

Sistemi costruttivi in muratura armata di laterizio per edifici residenziali

La muratura armata è la tecnologia costruttiva ideale per gli edifici residenziali. Per poterne sfruttare al meglio le potenzialità è raccomandato utilizzare dei sistemi costruttivi appositamente progettati. È il caso dei sistemi costruttivi prodotti da Fornaci Laterizi Danesi, che conciliano requisiti di norma ed esigenze di progetto

Antonio Magarò, Architetto, PhD, Assegnista di Ricerca, Università degli Studi Roma Tre

KEYWORDS

Muratura armata

Edifici residenziali

Demolizione e ricostruzione

Sistemi costruttivi

Reinforced masonry
Residential buildings

Demolition and reconstruction

Building systems

La grande versatilità del laterizio e la sua affinità con le malte consentono di ottenere un proficuo abbinamento anche con l'acciaio, aprendo alla possibilità di realizzare sistemi costruttivi in muratura armata.

Si tratta di una tecnologia costruttiva storicizzata, dal momento che la prima applicazione consapevole di armature di rinforzo a paramenti in laterizio risale al 1813, quando l'ingegnere francese naturalizzato statunitense Sir Marc Isambard Brunel (1769-1849) ne propose l'applicazione alla realizzazione di una ciminiera in Inghilterra [1]. Sir Brunel fu un grande innovatore: ad egli si deve il brevetto (1918) dello scudo per perforazioni in avanzamento (oggi noto come "talpa"), in occasione del recupero del fallito progetto di un tunnel sotto la manica del 1807 [2]. I lavori durarono dal 1825 al 1842, tuttavia con un fermo dal 1827 al 1835 per conflitti con la committenza. Sicuro della sfida, anche nel caso del tunnel sotto la manica egli utilizzò la muratura armata, costruendo due pozzi in mattoni dello spessore di 76 cm, del diametro di 15 m che arrivavano a 21 m di profondità. Le murature furono armate verticalmente con barre in ferro battuto di 25 mm di diametro e orizzontalmente con piatti larghi 230 mm di spessore 13 mm [3]. A seguito di tale dimostrazione di poderosità nella realizzazione di strutture sollecitate, l'interesse per questa tecnologia crebbe in tutto il mondo. Nel 1837,

Charles Pasley (1780-1861), comandante del Genio militare inglese (*Corps of Royal Engineers*) condusse una serie di *stress test* su delle travi, conseguendo risultati molto simili a quelli di Brunel, sebbene all'epoca non si comprendeva completamente la relazione matematica in grado di esprimere la collaborazione intima tra laterizio e acciaio [1]. Le formule impiegate erano empiriche e inapplicabili al calcolo delle sezioni resistenti di laterizio e acciaio, tuttavia, grazie al diffondersi dei cementi anche nelle malte, l'interesse per questa tecnologia continuò a crescere. Le potenzialità diventano evidenti non solo nelle strutture fortemente sollecitate, ma soprattutto per la resistenza sismica: Nel 1906, a seguito del devastante terremoto che colpì San Francisco, uno dei pochi edifici a non subire crolli fu il Palace Hotel, costruito nel 1875. La pianta coincidente con il sedime di un intero isolato e alto 7 piani, era realizzato in muratura dello spessore di 90 cm, armata con barre d'acciaio disposte in orizzontale, ogni 90 cm, determinando una sorta di cerchiatura attorno all'intero edificio [4]. Le applicazioni si diradano fino al 1920, anche per effetto degli innamoramenti verso il calcestruzzo armato, finché, nel 1923, il Dipartimento dei Lavori Pubblici indiano pubblica una serie di studi comparativi tra la muratura armata e non armata, svolti in maniera sistematica su ogni tipo di elemento strutturale [5]. Tale rapporto dà inizio allo svi-



luppo moderno della muratura armata, soprattutto in India e Giappone, fortemente interessati dalle problematiche sismiche, come il nostro Paese.

