mondiale provocarono infine il danneggiamento e la successiva ricostruzione di molte porzioni di città, conducendo definitivamente la morfologia urbana a quella odierna.

CONFORMAZIONE DEL NUCLEO URBANO

All'interno del nucleo urbano di Castel Bolognese, è possibile rilevare la permanenza di ampie zone del tessuto edilizio storico, che mantiene il suo aspetto denso e compatto, ma che ha subito, in alcune porzioni, rilevanti interventi di sostituzione.

Gli assi principali sono rappresentati dalla via Emilia e dalla perpendicolare via Garavini, in parte già presente nell'impianto originario; il tessuto più antico, concentrato al di sotto della via Emilia, si sviluppa lungo una generatrice lineare mediana, collocata in corrispondenza dell'antica torre di accesso al *castrum*: ciò genera la formazione di due porzioni urbane distinte e con orientamento perpendicolare l'una all'altra.

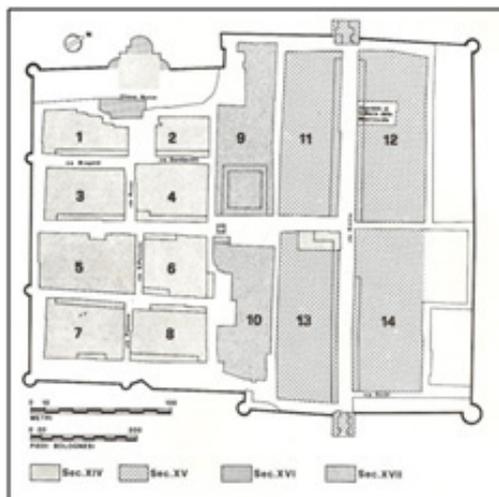
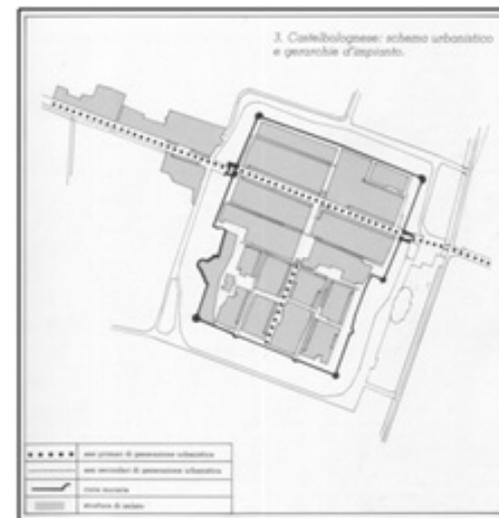
Gli otto isolati del perimetro più antico, riferibili alla conformazione di prima edificazione, presentano ancora oggi una forma pressoché rettangolare e risultano distribuiti ortogonalmente rispetto ai percorsi viari; la stessa disposizione, ma con sviluppo ruotato di 90° rispetto ai precedenti, si ritrova per gli isolati 11, 12, 13 e 14 (vedi Fig. 4), identificabili con quelli appartenenti al primo borgo esterno alle mura. Gli isolati di più tarda costruzione sono con ogni probabilità quelli individuati come 9 e 10, che sono andati a saturare il vuoto urbano corrispondente all'abbattimento di un tratto della prima cerchia muraria per inglobare il borgo; la loro configurazione, decisamente irregolare, sembra

Dall'alto a sinistra, in senso orario:
Fig. 2 – Schema del centro urbano
nella conformazione di primo im-
pianto (da E. Nonni – 1985)

Fig. 3 – Schema del centro urbano
con l'annessione dei borghi (da E.
Nonni – 1985)

Fig. 4 - Ricostruzione del processo
di edificazione degli isolati del cen-
tro urbano (da S. Gelichi – 1990)

Fig. 5 – Mappa catastale del 1835.
Analisi di un aggregato, ipotesi di
primo impianto



giustificare questa tardiva edificazione. L'indagine, secondo la metodologia proposta, è stata svolta su uno degli isolati appartenenti al borgo corrispondente all'espansione quattrocentesca, ritenuto rappresentativo delle trasformazioni tipologiche e delle tecniche costruttive tradizionali proprie della località, e poco interessato dai danneggiamenti e dalle riedificazioni avvenute nell'ultimo secolo. Indagini e ricerche d'archivio hanno permesso di reperire mappe catastali e documentazioni utili per la comprensione delle trasformazioni subite dalle cellule edilizie in epoche recenti; tali informazioni, unitamente a ricostruzioni già tracciate per contesti analoghi, hanno permesso di giun-

gere ad una realistica ipotesi in merito al processo evolutivo subito dall'aggregato.

