

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX



a cura di Xxxxx Xxxxxxx



The addition of architectural quality to the built environment in structural retrofitting strategies

Alessandro Villari, Paola Danaro
avillari@unirc.it, xxxxxxxxxxxxxxxxx

Italy has always lived with widespread seismicity, as demonstrated by the large number of documents describing the effects of ancient earthquakes in many geographical areas of our peninsula. However, even though today we have precise and detailed knowledge, every earthquake inevitably finds us unprepared. At every seismic stress, our building and infrastructure heritage always shows a considerable degree of vulnerability. The most recent earthquakes have caused 650 casualties and 60 billion euro worth of damages, creating a huge impact on the affected population and a severe blow to the country's economy. Events that each time confirm the inadequacy of seismic protection in our country, which fails to pursue an effective strategy to contain seismic risk within acceptable limits for a modern nation.

However, we have sufficient scientific knowledge to allow us to review the existing building stock through interventions of "structural retrofit" able to achieve the necessary resistance to withstand future seismic events that will occur in our country.

This article aims to clarify some aspects of the different types of "structural retrofit" and the quality that these interventions can activate even in cases of unqualified construction. The aim is to analyze a series of case studies that not only make up for the initial structural deficiencies, but which through a process of adding quality can positively transform the urban landscape of our cities, according to Agenda 2030 Objective 11: "Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable".

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 3 (2018)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-03-6

DOI: 10.14633/ARH074



Aggiunta di qualità architettonica all'ambiente costruito nelle strategie di retrofitting strutturale

Alessandro Villari, Paola Danaro

L'Italia è un Paese caratterizzato da una diffusa sismicità, com'è evidenziato dal gran numero di documenti che descrivono gli effetti di antichi terremoti in molte aree geografiche della nostra penisola. Le indagini storiche e di archivio hanno consentito di conoscere quanti terremoti hanno interessato quelle regioni e quanto sono stati forti. Dallo studio e dall'analisi di queste testimonianze è emerso che sono molto numerosi i centri abitati la cui storia urbana e architettonica è stata fortemente influenzata da disastri sismici, e alcuni sono stati distrutti e ricostruiti più di una volta. Se si prende in esame solo il periodo dell'unità d'Italia, si osserva che si sono verificati numerosi terremoti superiori all'VIII° della scala MCS, in media uno ogni quattro-cinque anni. I recenti terremoti di inizio secolo hanno causato 650 vittime e 60 miliardi di danni, con un enorme impatto sulla popolazione e un duro colpo all'economia. Eventi che confermano ogni volta l'inadeguatezza della protezione sismica italiana, che non riesce a perseguire una strategia efficace per contenere il rischio sismico entro limiti accettabili per una nazione moderna¹.

La precarietà del patrimonio edilizio impone un ripensamento sull'attuale assetto delle costruzioni e sulla loro capacità di ricevere interventi in grado di ristabilire un nuovo equilibrio strutturale.

Atribuzione paragrafi

1. GUIDOBONI 2013.

Si tratta infatti di attivare una serie di azioni che, nel rispetto della qualità dell'architettura, siano idoneamente utili a migliorare il comportamento sismico degli edifici secondo la normativa vigente². Da anni, e da più parti, viene invocata la strada più rapida della demolizione dell'edilizia che non rispetta i requisiti minimi antisismici per evidenti deficienze strutturali. Tale via, certamente più risolutiva, è comunque solo l'ennesimo pretesto per accantonare il problema e fare spazio a nuove economie per il mercato edilizio. A ben vedere la questione del recupero del patrimonio edilizio è stata più volte sollevata, con tempi e modalità diverse, in relazione allo stato degli edifici e alla loro adeguatezza di fronte alle nuove istanze della società in evoluzione. Dopo l'abbandono degli edifici dei centri storici e la grande campagna di demolizioni della prima metà del Novecento a favore della nuova edilizia ricca di maggiore comfort, è stato necessario riflettere sul grado di sicurezza sismica degli edifici pubblici e privati del nostro territorio.