In Italia, la muratura armata viene contemplata all'interno della normativa tecnica nel 1984 [6], tra i sistemi di prefabbricazione, ed era sottoposta a un Certificato di Idoneità Tecnica rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Tale adempimento viene superato nel 1996 [7] e rimane solo per le strutture prefabbricate. I requisiti degli elementi tecnici, i criteri progettuali, la definizione dei dettagli costruttivi e le modalità di verifica vengono aggiunti progressivamente fino a quando le Norme Tecniche per le Costruzioni sanciscono il definitivo affermarsi della muratura armata tra i tre sistemi costruttivi ammessi [8; 9].

Caratteristiche meccaniche e criteri progettuali

Come per la muratura ordinaria, i blocchi da impiegare per la muratura armata possono essere pieni e semipieni, quindi con una percentuale di foratura verticale non superiore al 45%. Per le costruzioni caratterizzate allo stato limite di salvaguardia della vita da accelerazione massima del suolo $a_g S > 0,075g$, condizione che potenzialmente si verifica in tre delle quattro zone sismiche in cui è classificato il territorio italiano, sono previsti specifici valori di resi-

stenza a rottura dei blocchi nella direzione portante o, in alternativa, specifici valori di resistenza media normalizzata nella medesima direzione e, contestualmente, valori specifici di resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante. La normativa individua una dimensione minima delle cavità in cui alloggiare le armature verticali, in modo da consentire l'inscrivibilità di un cilindro di almeno 6 cm di diametro, oltre a indicare la classe di resistenza minima della malte (M10) o dei calcestruzzi (C12/15) da utilizzare per il riempimento di tali cavità. Le risultanze sperimentali influenzano la normativa imponendo il completo riempimento dei giunti, escludendo quindi, in verticale, gli incastri o le tasche [9]. I criteri progettuali sono volti a garantire il mi-

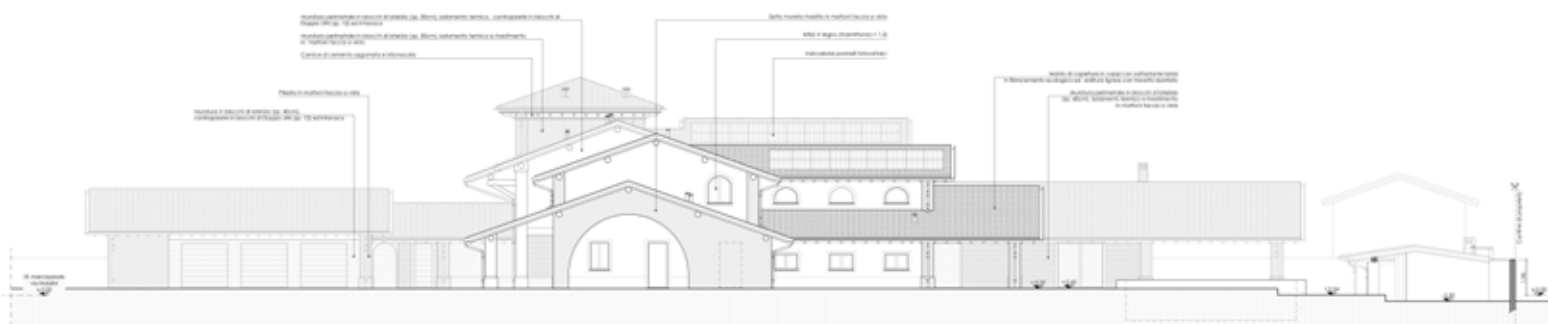
Edificio completato.