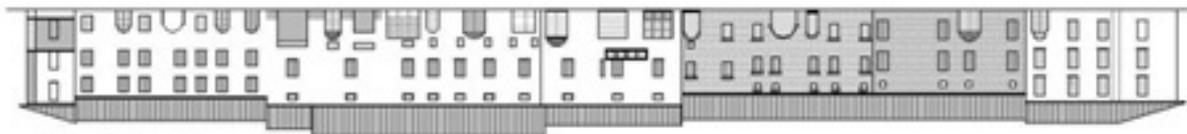
Essendo edificato ex-novo nel Quattrocento, si può ipotizzare, sia nella strutturazione urbana del borgo che nelle tecniche costruttive, una corrispondenza con quanto registrato nei centri vicini di precedente fondazione, ove da alcuni decenni la costruzione delle abitazioni unifamiliari era avvenuta secondo il cosiddetto schema a "lotto gotico", ossia su aree organizzate in appezzamenti di superficie pressoché equivalente, stretti e allungati verso la linea mediana dell'isolato. Il tipo edilizio consono per tali espansioni era quello seriale, una sorta di codificazione delle esigenze abitative nell'assetto ordinato della lottizzazione. La costruzione dell'edificio singolo era strettamente legata alla dimensione del lotto stesso, poiché ne occupava porzioni ben definite; la serialità comportava che i muri d'ambito fossero a tutti gli effetti in comunione sul confine stesso¹⁶.

Gli edifici dell'aggregato oggetto di analisi sono generalmente costituiti da cellule murarie che si sviluppano nella profondità del lotto, o derivano invece dalla fusione di costruzioni preesistenti; presentano per lo più due o tre livelli, con un affaccio su strada ed uno sulla corte interna. L'isolato presenta ancora oggi un fronte interamente porticato, lungo la via Emilia, su cui affacciano numerosi esercizi commerciali e botteghe artigiane; i piani superiori sono adibiti ad uso abitativo.



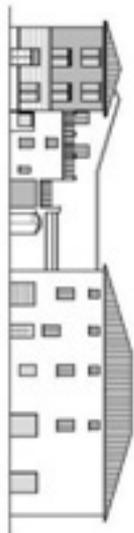
Fig. 6 – Inserimento dell'aggregato oggetto di analisi nel nucleo urbano

Nella pagina seguente:
Fig. 7 – Pianta del piano terra e prospetti dell'aggregato oggetto di studio (disegno di S. Savorani)



Pianta piano terra

Via. Costo



Via Enlla Interno

Piazzale

Buolni



Piazza

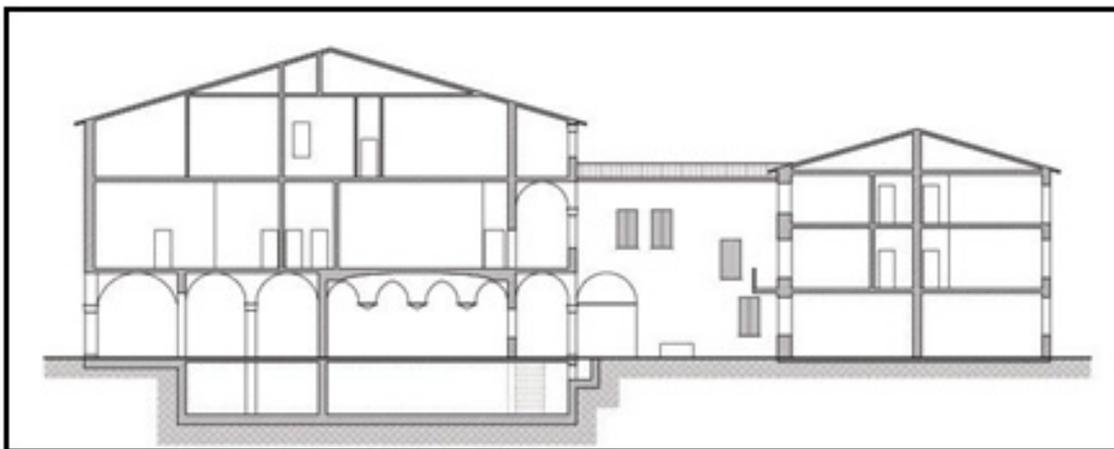
Bernardi



piano piano primo



piano piano secondo



La caratterizzazione tipologico-costruttiva

G. Mochi | G. Predari

Fig. 8 – Pianta del piano primo e del piano secondo (disegno di S. Savorani).

