

Adolfo F.L. Baratta

La muratura a sacco armata: l'esperienza di Massimo Carmassi

La muratura a sacco armata rappresenta una delle soluzioni tecniche più sofisticate e complesse per realizzare una struttura portante faccia a vista. Ma, allo stesso tempo, è la soluzione che più di altre fornisce potenzialità costruttive e formali di alto livello

FOTOGRAFIE Studio Carmassi
DISEGNI Matteo Franceschi

L'archetipo costruttivo La rivisitazione storica della muratura a sacco, soprattutto se riletta nella sua essenza, rende attuale lo studio delle differenti modalità di realizzazione delle strutture portanti rispondenti alle condizioni locali del mercato dei prodotti, all'evoluzione delle normative e al valore estetico attribuito ai diversi assetti delle murature. L'introduzione della calce presso i Romani nel IV e III sec. a.C. porta alla diffusione di una muratura cosiddetta "alla romana" costituita, cioè, da un nucleo centrale, costipato mediante battitura, e da due cortine esterne che fungono da casseforme a perdere e da elementi strutturali portanti. Il getto del nucleo centrale, costituito da pietrame vario e scarti di laterizio legati con malta di calce e pozzolana (*opus caementicium*), veniva interrotto ogni 4-5 piedi (120-150 cm) per la disposizione dei *diatoni*, elementi trasversali in laterizio con funzione di legatura, controventamento e ripartizione dei carichi.⁽¹⁾

La realizzazione dell'involucro vide la graduale affermazione dell'uso del laterizio, prima nei punti più sollecitati (agli incroci e in prossimità delle aperture), come parte di tessiture murarie miste, poi singolarmente a realizzare l'intera cortina esterna. A seconda della forma di questi rivestimenti, la tripartizione portava a diverse soluzioni tra cui l'*opus testaceum*, caratterizzato da una fodera costituita da mattoni di laterizi, prima crudi e più tardi cotti, collocati nel piano e legati da malta di calce.

Questo sistema consentiva di eliminare praticamente l'uso di casseforme in legno e di controllare accuratamente l'allineamento verticale e orizzontale della muratura. In Italia, il suo impiego si diffonde facilmente in tutte le regioni, grazie anche all'esperienza degli Etruschi, attraverso una fitta rete di fornaci.

Nel periodo bizantino, la muratura a



Terme di Caracalla a Roma, III sec. a.C.
(foto di Alfonso Acocella).

sacco continua a riscuotere grandi riconoscimenti; il ruolo del laterizio assume un'importanza assai maggiore che in precedenza a discapito, tuttavia, di un netto peggioramento della qualità del nucleo cementizio.

Il muro a sacco medievale non si discosta molto da quello romano, anche se i paramenti esterni si svincolano ulteriormente da un nucleo centrale costituito da un materiale sempre più incoerente. Il progressivo impoverimento del nucleo porta in epoca rinascimentale alla prima diversificazione tra elemento portante ed elemento portato: mentre i tamponamenti potevano essere realizzati con murature a sacco, le parti strutturali cominciavano ad essere realizzate con murature monostrato ben apparecchiate. Nei secoli successivi, tale tecnica costruttiva viene progressivamente abbandonata.

Mentre all'estero la tipologia muraria a



Particolare dei setti murari pluristrato in fase di realizzazione.



Legatura tra l'armatura verticale del setto in calcestruzzo con i graffiaggi della muratura.

sacco ha continuato ad essere apprezzata – si pensi alle opere di Louis Kahn negli Stati Uniti o all'architettura spagnola di Rafael Moneo – in Italia, dopo essere stata quasi bandita, viene ripresa soltanto negli ultimi decenni da architetti, come Pietro Carlo Pellegrini e Massimo Carmassi, che vogliono tornare ad attestare l'importanza dell'uso del mattone faccia a vista in una composizione in grado di esprimere con estrema chiarezza un'architettura vigorosa ed avvolgente.

Descrizione del sistema La normativa italiana, in modo più o meno esplicito, considera come portanti soltanto le murature monostrato con elementi collegati a malta e sfalsati tra loro. Rimangono fortemente penalizzate le murature cave e le cosiddette “murature articolate”, piuttosto diffuse nei Paesi dell'Europa e dell'America settentrionale. Si tratta di soluzioni sicuramente più

complesse rispetto alla tradizionale muratura monostrato.

Le murature cave sono costituite da un doppio tavolato collegato al suo interno da staffe metalliche e con una cavità interposta che può essere riempita di calcestruzzo (armato e non).

