

# La muratura armata: requisiti e prestazioni di una tecnica costruttiva

**Luca Trulli** Architetto, PhD Student, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre

Nella provincia di Parma, in prossimità del Parco Regionale dei Boschi di Carrega, un intervento di demolizione e ricostruzione è stato realizzato con una tecnica costruttiva prestante quale la muratura armata, attraverso l'impiego di blocchi in laterizio alleggerito in pasta e con isolamento diffuso Normablok Più S40 MA, prodotti dalla Fornaci Laterizi Danesi

## KEYWORDS

Laterizio  
Muratura armata  
Involucro  
Efficienza energetica  
Demolizione e ricostruzione  
Bonus fiscali

---

Brick  
Reinforced masonry  
Architecture envelope  
Energy efficiency  
Demolition and redevelopment  
Tax bonuses



Manufatto pre-demolizione.

La volontà, da parte dell'uomo, di conferire una maggiore resistenza alle sollecitazioni che possono agire su una muratura è antecedente a questo secolo. Precedentemente allo sviluppo della tecnica costruttiva della muratura armata con barre di acciaio, in Europa, tecniche costruttive come il *Farchwerk*, sviluppato in Germania, o i *Colombage* francesi anticipavano la volontà di conferire maggiore resistenza alla struttura muraria. [1] I primi esempi di impiego del ferro per rafforzare degli elementi in laterizio risalgono al XVII e XVIII secolo negli interventi di rinforzo delle cupole in muratura volti a ridurre un eccessivo sforzo di trazione alla base riducendo così la possibilità di eventuali fessurazioni alla struttura. [2]

Tra i vari interventi di questo genere, il più importante per valore storico artistico è quello realizzato nel XVIII secolo sulla cupola della Basilica di San Pietro progettata da Michelangelo. L'intervento, realizzato tra il 1743 e il 1748, prevedeva l'inserimento di cerchiature metalliche alla base della cupola senza modificare l'originale aspetto del progetto michelangiolesco. L'idea, sviluppata dall'ingegner

Giovanni Poleni sotto la direzione dei lavori ad opera di Luigi Vanvitelli, coadiutore e revisore delle misure della Fabbrica di San Pietro, impedì l'aumento delle fessurazioni riscontrate e un miglioramento statico. [3]

L'idea di inserire degli elementi di armatura metallica in fase di costruzione dell'opera in muratura, e non successivamente come intervento di consolidamento, si sviluppò parallelamente alle prime sperimentazioni sul calcestruzzo armato a fine del 1800. Tra i primi a sperimentare questa tecnica costruttiva fu l'architetto Anatole de Baudot, allievo di Henri Labrousse e di Eugène Viollet-le-Duc, in Francia nelle pareti della chiesa di Saint Jean de Montmartre. La soluzione adottata per la chiusura dell'involucro verticale prevedeva l'utilizzo di tondini di acciaio con diametro di 3 mm. Questi, disposti verticalmente e orizzontalmente come a costituire una moderna armatura diffusa, erano alloggiati verticalmente all'interno dei fori dei mattoni in laterizio e opportunamente affogati orizzontalmente nella malta ad alto contenuto di cemento. Come per il calcestruzzo armato, sin da subito si capì quanto la collaborazione di questi due materiali, elementi in laterizio o blocchi e l'acciaio, potesse conferire a tecniche costruttive tradizionali nuove caratteristiche sfruttando ed unendo al meglio i pregi di ogni singolo materiale.

Grazie a tali caratteristiche prestazionali, questa tecnica costruttiva ebbe una vasta diffusione nel continente europeo riuscendo ad unire un linguaggio architettonico, in molti casi

*In the province of Parma, near the Regional Park of the Woods of Carrega, a demolition and reconstruction intervention was carried out with a performing construction technique such as reinforced masonry, through the use of lightened brick blocks in paste and with diffused Normablok insulation. Plus S40 MA, produced by Fornaci Laterizi Danesi.*



Vista principale con ingresso.

appartenente alle tradizioni di molti luoghi, con un potenziamento del comportamento sismico rispetto alla "semplice" muratura.

La capacità di questo sistema costruttivo permette di unire al meglio le qualità dei due principali materiali componenti, rendendoli collaborativi, dimostrandosi una soluzione molto duttile in grado di resistere ad azioni verticali e orizzontali, certamente non inferiore ad altri sistemi costruttivi.