Già dagli anni 90' si era manifestata la preoccupazione su quanto il patrimonio edilizio costruito dal secondo dopoguerra fino agli anni 70' esigesse interventi di recupero strutturale, funzionale, tipologico, tecnologico, impiantistico e formale. Difatti, il degrado e l'obsolescenza fisica e tecnologico-impiantistica degli edifici erano i responsabili di un consumo superiore al 40% delle risorse energetiche nazionali. Inoltre, visto il susseguirsi di eventi sismici catastrofici e l'evoluzione della normativa antisismica, è emersa l'urgenza del recupero di buona parte degli immobili che, come detto, non possiedono i requisiti minimi strutturali.

Nel marzo 2005 era stata pubblicata la classificazione dei comuni italiani secondo 4 classi di pericolosità sismica sulla base dell'intensità, la localizzazione e la frequenza dei fenomeni sismici del passato. Il risultato emerso è che gran parte dei comuni italiani circa il 50% sul territorio nazionale si trova in zone classificate sismiche³ (fig. 1).

2. Il primo vero miglioramento nella normativa italiana avviene a seguito del terremoto del 31 ottobre 2002, che determinò il crollo della scuola elementare di San Giuliano di Puglia, con il suo tragico bilancio di morte. Il provvedimento legislativo che ne seguì (OPCM 3274/03) produsse una normativa in linea con i criteri adottati dagli eurocodici, che non sostituì bensì affiancò la precedente norma, che poteva comunque essere ancora utilizzata. L'evoluzione della normativa portò in seguito alle NTC08, un testo finalmente molto avanzato che riflette le ultime conoscenze in materia. Tuttavia, anche in questo caso la sua obbligatorietà fu imposta solo dopo il forte terremoto che colpì L'Aquila nell'aprile del 2009. Nel 2018 sono state pubblicate le NTC18, che costituiscono una nuova versione della norma, ulteriormente aggiornata.

3. Con l'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, emanata in seguito all'onda emotiva dovuta al terremoto del 31/10/2002 in Molise, aggiornata al 16/01/2006 con le indicazioni delle regioni, venivano delegati gli enti locali a effettuare la classificazione sismica di ogni singolo comune, al fine di prevenire eventuali situazioni di danni a edifici e persone a seguito di un eventuale terremoto.