La muratura articolata presenta, invece, degli elementi intersecanti che legano tra di loro i paramenti esterni incrementandone la rigidità trasversale.

I tipi di muratura articolata possono essere molto diversi.⁽²⁾

La muratura a labirinto, così come quella a maglia, riproduce una soluzione in cui le cavità non sono mai continue in nessuna direzione; la muratura a cunicolo presenta una cavità continua orizzontale, con elementi di connessione fra i due tavolati generalmente posti di piatto; la muratura a diaframma è caratterizzata da una maggiore distanza tra le due cortine perimetrali, entrambe di spessore più

contenuto, con setti murari trasversali di collegamento a tutta altezza per ridurre i fenomeni di instabilità laterali determinati dalla snellezza delle singole parti (la stabilità è pertanto determinata per forma).

Fatta eccezione per le murature a labirinto e a maglia, che non presentano delle cavità continue, in tutti gli altri tipi di muratura le suddette cavità possono essere utilizzate per alloggiare materiali isolanti, quale spazi tecnici per reti impiantistiche o per getti integrativi di conglomerato cementizio con eventuali armature di rinforzo.

In questo ultimo caso, l'armatura metallica ha il compito di resistere a sollecitazioni di trazione eventualmente indotte nella muratura da stati di flessione o presso flessione, come anche di migliorare la duttilità della stessa muratura in presenza di azioni dinamiche (vento, eventi sismici). La muratura armata con-



Particolare della struttura muraria pluristrato di un edificio di nuova costruzione.

centrata si presenta come una sorta di telaio con gli elementi verticali disposti alle estremità dei setti murari, in corrispondenza degli innesti, degli incroci e dei bordi liberi, e gli elementi orizzontali posizionati in corrispondenza del cordolo di piano. Al contrario, la muratura armata diffusa è caratterizzata da un'armatura collocata ad interasse regolare lungo tutto lo sviluppo della parete.

Anche in questo caso, a seconda del tipo, esistono soluzioni diverse.

La muratura a diaframma consente di realizzare delle cavità verticali continue all'interno delle quali si può inserire un'armatura metallica a barre: naturalmente è necessario conoscere l'esatta posizione delle cavità presenti nella muratura sin dalla realizzazione delle fondazioni, così da poter predisporre i collegamenti dei ferri ai diversi livelli.

Con la muratura a sacco tale problema è superato dalla maggiore semplicità morfologica della parete stessa.

In particolare, la muratura a sacco con armatura nell'intercapedine è ideale in ambienti aggressivi perché permette di realizzare murature monolitiche di elevata solidità: l'acciaio dell'armatura è infatti completamente avvolto dal calcestruzzo, a sua volta protetto dal prezioso rivestimento in laterizio.

La struttura è concepita, dunque, come un'unica scatola muraria realizzata da due

pareti esterne dello spessore di una testa in laterizio a vista e un getto interno in conglomerato cementizio armato. La monoliticità del setto è ottenuta mediante graffe di acciaio che tendono a eliminare i rischi di sconnessione fra il nucleo e le cortine derivanti dal ritiro del conglomerato nel periodo di maturazione.

La successione operativa La scelta di adottare una soluzione di muratura a sacco armata implica necessariamente una precisa organizzazione di cantiere che richiede anche la redazione di accurati elaborati grafici con l'esplicazione delle modalità di montaggio, soprattutto laddove si vogliono realizzare fregi o modanature particolari.

Si inizia realizzando la prima parete del muro a cassa vuota, inserendo i graffaggi ed evitando di superare i 2 metri di altezza per evitare possibili cedimenti.

Una volta posizionata l'armatura verticale e dopo averla sovrapposta e legata con i ferri di ripresa della fondazione, si realizzano i primi 8-12 corsi di mattoni (circa 70 cm di altezza) della seconda parete.

Una volta che la malta della muratura ha fatto presa (quindi dopo almeno 12-15 ore) si procede al getto di riempimento dell'intercapedine creatasi tra le pareti, con un calcestruzzo di normale consistenza. Se il getto avvenisse per porzioni di muratura di altezza superiore, la parete

fresca potrebbe deformarsi sotto la spinta del calcestruzzo e, inoltre, potrebbe risultare più complicato eseguire altre operazioni connesse al riempimento dell'intercapedine: per evitare che si creino delle discontinuità o delle cavità che attraversano la muratura, è infatti necessario vibrare attentamente ogni strato gettato per espellere l'aria presente.

Nel corso di tali operazioni, ripetute fino al compimento dell'elemento verticale, è necessario prestare attenzione ad alcuni accorgimenti, al fine di ottenere risultati soddisfacenti.