Fig. 9 – Sezione trasversale dell'aggregato (disegno di S. Savorani).

Nella pagina seguente:

Fig. 10 – Ipotesi di strutturazione di primo impianto (disegno di F. Pirazzini)

Nonostante l'apparente variabilità, grazie al metodo esposto è stato possibile riconoscere, maggiormente in alcune zone, una notevole omogeneità geometrica e strutturale: la situazione edilizia attuale, rappresentata tramite il rilievo murario del tessuto, è ancora facilmente riconducibile alla strutturazione originaria di casa artigiano-mercantile su lotto gotico, anche se gli interventi che si sono susseguiti nei secoli hanno, in alcune porzioni, interessato il completo intasamento degli spazi aperti, con la progressiva occupazione dello spazio interno alla corte di pertinenza con nuove costruzioni.

Grazie all'esame della distribuzione planimetrica delle murature è stato possibile ricostruire il processo di formazione e crescita dei tipi edilizi, dallo schema di lottizzazione originaria alla situazione odierna. Le tracce che maggiormente si conservano sono quelle di suddivisione tra le proprietà, ossia gli allineamenti murari perpendicolari agli assi stradali, posti alla distanza di circa 4,5 m l'uno dall'altro, i quali individuano i lotti che, nella conformazione di primo impianto, avevano una larghezza di 10 o 12 piedi bolognesi, con una profondità di 19 piedi per le unità affacciate sulla via Emilia e di 16 piedi per quelle sulla via posteriore; erano inoltre presenti due passaggi trasversali all'isolato, che originariamente permettevano di attraversarlo in profondità, connettendo le due strade tra loro parallele.

Le unità edilizie si sono poi ampliate sulla via Emilia, grazie alla formazione del portico, e sulle corti interne, generando una sempre maggiore saturazione dello spazio libero. Evidenti sono i segni nel tessuto delle rifusioni di più lotti adiacenti, che in alcuni casi hanno dettato l'abbattimento di alcune delle murature originarie, con conseguente profonda modificazione dell'organismo edilizio. L'altezza originaria può essere identificata in due piani fuori terra; le successive modificazioni hanno portato a sopraelevazioni contenute, con creazione di sottotetti utilizzabili.

MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE

Dal punto di vista dei materiali, l'aggregato ha mantenuto molte delle caratteristiche originarie; presenta soluzioni tecnico-costruttive che possono ritenersi rappresentative dell'edilizia storica locale, con strutture verticali in muratura laterizia caratterizzata, ove visibile, da una certa irregolarità nell'apparecchiatura. Al piano terra, alcuni edifici presentano muri a scarpa sul fronte stradale, realizzati con struttura a sacco.

Nei fabbricati che affacciano sulla via Emilia, dotati al piano terra di portico, sono presenti in genere orizzontamenti a volta per il primo livello e solai lignei per i piani superiori, spesso celati da controsoffittature in incannucciato; entrambi poggiano sulle murature trasversali, che si sviluppano nella profondità del lotto. Per le costruzioni sul retro, non dotate



Fig. 11 – Esempio di muratura laterizia locale (foto di F. Pirazzini)

Fig. 12 – Il portico sulla via Emilia (foto di F. Pirazzini)

Fig. 13 – Copertura in legno (foto di F. Pirazzini)

Fig. 14 – Ricostruzione degli orizzontamenti del primo livello (disegno di F. Pirazzini). Ipotesi di danneggiamento.



di portico, è invece stato rilevato l'impiego di solai in legno anche per il primo livello. Le coperture sono a due falde con orditura parallela alla strada; solo negli edifici di testata sono presenti coperture a padiglione. L'interpretazione dei dati derivati dal rilievo critico e dall'indagine storico-evolutiva consente di definire le condizioni di vulnerabilità tipiche dell'aggregato, legate ai processi di trasformazione ed alle soluzioni realizzative, le quali, in caso di evento sismico, possono generare pericolosi danneggiamenti al tessuto urbano. Trattandosi di edifici a schiera su lotto gotico, esiste inoltre per l'aggregato in oggetto una vulnerabilità da posizione: gli edifici interclusi, infatti, usufruiscono sotto

sistema del benefico effetto stabilizzante dato dai fabbricati adiacenti; più problematica è la situazione per gli edifici di testata, che non possono godere di questo contributo. L'azione orizzontale non trova alcun contrasto e ciò può causare il ribaltamento od il dissesto anche della facciata perpendicolare al fronte principale. Dalla modificazione dei tipi edilizi, a partire dalla situazione di primo impianto fino allo stato attuale, derivano le vulnerabilità legate al processo di accrescimento del tessuto edilizio, quali possibili murature non ammorsate, che sono state riconosciute nelle pareti costruite successivamente a quelle originarie, poiché costituisce un caso fre-