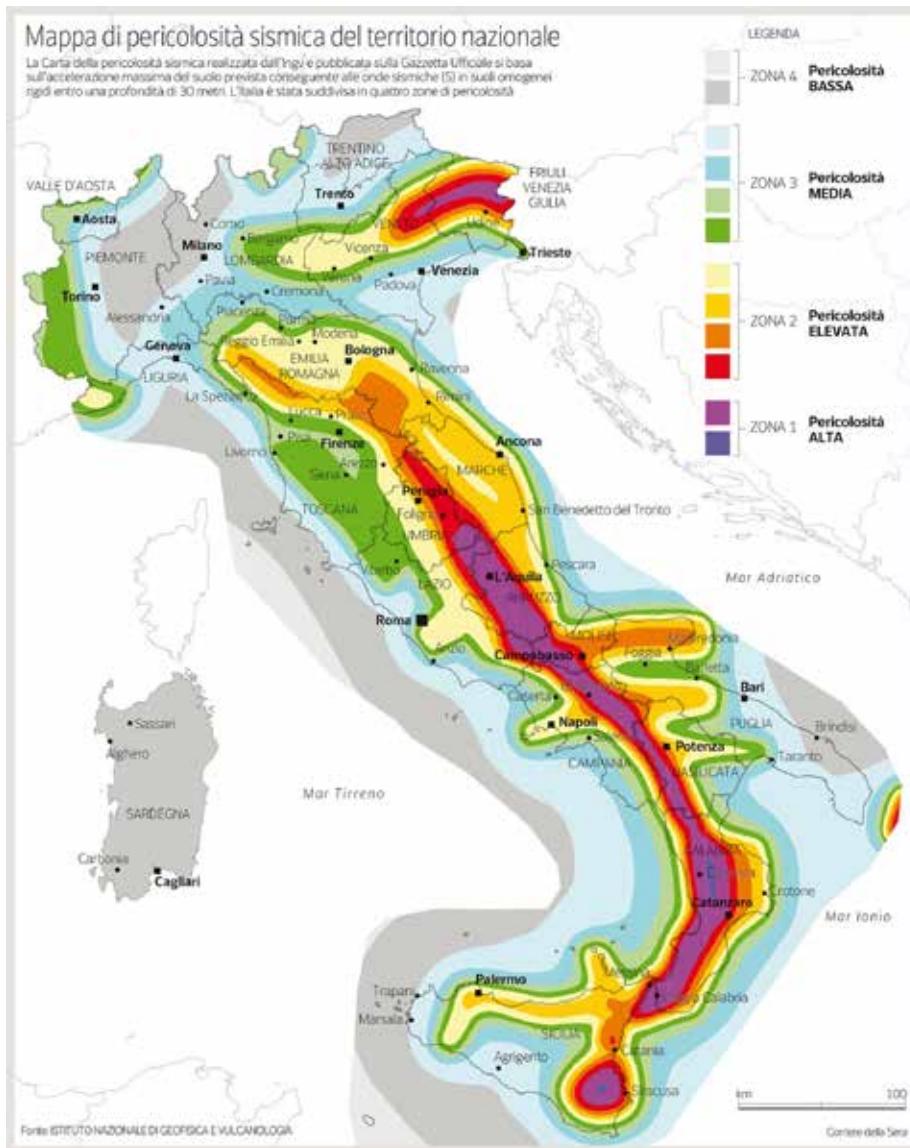


Figura 1. Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, <http://professionistiperroma.altervista.org/blog/wp-content/uploads/2016/11/articolo-01-mappa-01.jpg> (ultimo accesso 12 febbraio 2019).

	2001		2011	
	migliaia	%	migliaia	%
Abitazioni esistenti	27.269	100,0	30.038	100,0
Interessate da riqualificazione nei precedenti 10 anni	11.871	43,5	17.613	58,6
- Impiantistica	9.729	35,7	12.524	41,7
- Strutture	1.833	6,7	2.756	9,2
- Estetica	7.825	28,7	9.214	30,7

Fonte: elaborazioni e stime CRESME su dati ISTAT Censimento 2001 e indagine alle famiglie 2012

Figura 2. Tabella CRESME relativa alle attività di riqualificazione nelle abitazioni al 2001 e al 2011 (fonte..elaborazione a cura di)

Da tempo si cerca di recuperare il principio di resilienza insito nell'architettura, per evitare continui processi di sostituzione integrale degli edifici e prolungarne il ciclo di vita. Contro la demolizione, la via progettuale è quella della conservazione e dell'adeguamento dell'esistente, con interventi che rappresentino una valida alternativa per la stabilità del territorio e del paesaggio delle nostre città. Gli edifici, benché in molti casi segnati da un'evidente e incombente vulnerabilità strutturale, hanno delineato il profilo delle città e molto spesso rappresentano dei *landmark* di riferimento e orientamento urbano. Risulta quindi necessario avviare dei processi che stabiliscano, in senso generale, gli obiettivi da applicare a tutta l'edilizia, sia quella comune sia quella di qualità.

Da un rapporto del CRESME del 2012 (fig. 2) risulta che "negli ultimi 10 anni il 58,6% delle abitazioni ha subito almeno un intervento di manutenzione straordinaria o di ammodernamento, impiantistico o edilizio. Si tratta di 17,6 milioni di abitazioni interessate, su un complesso di poco oltre 30 milioni di unità". A confermare, e sollecitare, l'impiego delle risorse nella riqualificazione immobiliare da parte delle famiglie vi sono diversi fattori: la vetustà del patrimonio edilizio e l'obsolescenza delle sue componenti, anche sugli edifici scolastici c'è un incremento esponenziale della spesa pubblica a favore di interventi su edifici esistenti e per nuove costruzioni, come si evince dal grafico del MIUR nella sezione "edilizia scolastica". Tuttavia, sebbene sussistano dati generali e stime percentuali degli interventi su immobili privati e pubblici e benché siano sempre più numerosi gli interventi di retrofitting strutturale non esiste, al momento, un censimento e/o dati di riferimento utili a valutare l'entità di tali interventi.

In Italia la sfida riguarda un immenso patrimonio pubblico e privato che versa in pessime condizioni di degrado e obsolescenza. A seguito del continuo susseguirsi di eventi sismici degli ultimi trenta anni, occorre intervenire su un numero elevato di edifici per ristabilire un nuovo equilibrio strutturale in modo organico e programmato, mettendo in campo interessi collettivi, sociali e politici, al fine di evitare catastrofi che segnerebbero i territori ancora una volta in modo indelebile. Si tratta in questa prospettiva di intervenire su circa 12 milioni di immobili che dovrebbero essere destinatari di opere di risanamento e messa in sicurezza statica.