SCHEDA TECNICA

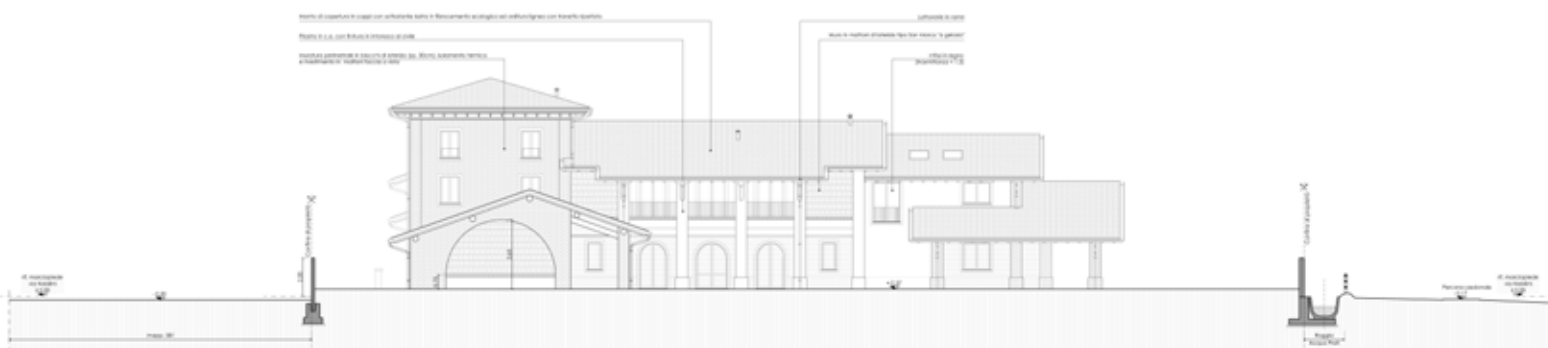
Oggetto	Due unità residenziali private
Località	Soncino, Cremona (Italia)
Committente	Moroni coperture s.n.c.
Progetto architettonico	Studio Piccioni Associato
Progetto strutturale	Studio Piccioni Associato
Cronologia	2022 (progettazione), 2025 (costruzione)
Superficie complessiva	1.317,54 m ²
Fotografie	Studio Piccioni Associato



Pianta piano primo.



Prospetto Ovest.



Prospetto Nord.

gior comportamento scatolare: sono escluse le murature "in falso", sono predilette le strutture regolari in pianta e in alzato con una sufficiente densità muraria nelle due direzioni ortogonali. I solai devono garantire un comportamento a diaframma e, per tramite dei cordoli, ripartire oltre ai carichi verticali, anche le sollecitazioni orizzontali vincolando i muri alle azioni fuori dal piano. Le coperture non devono essere spingenti, tuttavia, anche utilizzando il legno, si possono ottenere comportamenti rigidi senza l'impiego di cappe armate in calcestruzzo (che avrebbero l'effetto di incrementare la massa e quindi le azioni sismiche), utilizzando pannelli o tavolati doppi e tripli, a orditura incrociata.

Le prescrizioni specifiche per le zone sismiche sono solo due: spessore minimo 24 cm e rapporto di snellezza massimo pari a 15 che corrisponde a un'altezza massima di 3,75 m per muri di 25 cm di spessore. Tali normative hanno funzionato da stimolo anziché da vincolo per il progetto di Soncino.

L'edificio di Soncino: un caso applicativo da manuale, sebbene complesso

Il cambio di destinazione d'uso da rurale a residenziale di un edificio situato nel quadrante nordoccidentale del Comune di Soncino, già circondato dal tessuto cittadino più recente, ha consentito di ripensare e riprogettare l'edificio, demolendolo e ricostruendolo (con mantenimento del volume) e, pertanto, migliorandone la sicurezza strutturale e la prestazione termica, impiegando il sistema costruttivo in muratura armata basato sulle linee di blocchi Poroton P800 e Normablok Più delle Fornaci Laterizi Danesi.

Vengono realizzate due unità abitative, una disposta su tre livelli, l'altra su due, raccordati mediante scale interne e, nel caso dell'unità su tre piani, anche di una piattaforma elevatrice.

Le due unità abitative, pur condividendo il medesimo lotto, hanno accessi indipendenti: quella su tre livelli si attesta su Via Nobilini, sul versante nord, mentre quella su due livelli è accessibile dal percorso incidente di Via Benzi, sul lato ovest. Entrambe le unità abitative presen-



Strutture in elevazione.

tano un'organizzazione funzionale semplice con la zona giorno e una serie di spazi serventi al piano terra, mentre al piano primo si distribuisce la zona notte e i servizi igienici privati. Il terzo livello della prima unità abitativa è articolato in una serie di locali di servizio di altezza 2,40 m, di supporto all'abitazione.