Oggi, come sin dalle sue prime applicazioni, la grande diffusione della muratura armata è maggiormente riscontrabile nei casi dove la manifestazione di azioni sismiche impongono vincoli strutturali più stringenti e non solo. In Italia, a dispetto di quanto non accada nel resto d'Europa, questo sistema costruttivo ha avuto un'adozione più lenta con crescente interesse attuale, nonostante la sua introduzione nel sistema normativo italiano sia riconducibile al lontano D.M. 19 giugno 1984, "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche", dove tra i sistemi costruttivi ammessi nel punto "C.1.

Sistemi costruttivi" viene riportato *"Strutture con pannelli portanti [...] prefabbricati o costruiti in opera. I pannelli possono essere costituiti da conglomerato cementizio o parzialmente armato, o da muratura armata"*. [4] Ma in Italia, e in particolare nel settore delle costruzioni, come noto le novità vengono accolte con una certa ritrosia.

Il primo decreto è stato seguito dal D.M. 16 gennaio 1996 che con la circolare n. 65 del 10 aprile 1997 descrive e approfondisce gli aspetti di questo sistema costruttivo.

In particolare, nel punto C.5.3. definisce la muratura armata come *"una tecnica costruttiva*

## SCHEDA TECNICA

|                      |  |
|----------------------|--|
| Oggetto              | Intervento di ristrutturazione edilizia di una unità immobiliare a destinazione residenziale |
| Località             | Parma  |
| Progetto strutturale | Ing. Andrea Battiglioni  |
| Cronologia           | 2021 (costruzione)   |
| Superficie           | 540 m <sup>2</sup>   |





Vista posteriore.

*che conferisce alle strutture murarie caratteristiche di monoliticità [...] tali da migliorarne in modo sostanziale il comportamento sotto l'azione sismica" [5] descrivendo successivamente le distanze massime per le disposizioni delle armature e la divisione tra armature richieste dall'analisi strutturale e quelle aggiuntive con i rispettivi posizionamenti in base alla loro funzione. Introduzioni e modifiche successive sono state aggiunte da Ordinanze del Consiglio dei Ministri arrivando fino alle attuali "Norme Tecniche per le Costruzioni" con l'ultimo aggiornamento del 2018 che definiscono la muratura armata come "costituita da elementi resistenti artificiali pieni e semipieni idonei alla realizzazione di pareti murarie incorporanti apposite armature metalliche verticali e orizzontali, annegate nella malta o nel conglomerato cementizio", [6] definendo gli aspetti dimensionali, spessore minimo 24 cm e*

rapporto di snellezza massimo di 15, le caratteristiche delle forature degli elementi in laterizio, compresa tra il 15 % e il 45%, le resistenze a compressione della malta, minimo di 10 MPa e la classe minima di resistenza per il conglomerato cementizio C12/15.

Negli ultimi anni, in Italia, la tecnica costruttiva più utilizzata, in conformità alla normativa in vigore e per i suoi vantaggi costruttivi, è quella della muratura armata diffusa, che consiste principalmente nell'integrazione di blocchi semipieni con barre verticali di acciaio ad aderenza migliorata immerse nel calcestruzzo o in malte con specifici requisiti.

Le armature verticali, con sezione minima di 2 cm<sup>2</sup>, devono essere inserite in fori con una sezione inscrivibile in un diametro di 60 mm e sono disposte negli angoli, negli incroci delle murature, ai lati delle aperture e nei lati liberi. Ulteriori armature diffuse orizzontali, in barre





Vista con intersezione volumi.

o a traliccio elettrosaldato, sono disposte ad una distanza massima, l'una dall'altra, di 60 cm e collegate a quelle verticali.

Nel caso in cui siano richieste ulteriori armature, a causa di maggior sollecitazioni, si possono inserire diffusamente delle armature orizzontali e verticali.

A completamento della struttura muraria, sono previsti cordoli di piano a distanza massima di 5 m, con armatura corrente di area minima 8 cm<sup>2</sup>, e staffe di diametro mai inferiore a 6 mm ed interasse non superiore a 25 cm.