quente che queste fossero semplicemente appoggiate alle precedenti, senza creare una connessione efficace. Ulteriormente, le murature di facciata, che nel corso del tempo hanno subito costanti rimaneggiamenti e sopraelevazioni, possono presentare uno scarso ammorsamento con le murature di spina e con gli orizzontamenti. Ciò crea dei punti di discontinuità che rappresentano delle vulnerabilità dal punto di vista della resistenza alle azioni sismiche, con conseguente ingente rischio di ribaltamento della facciata. Altre consistenti vulnerabilità sono invece rilevabili nella conformazione dell'elevato: la differente quota tra i solai di edifici contigui può innescare il martellamento, mentre

nelle coperture a quota più elevata, l'azione orizzontale sulle travi può portare al ribaltamento del timpano.

Lungo la via Emilia, il porticato continuo costituisce una consistente vulnerabilità dal punto di vista sismico, in quanto soggetto ad una bassissima resistenza alle azioni orizzontali. Si rilevano infine problematiche legate a spinte non contrastate dovute alle volte ed alle coperture nei fabbricati di testata.

CONCLUSIONI

La finalità ultima di questa procedura conoscitiva ed interpretativa è la messa a punto di linee guida, ossia di indicazioni utili alla definizione ed al coordinamento degli inter-

venti, che fungano da ausilio ai progettisti nell'operare sulle singole unità edilizie, conservando il carattere proprio della costruzione muraria e del suo processo evolutivo. In tal senso, la linea suggerita si fonda sul rifiuto di interventi eccessivamente invasivi e non rispettosi della concezione strutturale muraria, che non potrebbero comunque portare l'edilizia esistente ad un livello di resistenza pari a quello di nuove costruzioni.

Gli interventi di mitigazione del danno e di riduzione del rischio sismico, proposti conseguentemente alle fasi di lettura, possono però essere effettuati solo su porzioni ridotte, dal momento che, a livello opera-

tivo, non è possibile agire contestualmente sull'intero aggregato. È necessario pertanto individuare il livello di progettazione a cui effettuare l'analisi: la complessità nella correlazione tra gli edifici costituenti ciascun aggregato suggerisce che possano essere strumenti urbanistici comunali a fornire ai progettisti le informazioni utili per operare poi nel modo corretto alla scala dell'edificio ed in ciò si ravvisa l'utilità di approcci quale quello indagato.

NOTE

[1] "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del Patrimonio culturale", Circolare n.26 del 2 dicembre 2010 del Segretario Generale del Ministero per i beni e le attività culturali.

[2] Per edifici isolati in muratura, sono stati messi a punto numerosi criteri di valutazione della vulnerabilità sismica di tipo speditivo; tra questi, per il carattere fondamentale che assume la caratterizzazione costruttiva ai fini dell'analisi della vulnerabilità, si ricorda il metodo messo a punto dagli autori: Mochi, Giovanni, Predari, Giorgia, (2011), *La valutazione speditiva della vulnerabilità sismica nell'edilizia sociale bolognese*, in Dell'Acqua, Adolfo Cesare, Degli Esposti, Vittorio, Ferrante, Annarita, Mochi, Giovanni (a cura di), *Caratteri tipologici del costruito e criteri di adeguamento tecnologico e ambientale*, Alinea Editrice srl, Firenze, pp. 89 - 127.

[3] Si ricordano le schede GNDT di I° e di II° livello, le schede AeDES e le schede Medea.

[4] Carocci, Caterina F. (2005), *La lettura critica del costruito dei centri storici*, in

Lagomarsino, Sergio, Ugolini, Pietro (a cura di), *Rischio sismico, territorio e centri storici*, Atti del Convegno Nazionale, Sanremo (IM), 2-3-luglio 2004, FrancoAngeli, Milano p. 257.

[5] Le mappe catastali del XVIII e XIX secolo sono la base di riferimento su cui indagare le tracce della conformazione originaria dell'impianto urbano e la sua evoluzione.

[6] Gli interventi possono avere una valenza positiva o negativa sul comportamento dell'aggregato: tra i primi, rientrano i presidi antisismici, quali l'inserimento di catene o gli ispessimenti murari; tra gli interventi negativi, invece, va annoverata la sostituzione dei solai lignei originari con solai latero-cementizi, il cui inserimento determina una variazione della risposta sismica non solo nell'edificio interessato, ma anche in quelli contigui.