Con un coinvolgimento di una popolazione pari a circa 23 milioni di cittadini. A seguito del terremoto dell'Aquila era stato emanato il DL 39/2009, n. 39⁴ per gli interventi urgenti e che fissava un fondo nazionale per il recupero strutturale e funzionale del patrimonio edilizio.

Il "retrofit" sismico

Per retrofit sismico s'intende un intervento rivolto a ridurre la vulnerabilità di una costruzione esistente a seguito di un terremoto⁵. Di solito è il risultato di un processo che, attraverso l'analisi e la valutazione della struttura, evidenzia le carenze che impediscono all'edificio di funzionare come richiesto dalle norme. L'intervento consiste, in generale, nell'affiancare e aggiungere alle strutture esistenti un surplus tecnologico strutturale collaborante che permetta di sostenere le spinte provocate da un eventuale sisma. Rispetto alla sostituzione *tout court*, questa alternativa apre molte prospettive, sia dal punto di vista dell'adeguamento strutturale degli edifici migliorando le caratteristiche prestazionali, sia da quello di riformulare una nuova estetica più contemporanea e sostenibile in linea con i modelli dell'abitare contemporaneo. Una pratica ormai in uso da molti anni, ma che stenta ad avviare una vera e propria rivoluzione all'interno delle nostre città.

Un retrofit sismico adeguato prevede la combinazione ottimale di tre caratteristiche distintive di una struttura: resistenza ultima, rigidità e capacità di deformazione. Gli interventi ricadono nelle seguenti categorie:

4. Decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39 (in Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 97 del 28 aprile 2009), coordinato con la legge di conversione 24 giugno 2009, n. 77 (in questo stesso Supplemento Ordinario a pag. 1), recante: «Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile».

5. CHARLESON 2008, **capitolo 12**, pp. 187-205.

- Migliorare la regolarità strutturale sia in pianta che in elevazione, per ottenere un'ottimale regolarità della distribuzione della rigidezza, della resistenza e della massa del sistema strutturale.

- Aumentare la resistenza con il rinforzo degli elementi strutturali esistenti o l'aggiunta di nuovi elementi, come per esempio pareti di controvento in calcestruzzo armato o in acciaio. In questo modo aumentano sia la resistenza sia la rigidezza, mentre la capacità di deformazione rimane inalterata.-

- Aumentare la duttilità che è la capacità di deformarsi plasticamente oltre il limite elastico. Elementi strutturali fragili, come per esempio pannelli murari, possono essere resi maggiormente duttili mediante l'incollaggio di lamine in materiale composito. In questo modo la capacità di deformazione aumenta, mentre la resistenza ultima e la rigidezza rimangono quasi inalterate.

- Ridurre la rigidezza di un sistema strutturale conduce a una diminuzione delle forze sismiche e a un simultaneo aumento della capacità di spostamento.

- Aumentare lo smorzamento determina una riduzione delle azioni sismiche. Ciò si può ottenere attraverso l'impiego di dissipatori di energia aggiuntivi.

- Ridurre la massa di un edificio conduce a una diminuzione delle forze d'inerzia e delle sollecitazioni sismiche. Si può ottenere rimuovendo alcuni dei piani più alti di una costruzione, oppure sostituendo elementi non strutturali pesanti con altri più leggeri.

La peculiarità dei singoli edifici esistenti, tuttavia, non consente di definire protocolli generali di progetto e quindi ogni intervento va considerato a sé stante. Quando il progetto di retrofit sismico comprende l'impiego di nuovi elementi strutturali esposti chiaramente alla vista, uno degli aspetti più importanti da considerare riguarda la sua interazione con la qualità architettonica della costruzione, che ne può risultare fortemente influenzata. Da questo punto di vista, lo sviluppo di un buon progetto di retrofit sismico deve riguardare non solo gli ingegneri strutturisti, ma anche gli architetti⁶.