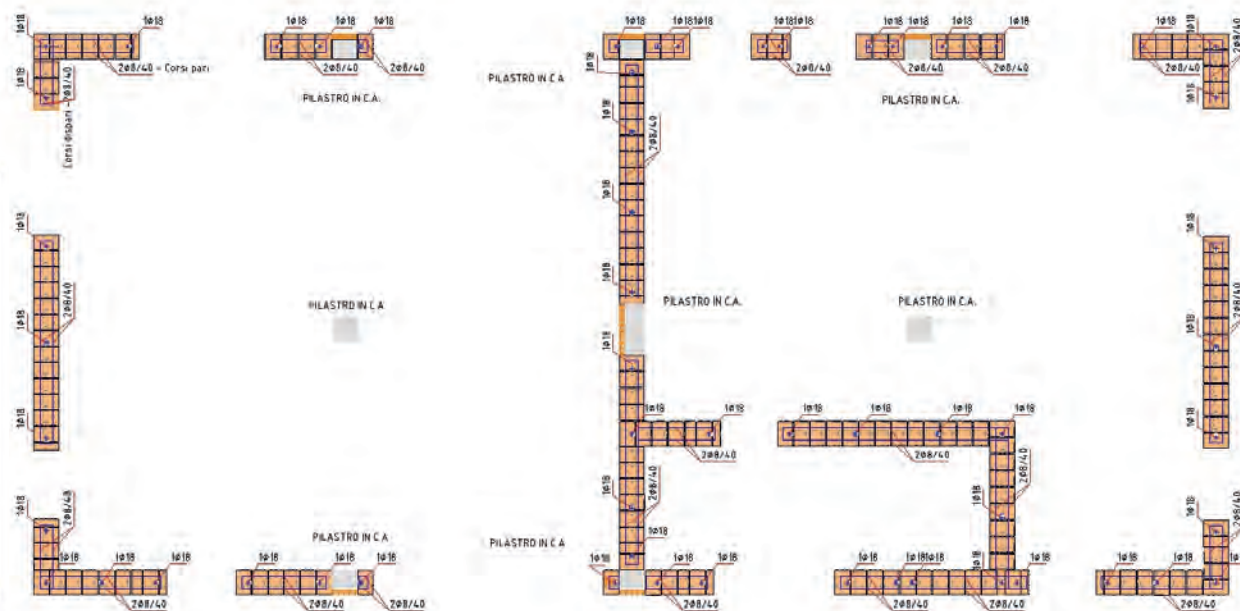
Il vantaggio principale introdotto da questo sistema costruttivo è un'elevata risposta alle azioni sismiche restituendo una struttura molto duttile con una maggiore capacità di deformazione, non raggiungibile senza l'unione di questi due materiali. Unitamente al comportamento nei confronti dell'azione sismica, l'impiego di questa tecnica costruttiva, a dif-

ferenza di strutture a telaio, riduce sensibilmente il rischio di fessurazioni, indotte dalle diverse caratteristiche dei materiali, e i problemi relativi a dispersioni termiche localizzate per discontinuità materica.

### **Meccanismi di incentivazione nell'impiego della muratura armata: il sisma bonus**

L'introduzione all'interno del Decreto Rilancio, D.L 19 maggio 2020 n° 34 convertito in legge n°77 del 17 luglio 2020, di incentivi fiscali (Superbonus) per la riqualificazione energetica e sismica ha innescato, in Italia, un notevole incremento negli interventi sul patrimonio esistente. L'opportunità, da parte dei cittadini, di intervenire sui propri beni immobili con delle agevolazioni, in alcuni casi pari all'intero importo dell'intervento, ha avuto una grande risonanza in tutto il territorio nazionale.

Pianta armatura maschi murari e schema di posa blocchi.



### Caratteristiche del sistema costruttivo in laterizio per muratura armata Normablok Più S40 MA

|   |   |
|---|---|
| Tipologia   | Laterizio alleggerito in pasta con isolamento diffuso in poliestere additivato con grafite Neoper di BASF |
| Spessore  | 40 cm   |
| Resistenza media a compressione nella direzione dei carichi verticali           | 15,0 N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza media a compressione nella direzione ortogonale ai carichi verticali | 3,0 N/mm <sup>2</sup>   |
| Trasmittanza parete con malta termica Danesi MTM10 e intonaco tradizionale *    | 0,217 W/m <sup>2</sup> K  |
| Sfasamento (malta tradizionale-parete intonacata)                               | 28,13 ore   |
| Attenuazione (malta tradizionale-parete intonacata)                             | 0,007   |
| Massa superficiale, al netto degli intonaci                                     | 360 kg/ m <sup>2</sup>  |
| Calore specifico  | 1000 J/kgK  |
| Potere fonoisolante   | 52,6 dB   |

Tra gli interventi di maggior interesse sicuramente vi è quello del sismabonus, che anche con gli ultimi aggiornamenti contenuti nel D.L. 77/2021 Semplificazioni Bis convertito in legge 108/2021 ed entrato in vigore il 31 luglio 2021, permette di accedere all'incentivo fiscale del

110% finalizzato alla riqualificazione sismica, attraverso più modalità di intervento. Tale incentivo è applicabile per il patrimonio immobiliare ubicato nelle zone sismiche 1, 2 e 3, oltre l'80% del territorio nazionale [7].