Oltre agli spazi privati, sono previsti una serie di aree comuni, per la maggior parte spazi aperti, come la piscina o il grande giardino, mentre gli spazi compartimentati sono ancora una volta serventi e contigui agli spazi aperti: servizi igienici, spogliatoi, depositi, locali tecnici e un pergolato.

Tale articolazione determina un corpo a "C" delimitato da bracci leggermente asimmetrici sull'asse nord-sud mentre sull'asse ortogonale, l'impianto è bilanciato dalla contrapposizione di spazi residenziali e spazi comuni di servizio. Laddove si presentino delle irregolarità,

Il cantiere dall'interno.





Disposizione delle armature orizzontali con relative sovrapposizioni.

queste sono sempre lievi e comunque equilibrate nel computo delle masse, per effetto dell'ampliamento delle parti più corte o dell'interruzione sapiente dei corpi di fabbrica.

Tale impianto è naturalmente vocato ad essere realizzato in muratura armata, per la compattezza che tuttavia, non compromette l'ariosità e l'apertura degli spazi, la distribuzione oculata delle masse, il rapporto minimo tra i lati del rettangolo di iscrizione della pianta, etc. A completamento, il sistema costruttivo in blocchi Poroton P800 per muratura armata esalta la resistenza sismica della struttura regolare, e ne consente la sua realizzazione secondo le normative tecniche, garantendo sicurezza, semplicità di posa in opera, e una dislocazione distribuita dei carichi. Sui cordoli in calcestruzzo armato degli ultimi livelli si impostano una serie di portali in acciaio, ai quali si relazionano delle coperture lignee, impermeabilizzate, isolate e microventilate, rivestite da un manto di coppi in laterizio.

La prestazione termica è garantita, utilizzando un cappotto termico in lana di roccia, per non inficiare l'ottima traspirabilità del laterizio e la sua capacità di raggiungere l'equilibrio termo-igrometrico. Il Comune di Soncino si colloca in zona climatica E, con ben 2.389 gradi giorno, pertanto, la prestazione termica che l'involucro deve garantire non è banale. Il blocco di laterizio ad isolamento diffuso Normablok Più presenta all'interno dei fori un riempimento di polistirene espanso additivato di grafite. Tale combinazione tra un polimero di sintesi e un prodotto organico naturale vede

Disposizione della struttura in acciaio in relazione ai cordoli da gettare.



l'incremento della prestazione termica grazie alla capacità della grafite di assorbire e riflettere la radiazione infrarossa tipica della trasmissione per irraggiamento, riducendo il passaggio di calore. Il blocco Normablok Più si dispone al perimetro ed è in grado di relazionarsi perfettamente al blocco Poroton P800, del quale preserva la morfologia, la capacità portante e di alloggiare l'armatura, e al quale aggiunge un livello di isolamento termico elevato, finalizzato alla chiusura di eventuali ponti termici in prossimità dello spiccato dalle fondazioni in calcestruzzo armato. La possibilità di utilizzare un intero sistema costruttivo, che prevede due tipi di blocchi con i relativi sottomultipli e un'apposita malta che coniuga prestazione termica e meccanica, riduce gli errori di posa potenziali a tutto vantaggio della durabilità della costruzione. Completano l'involucro i serramenti in legno progettati per il risparmio energetico e per l'isolamento acustico, mentre il rivestimento è in parte in intonaco (tinteggiato ai silicati e decorato secondo indicazioni preesistenti e prescrizioni comunali), in parte in materiale lapideo locale o in cotto paramano, tipico dell'edilizia lombarda.

Il sistema costruttivo in muratura armata

L'edificio in muratura armata è pensato come una struttura tridimensionale, in grado di resistere in maniera scatolare alle sollecitazioni da qualsiasi parte provengano, coinvolgendo tutti i muri come diaframmi rigidi perfettamente ammassati. Ciascuno di essi deve svolgere funzione portante per i carichi verticali e di controvento quando la sollecitazione è orizzontale. Questo vale anche per gli orizzontamenti che devono assicurare, per resistenza e rigidità, la ripartizione delle azioni orizzontali tra i muri di controventamento. Per garantire tale comportamento d'insieme, la soluzione migliore è quella di affidarsi ad un sistema costruttivo, anziché all'impiego di un singolo elemento per la realizzazione di murature.