Addizioni, esoscheletri e qualità dell'architettura

In molti casi gli interventi di retrofit sismico consistono nell'addizione di parti e nuovi corpi all'edilizia esistente (fig. 3). Dal punto di vista architettonico si configura come l'introduzione di elementi strutturali che attivano una nuova vita per l'edificio e cambiano le prospettive aggiungendo un'aliquota di plusvalenza strutturale non prevista all'epoca della sua costruzione. Tali addizioni sono state anche l'occasione per una riflessione, tutta interna al campo dell'architettura, sulle modalità operative e sui

6. COMERIO, TOBRINER, FEHERKAMP 2006.



Figura 3. Esoscheletro metallico antisismico intorno al parcheggio in cemento armato di Berkeley California. I controventi a X sul fronte della struttura sono stati aggiunti dopo il completamento dell'edificio per aumentare la resistenza alle azioni orizzontali, <https://miraimages.photoshelter.com/image/I0000npJsJdoH3Zw> (ultimo accesso 12 febbraio 2019).

risultati potenziali ottenibili. Molti studi sono stati avanzati con il termine “architettura parassita”⁷, al fine di attribuire una nuova categoria architettonica limitata all’addizione di parti o di interi volumi architettonici agli edifici. Una pratica che è sempre appartenuta alla storia e alla stratificazione fisica delle città. L’integrazione di piccole o grandi volumetrie (allargamenti, superfetazioni, riconversioni) è stata, nella cultura della città europea, sempre fondata sulla necessità di soddisfare mutate esigenze abitative soprattutto legate alle necessità funzionali e spaziali delle residenze. Si tratta di “sistemi incrementali”⁸ che hanno risposto alle esigenze di nuovi spazi, in aggiunta a quelli esistenti, e non sempre sono stati realizzati in continuità con i sistemi costruttivi presenti negli edifici.

In tal senso anche l’addizione di elementi strutturali collaboranti si può annoverare nel capo dell’architettura parassita. Si tratta di inserire-sovrapporre-accostare sistemi strutturali, anche diversi da quelli dell’edificio che li ospita (fig. 4), al fine di ristabilire quota parte degli equilibri mancanti. A queste strutture esterne o “esoscheletri”, come quelli nel mondo animale degli Artropodi, è affidato il compito di sorreggere l’edificio alle spinte sismiche restituendo nuove qualità spaziali, una mutata percezione degli edifici e nuove potenzialità del vivere lo spazio originario.

Esiste storicamente una evidente relazione tra la forma dell’architettura e la sua struttura e, in moltissimi casi, la struttura ha rappresentato la cifra di qualità dell’architettura (Nervi, Morandi, Musmeci). Il rapporto tra “forma” e “struttura” è sempre stato il risultato di una operazione complessa⁹ in cui tutti gli elementi in gioco sono chiamati a svolgere un ruolo importante e complementare al fine di ottenere la bellezza dell’architettura in accordo con le leggi della statica¹⁰.

Nel caso del retrofit strutturale antisismico questa interdipendenza si fa più evidente, in quanto è necessario che il nuovo esoscheletro collaborante sia in armonia con un disegno dell’architettura che lo ospita e che era stata progettata con altri intenti formali e funzionali. Le tecniche di addizioni di elementi strutturali all’edilizia esistente, per la riduzione della vulnerabilità strutturale dovuta ad azioni sismiche, sono diverse e aprono interessanti occasioni di progetto.

Una delle più diffuse è quella di inserire una protesi portante, *shear wall* o *esoscheletro*, con fondazioni autonome, tale da formare un sistema di setti ancorati alla struttura dell’edificio disposti secondo due direzioni ortogonali (fig. 5): un sistema di muri di rinforzo in setti di calcestruzzo o di acciaio resistente al sisma, realizzato in funzione della capacità iniziale dello stabile nello stato di fatto,