[7] Alla caratterizzazione meccanica delle murature può contribuire l'individuazione di alcuni indicatori, quale la presenza di diatoni che conferiscono monoliticità alla parete, la disposizione in filari orizzontali, una omogenea pezzatura degli

elementi, lo sfalsamento dei giunti, l'accurata ammorsatura tra i laterizi e la qualità della malta.

[8] Una cospicua snellezza verticale, intesa come il rapporto tra lo spessore e l'altezza della parete, favorisce l'instabilità, aumentando la probabilità di un eventuale ribaltamento; stesso effetto possiede l'elevata snellezza orizzontale, ossia la distanza tra due controventi successivi.

[9] In fase di rilevamento, non è semplice riconoscere l'ammorsamento o meno tra due pareti: è necessario osservare il quadro fessurativo e ricostruire le fasi di accrescimento del tessuto, tramite l'individuazione delle cellule base, delle cellule di accrescimento e delle cellule di intasamento, più vulnerabili perché non ammorsate.

[10] Il disallineamento delle aperture genera uno scorretto percorso dei carichi fino alla fondazione e la possibilità di creare delle concentrazioni di sforzi in alcuni pannelli.

[11] Ne consegue che, affinché l'aggregato abbia una buona resistenza al sisma, deve presentare complessivamente una buona qualità

La caratterizzazione tipologico-costruttiva

muraria, la complanarità dei solai, ammorsamenti efficaci tra le pareti, connessioni ben eseguite tra pareti e solai, allineamenti murari orizzontali e verticali, regolarità piano-altimetrica, aperture verticalmente allineate, prevalenza di cellule chiuse.

[12] Quello che da Giuffrè viene definito "assemblaggio strutturale", ossia la struttura dei solai, la connessione tra pareti e orizzontamenti, l'eventuale presenza di volte, la conformazione delle coperture (Giuffrè, Antonino, 1993, p.7).

[13] La mancanza di connessioni tra pareti e pareti, e tra queste e gli orizzontamenti, ad esempio, è la principale causa dell'innescarsi del ribaltamento. Se invece le connessioni esplicano efficacemente la loro funzione, è probabile il verificarsi di meccanismi di secondo modo, ossia di rottura nel piano per scarsa resistenza a trazione del pannello murario. Possono poi instaurarsi meccanismi locali, che interessano solo parti marginali della struttura, come il cedimento di archi e piattabande o la rottura localizzata per la presenza di

elementi spingenti.

[14] Per castrum si intende un nucleo fortificato stabilmente abitato.

[15] La rocca venne demolita e non più ricostruita all'inizio del Cinquecento, a seguito dell'ordine impartito dal duca Cesare Borgia.

[16] L'analisi del contesto bolognese ha dimostrato che in origine l'ossatura portante era costituita da una serie di portali lignei controventati da puntoni inclinati, completata nei muri longitudinali d'ambito e nelle eventuali pareti divisorie, da riempimenti di mattoni di recupero, o di ciottoli e pezzame legati con calce e fango. Dalla metà del Duecento, legno e materiale deperibile iniziano ad essere sistematicamente sostituiti da laterizi di nuova produzione.

BIBLIOGRAFIA

Nonni, Ennio (1985), *Castelbolognese. Un paese che cambia*, Amministrazione Comunale, Castelbolognese.

Gelichi, Sauro (a cura di) (1990), *Castel Bolognese: archeologia di un centro di nuova fondazione*, All'insegna del Giglio, Firenze.

Giuffrè, Antonino (a cura di)

G. Mochi | G. Predari

(1993), *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia*, Editori Laterza, Bari.

Lagomarsino, Sergio; Ugolini, Pietro (a cura di) (2005), *Rischio sismico, territorio e centri storici*, Atti del Convegno Nazionale, Sanremo (IM), 2-3-luglio 2004, FrancoAngeli, Milano.

Mochi, Giovanni; Guidotti, Andrea (2006), *Processo tipologico e sicurezza sismica*, in Astrua, Fabrizio, Caldera; Carlo, Polverino, Francesco (a cura di), *Intervenire sul patrimonio edilizio: cultura e tecnica*, Celid, Torino, pp. 357 - 368.

Indelicato, Davide (2010), *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo*, Tesi di dottorato in Progetto e recupero architettonico, urbano e ambientale, Università degli Studi di Catania, Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Coordinatrice Prof. Arch. Piera Busacca, Tutor Prof. Ing. Gaetano Sciuto, Co-tutor Arch. Caterina Carocci, Prof. Ing. Corrado Fianchino.