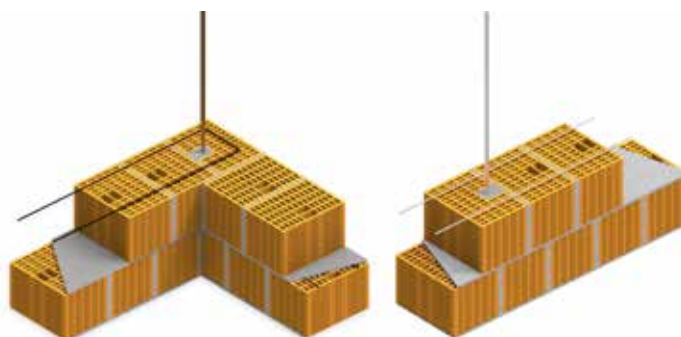
Elementi fondanti del sistema costruttivo in muratura armata impiegato sono i blocchi Poroton P800 40.19.25 e 30.19.21 delle Fornaci

Tabella 1. Confronto prestazionale tra i blocchi del sistema in muratura armata di Fornaci Laterizi Danesi, spessore 40 cm

	Normablok Più S40 MA		P800 MA 40.19.25	
Caratteristiche generali	val.	u.d.m.	val.	u.d.m.
Lunghezza	25	cm	25	cm
Larghezza	40	cm	40	cm
Altezza	19	cm	19	cm
Percentuale di foratura	≤ 45	%	≤ 45	%
Peso dell'elemento	17	kg	17	kg
Spessore muratura	40	cm	40	cm
Pezzi per unità di superficie	19	pz/m ²	19	pz/m ²
Pezzi per unità di volume	48	pz/m ³	48	pz/m ³
Caratteristiche strutturali				
Resistenza media a compressione (direzione dei carichi verticali)	15	N/mm ²	15	N/mm ²
Resistenza media a compressione (direzione ortogonale ai carichi verticali)	3	N/mm ²	3	N/mm ²
Caratteristiche termiche				
Trasmittanza termica (con malta termica Danesi MTM10 e intonaco tradizionale)	0,217	W/m ² K	0,398	W/m ² K
Capacità termica areica interna periodica (prestazione che garantisce il comfort abitativo)	42	kJ/m ² K		kJ/m ² K
Sfasamento (malta tradizionale, parete intonacata)	28,13	ore	19,50	ore
Attenuazione (malta tradizionale, parete intonacata)	0,007	-	0,050	-
Trasmittanza termica periodica (malta tradizionale, parete intonacata)	0,001	W/m ² K	0,025	W/m ² K
Massa superficiale (al netto degli intonaci)	360	kg/m ²	420	kg/m ²
Calore specifico	1000	J/kgK	1000	J/kgK
Coefficiente di diffusione del vapore acqueo	5-10	-	40	-
Comportamento al fuoco				
Resistenza al fuoco	240	REI	240	REI
Comportamento acustico				
Potere fonoisolante (calcolato con la legge della massa)	52,5	dB	53,5	dB

Laterizi Danesi. Tali blocchi sono ideali per la realizzazione di murature armate (anche se si utilizzano anche per le murature ordinarie) in tutte le zone sismiche, negli spessori, rispettivamente, di 40 e 30 cm. La percentuale di foratura è inferiore al 45%, il che li configura come blocchi semipieni. Gli spessori (insieme al blocco da 25 cm) sono stati studiati per migliorare la messa in opera del materiale, assecondando le armature verticali, anche nel caso di interassi ridotti. I setti dei blocchi che si di-

Assonometrie di dettaglio del sistema Fornaci Laterizi Danesi.





Cordoli inclinati, prima del getto.



L'edificio in fase di completamento.

spongono parallelamente al piano sono continui e rettilinei e si interrompono solo localmente in corrispondenza della tasca di alloggiamento dell'armatura.