7. MARINI 2008.

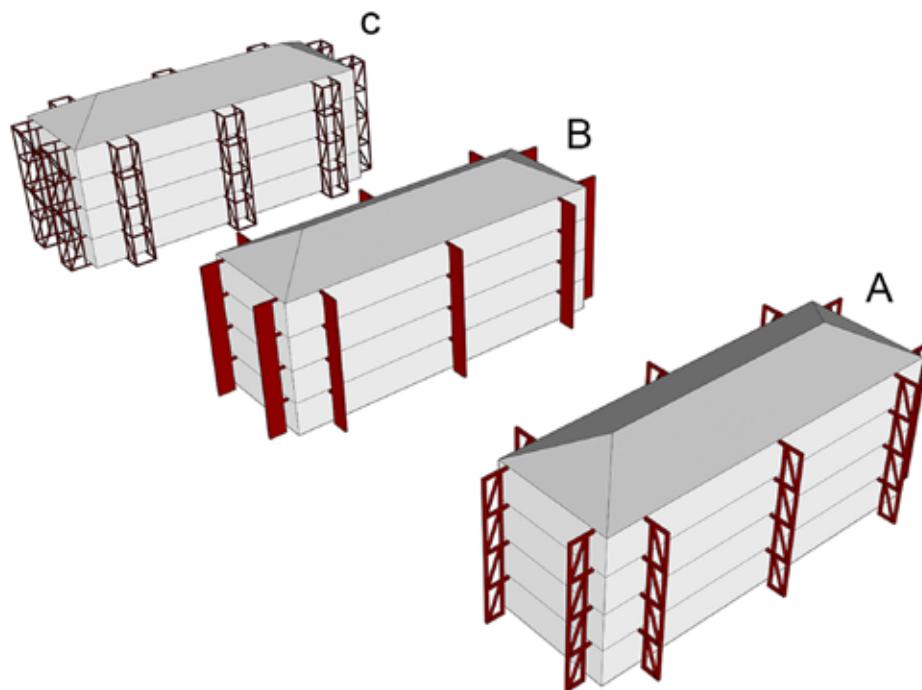
8. ZAMBELLI 2004.

9. LENCI, CONSOLINI 2007.

10. CHARLESON 2015.

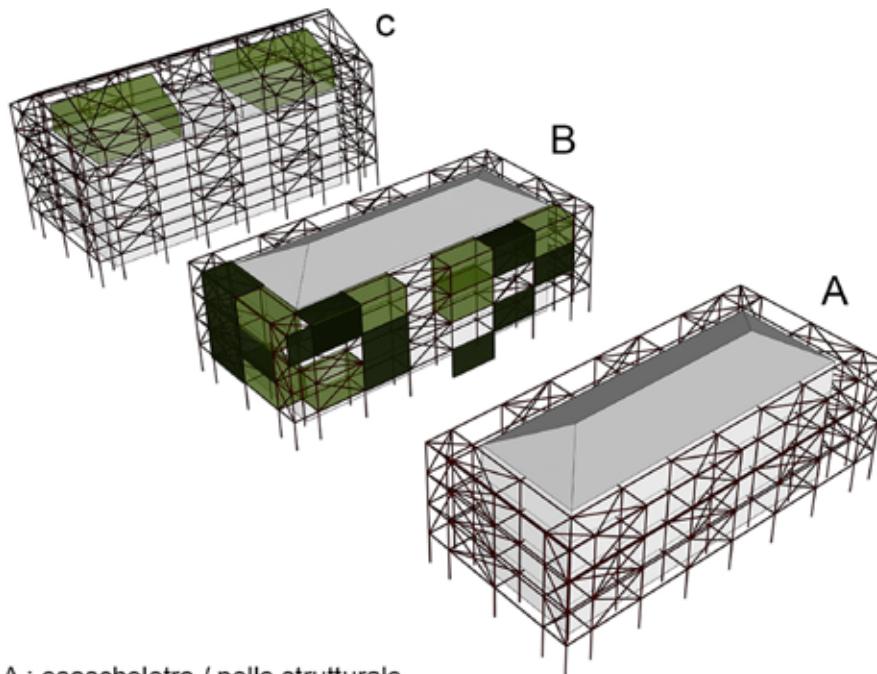


Figura 4. L'edificio della società Komatsu Seiren a Nomi, nella prefettura di Ishikawa, in Giappone è la prima struttura di adeguamento sismico al mondo realizzata in fibra di carbonio ed è stata progettata dal famoso architetto giapponese Kengo Kuma, https://o.aolcdn.com/images/dims?quality=85&image_uri=http%3A%2F%2Fo.aolcdn.com%2Fhss%2Fstorage%2Fmidas%2Ffba3ea58ffcebf92bc32db0113d45be1%2F203681121%2Fcabkoma-strand-rod.jpg&client=amp-blogs-v2&signature=58fae07d186b20f6743a2fd88abab18d3a824290 (ultimo accesso 12 febbraio 2019).