Tra i possibili interventi atti ad incrementare la sicurezza vi è la possibilità della demolizione e ricostruzione dell'intero fabbricato, mantenendo la stessa volumetria, con l'impiego di moderne tecniche costruttive contenute e declinate all'interno delle Norme tecniche per le costruzioni. In questa ultima direzione si è orientato l'intervento in analisi che, prevedendo la demolizione e successiva ricostruzione con l'impiego della tecnica costruttiva della muratura armata, restituisce un edificio tradizionale ma al contempo capace di rispondere, secondo gli attuali requisiti richiesti, alle azioni indotte anche da terremoti di intensità elevata.

### Demolizione e ricostruzione con l'impiego della muratura armata

Nel contesto collinare che caratterizza il Parco Regionale Dei Boschi di Carrega, nella provincia di Parma, è stato realizzato un intervento di demolizione e ricostruzione di un edificio a uso residenziale con l'utilizzo della tecnica co-



struttiva della muratura armata, impiegando i blocchi in laterizio alleggerito in pasta e con isolamento diffuso Normablok Più S40 MA, prodotti dalla Fornaci Laterizi Danesi.

L'intervento, concluso in anticipo rispetto alla consegna prevista, ha riguardato un vecchio manufatto edilizio realizzato in muratura a blocchi listata: nel rispetto degli aspetti tipologici e geometrici dell'originale, è stato ottenuto ovviamente un importante potenziamento del comportamento sismico ed energetico.

La nuova costruzione è costituita da 3 piani fuori terra con copertura a due falde e un'altezza alla linea di colmo di 9,36 m. La pianta, ricalcando la precedente costruzione, si presenta come l'intersezione di due rettangoli di differenti dimensioni restituendo una pianta a L. Gli orizzontamenti interni non ricalcano fedelmente la pianta dell'edificio realizzando delle doppie altezze, tra piano terra e primo piano, restituendo una flessibilità interna non percepibile dal prospetto e dalla forma compatta dell'edificio ispirata alla tradizione.

Le dimensioni complessive del rettangolo principale sono 19,20x9,27 m con un'impronta a terra di circa 180 m<sup>2</sup>.

Il progetto di ricostruzione di queste residenze ha visto l'impiego di materiali facenti parte della tradizione locale e in particolar modo appartenenti all'edilizia rurale che caratterizza questo territorio. I

l prospetto è scandito dal ritmo di lesene in laterizio che quadripartiscono la lunghezza dei prospetti maggiori riportando in alcuni casi il passo strutturale dei pilastri interni in calcestruzzo armato.

Le aperture, di varie dimensioni, diventano più grandi nel piano secondo arrivando da lesena a lesena, consentendo l'inserimento anche di grandi vetrate in grado di fornire maggior illuminazione interna. Al piano terra due grandi arcate danno accesso agli spazi con le doppie altezze mentre una più piccola segna l'ingresso ai collegamenti verticali.

Il volume compatto della costruzione si apre nel secondo piano, nel lato corto della pianta a L, lasciando una loggia, con copertura a doppia falda, pilastri in calcestruzzo armato rive-



Platea di fondazione.



Muratura armata in costruzione.



Collegamento pilastro-muratura armata.



Dettagli di cantiere.



stiti da laterizio a faccia vista e travi in legno lamellare. L'edificio, con le sue geometrie compatte ispirate alla tradizione rurale, si inserisce armonicamente nel contesto naturale del luogo collinare. La velocità realizzativa, il rispetto delle forme tradizionali unitamente a una tecnica costruttiva abbinata a materiali selezionati appositamente per questo intervento, restituiscono un'architettura dal carattere sobrio e dalle elevate prestazioni.

### Il sistema costruttivo

La struttura di fondazione è composta da una platea in calcestruzzo armato con uno spessore di 40 cm sulla quale sono realizzati dei cordoli in calcestruzzo armato nei quali sono predisposte le barre dell'armatura verticale di collegamento con gli elementi in laterizio. Questi cordoli, oltre ad adempiere alla loro funzione statica, elevano la struttura muraria dal terreno impedendone il diretto contatto. La struttura complessiva della nuova costruzione è del tipo mista, con pilastri in calcestruzzo armato con dimensioni 30x40 cm, 40x40 cm e 30x80 cm, e muratura armata.