La configurazione geometrica dei blocchi è regolare ed essi sono progettati per avere una cartella facilmente rimovibile per la realizzazione dell'alloggiamento continuo per l'armatura verticale, favorendo l'inserimento laterale del blocco. Il vano che si determina è dell'ampiezza minima prevista dalla normativa. La continuità verticale consente di essere saturata agevolmente di malta fluida o calcestruzzo. Le armature sono ad aderenza migliorata in acciaio B450A o B450C, di uso comune nelle strutture in calcestruzzo armato. Le barre verticali hanno diametro 16 mm ovvero di sezione pari a circa 2,01 cm², appena superiore a quanto prescritto dalla normativa. Le armature orizzontali sono

barre da 6 mm di diametro (> 5 indicato sulla norma), e sono annegate nei giunti di malta (due barre ogni sei corsi), al fine di fornire un incremento della resistenza ai carichi fuori dal piano, contribuire al controllo della fessurazione e fornire flessibilità all'insieme. Il sistema è completato da un'apposita malta che garantisce una resistenza a compressione di 10 N/mm².

Conclusioni

I sistemi costruttivi in laterizio per muratura armata prodotti da Fornaci Laterizi Danesi rispondono in maniera esemplare alle prescrizioni di norma, grazie anche alla gamma completa di prodotti a integrazione degli elementi principali. Oltre alle malte che rispondono tanto alla prestazione meccanica quanto alla prestazione termica, Fornaci Laterizi Danesi produce alcuni sottomultipli del blocco, con conformazione a "C" per disporsi in maniera speculare a generare l'alloggiamento dell'armatura, o con conformazione parallelepipedica per garantire l'ammorsamento corretto soprattutto nei giunti a "T" delle murature. I fori di questi semplici pezzi speciali, al netto di piccole variazioni nella sezione dei blocchi, consentono di inserire l'isolamento diffuso [10] ed eventualmente completare il sistema costruttivo anche dal punto di vista della prestazione termica.

Tale sistema costruttivo consente di contenere la superficie in pianta della sezione resistente in zona sismica, incrementando la flessibilità distributiva e riducendo il peso proprio della struttura. Inoltre, consente di realizzare muri più snelli e, pertanto, più alti a parità di spessore, risultando ideale per la realizzazione di edifici residenziali del tipo a villa isolata. Come dimostrato nell'ambito della descrizione del cantiere di Soncino, la muratura armata si coniuga in maniera eccellente tanto con il calcestruzzo armato per fondazioni e cordoli, quanto con le strutture lignee o in acciaio di solai e coperture. Infine, per effetto dell'assenza di casseforme, rispetto a una costruzione a telaio in calcestruzzo armato, è possibile (con un'adeguata progettazione) risparmiare sui costi di costruzione, e sui tempi di esecuzione.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] The brick Industry Association, Technical Notes on Brick Construction, Technical Notes, n. 17 – Reinforced Brick Masonry, Reissued Oct. 1996.
- [2] H. Bagust, The Greater Genius?, Ian Allan Publishing, London (UK), 2006.
- [3] R. Beamish, Memoirs of the Life of Sire Marc Isambard Brunel, Longmans, London (UK), 1862.
- [4] M.W. Berger, The Old High-Tech Hotel. Invention and Technology, (1995), 46-52.
- [5] A. Brebner, Notes on reinforced brickwork, Technical Paper, no. 38, Government of India, Public Works Department, India, 1923.
- [6] Ministero Lavori Pubblici, Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche, D.M.LL.PP. 19/06/1984.
- [7] Ministero Lavori Pubblici, Norma tecniche per le costruzioni in zone sismiche, D.M.LL.PP. 16/01/1996.
- [8] Ministero delle Infrastrutture, Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14/01/2008.
- [9] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17/01/2018.
- [10] A. Baratta; L. Calcagnini; A. Magarò; C. Piferi, L'evoluzione dei prodotti in laterizio. I blocchi ad isolamento diffuso per le murature armate, Costruire in Laterizio, 176 (2018), pp. 82-87.