- A : share walls in acciaio
B : share walls in calcestruzzo
C : torri in acciaio

Figure 5-6. Schemi elementari per il retrofit sismico (fonte...elaborazione a cura di)



A : esoscheletro / pelle strutturale

B : addizione di volumi e protezione irraggiamento solare

C : potenziale sopraelevazione

con l'obiettivo di sostenere le azioni prodotte dal movimento generale dell'insieme architettonico. Tale tecnica può non riguardare l'intero immobile, ma solo parti di esso; dunque la sua incidenza sull'edificio ha una elevata capacità di integrazione con la forma dell'architettura.

Un'altra tecnica prevede l'inserimento di una seconda parete a guscio (fig. 6) che avvolge l'intero edificio e che può essere dotata di aste controventate rigide o dissipative. Di fatto si tratta di una seconda pelle che riveste l'edificio e assegna nuovi valori semantici all'immobile. Tale intervento prevede una revisione morfo-tecno-tipologica del manufatto. La tecnica è di grande efficacia relativamente alla sismoresistenza dell'edificio, e dal punto di vista architettonico produce un impatto decisamente sostanziale che può diventare una buona occasione di ridisegno della facciata, permettendo inoltre l'ampliamento o l'aggiunta di altre funzioni necessarie. Si tratta a tutti gli effetti di una seconda pelle che rimodella il rapporto tra interno ed esterno, con la potenzialità di aumentare il comfort abitativo.

Esperienze significative di retrofitting e di aggiunta di una nuova pelle nel recupero dell'edilizia a fine ciclo sono state già sperimentate a partire dagli anni '90, con l'obiettivo di prolungare la vita di edifici ormai in disuso ed evitare i costi energetici e ambientali di una eventuale demolizione (architetto Per Krusche, Monaco di Baviera e architetti Lacaton e Vassal, Parigi). Tali interventi di recupero e trasformazione sono sempre stati di grande interesse tecnologico, senza mai escludere la centralità del progetto architettonico, e sono stati realizzati per migliorare anche il *comfort*, la luce naturale e la vista dagli appartamenti, con una riduzione significativa dei costi energetici secondo le moderne prospettive di sostenibilità ambientale.

Conclusioni

La quantità di interventi realizzati anche in Italia lasciano ben sperare che si avvii una stagione di recupero e riuso del patrimonio edilizio, promuovendo una nuova cultura in riferimento a processi di progettazione integrata con competenze disciplinari diverse, dalla scala del singolo edificio alla scala del paesaggio urbano. Le criticità e precarietà dell'edilizia diffusa possono essere considerate una risorsa per rinnovare i tessuti urbani con interventi coordinati ed interscalari, in cui il senso della responsabilità e della prevenzione siano i propositi a cui tendere per garantire elevati livelli prestazionali in linea con le esigenze collettive, sociali e normative. Il retrofit strutturale è oggi un complesso sistema di tecniche capaci di prolungare il ciclo di vita degli edifici e che, se sostenuto da opportuni processi di "*restyling architettonico*", può riformare il paesaggio delle città verso una dimensione più sostenibile, riducendo gli impatti e i costi relativi a tutti i processi ed interventi di dismissione e/o demolizione edilizia.

Riferimenti bibliografici

GUIDOBONI 2013 - E. GUIDOBONI, *Terremoti e città, la catena dimenticata delle distruzioni e delle ricostruzioni*, in E. GUIDOBONI, G. VALENSISE (a cura di), *L'Italia dei disastri: dati e riflessioni sull'impatto degli eventi naturali 1861-2013*, Bonomia University Press, Bologna 2013, pp. 243-278.

CHARLESON 2008 - A. CHARLESON, *Seismic design for architects*, Elsevier, Oxford (UK) 2008.

CHARLESON 2015 - A. CHARLESON, *Structure as Architecture*, Routledge, London 2015.

COMERIO, TOBRINER, FEHERKAMP 2006 - M.C. COMERIO, S. TOBRINER, A. FEHERKAMP, *Bracing Berkeley*, PEER, University of California, Berkeley 2006.

LENCI, CONSOLINI, 2007 - S. LENCİ, L. CONSOLINI, *Percorsi per un metodo progettuale tra forma e struttura*, Aracne, Roma 2007.

MARINI 2008 - S. MARINI, *Architettura parassita. Strategie di riciclaggio per la città*, Quodlibet Studio. Architettura, Ascoli Piceno 2008.

ZAMBELLI 2004 - E. ZAMBELLI (a cura di), *Ristrutturazione e trasformazione del costruito*, Il Sole 24 ore, Milano 2004.