La struttura mista, prevista dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni", consente di utilizzare diverse tecnologie purché la risposta all'azione tellurica provenga da elementi di identica tecnologia [8], come in questo caso dalla muratura armata. I pilastri sono disposti centralmente alla pianta seguendo la linea di colmo e in corrispondenza delle grandi aperture ad arco in sostituzione dei maschi murari, di dimensioni troppo esigue per assolvere alle opportune funzioni statiche.

L'involucro verticale è realizzato con la tecnica costruttiva della muratura armata con l'impiego dei Normablok Più S40 MA, blocchi in laterizio alleggeriti in pasta con isolamento diffuso in poliestere additivato da grafite Neoper di BASF e una foratura  $\leq 45\%$ . Questi blocchi, prodotti dalla Fornace Laterizi Danesi, hanno una dimensione di 40x25x19 cm, sono disposti con forature verticali e, uniti tra loro con una malta termo-sismica Danesi MTM10, restituiscono uno spessore di involucro, esclusi intonaci, di 40 cm. I blocchi impiegati hanno una

resistenza media a compressione verticale di  $15,0 \text{ N/mm}^2$  nella direzione parallela ai fori e di  $3,0 \text{ N/mm}^2$  nella direzione a essi perpendicolare, superiore a quella dettata nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni", rispettivamente di  $5 \text{ N/mm}^2$  e  $1,5 \text{ N/mm}^2$ . [6] L'armatura, disposta verticalmente e orizzontalmente seguendo i requisiti di norma è in acciaio B450C e il suo inserimento è semplificato dalla configurazione geometrica dei blocchi pretracciati. Tra gli obiettivi dell'intervento, oltre all'adeguamento sismico ed il conseguente salto di classe per l'accesso al sismabonus, un nodo centrale è stato l'efficientamento energetico che attraverso questi particolari blocchi ha permesso la realizzazione di un involucro verticale con una trasmittanza termica di  $0,21 \text{ W/m}^2\text{k}$ , con il raggiungimento di un comfort interno ottimale.

La muratura è completata all'intersezione degli orizzontamenti da un cordolo in calcestruzzo armato che ha la stessa altezza del solaio e uno spessore inferiore a quello della muratura sottostante, per permettere la predisposizione di un elemento in laterizio speciale volto all'eliminazione di ponti termici causati dalla discontinuità materica. I solai dei due orizzontamenti e il solaio di copertura sono in legno lamellare, mentre lo strato di rivestimento e completamento del tetto è realizzato con un manto di coppi in laterizio.

L'evoluzione della tecnica costruttiva della muratura armata, ad oggi, restituisce l'opportunità di realizzare strutture di diversa complessità e grandezza in ogni luogo.

La possibilità di essere un sistema costruttivo autonomo o abbinato ad altre tecniche, come la struttura mista dell'intervento descritto, assicura un elevato grado di flessibilità con notevoli vantaggi, orientando la scelta di questa tecnica costruttiva in un numero di interventi sempre maggiore.

Uno sviluppo reso possibile dall'adozione di costanti innovazioni di prodotto, come nel caso delle forme/dimensioni dei blocchi o dell'isolante termico inserito nelle forature, con l'obiettivo di semplificare e migliorare la posa in opera e le prestazioni del manufatto finale.



#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E NORMATIVI

- [1] A. Baratta; F. Nesi. Progettare e costruire con la muratura armata. *Costruire in laterizio*, 134 (2010), pp. 48-53
- [2] M. C. Torricelli; R. Del Nord; P. Felli. *Materiali e tecnologie per l'architettura*, Editori Laterza, Bari, 2001.
- [3] E. T. Miret. *Razón y ser de los tipos estructurales*, Consejo Superior De Investigaciones Científicas, Madrid, 2010.
- [4] D.M. 19/06/1984, Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.
- [5] D.M. 16/01/1996, Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- [6] NTC 2018, Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni
- [7] A. Di Fusco. Risparmio e sicurezza. Utilizzare il laterizio approfittando dei bonus casa 2021. *Costruire in laterizio*, 186 (2021), pp.78-82
- [8] F. Mosele; L. Bari. Strutture miste e fondazioni negli edifici in muratura portante. *Costruire in laterizio*, 149 (2012), pp. 64-68

Cantiere: rimozione dei ponteggi.