Prima di gettare il calcestruzzo, occorre accertarsi che i ferri dell'armatura non siano sporchi di malta, così da non compromettere l'aderenza e indebolire la struttura.

È inoltre necessario scegliere i leganti con estrema cura, così da prevenire le efflorescenze, nonché bagnare bene i paramenti murari in laterizio per evitare che assorbano l'acqua dell'impasto.

Il posizionamento delle graffe avviene contemporaneamente alla realizzazione delle cortine, facilitando l'immediato controllo del parallelismo delle pareti esterne che funzionano da vere e proprie casseforme a perdere.

Per assicurare un corretto posizionamento dell'armatura verticale, è possibile legarla ai graffaggi della muratura, avendo però l'accortezza, qualora questi

siano in acciaio inox, di non porli in diretto contatto con l'armatura in acciaio dolce, in modo da evitare fenomeni di corrosione bimetallica.

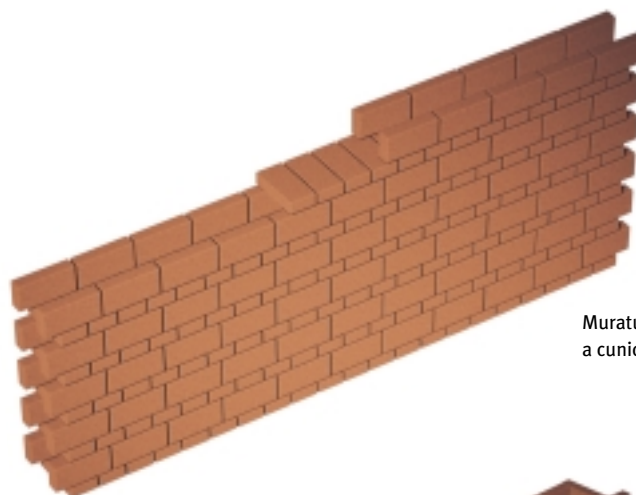
Infine, è utile prestare particolare attenzione durante la fase del getto in calcestruzzo perché se quest'ultimo sporca le superfici esterne dei paramenti, difficilmente si riuscirà ad eliminare le macchie. Infatti non è un caso che nel *Capitolato Speciale di Appalto*, alla descrizione delle modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro, lo stesso Carmassi raccomanda di "impiegare la massima cura nell'evitare di sporcare la muratura con schizzi di malta e con il contatto inopportuno di impalcature" e addirittura di "pulire ogni sera prima della fine dell'orario di lavoro le impalcature stesse", anche se tutto ciò non sempre si combina con gli abituali tempi e modalità operative delle ditte appaltatrici.

Possibili patologie: le efflorescenze

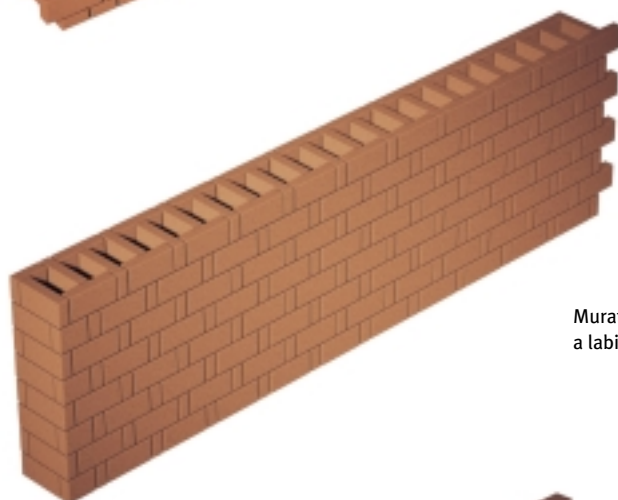
Come scrive Giorgio Brambilla nel suo "Manuale del mattone faccia a vista", la scelta della muratura a sacco armata deve essere ben ponderata soprattutto "in relazione alla possibilità di insorgenza di efflorescenze causate dai sali contenuti nel cemento".⁽³⁾

Con il termine *efflorescenza* (dal latino *efflorescere*, cominciare a fiorire) si indica la proprietà di alcuni composti cristallini di perdere, se esposti all'aria, l'acqua di cristallizzazione divenendo opachi e riducendosi in polvere. Comunemente, per efflorescenze si intendono quei depositi biancastri dovuti ai sali solubili che migrano in superficie quando l'acqua nella quale sono contenuti si dissolve evaporando. Cosa ben diversa è il salnitro che spesso viene erroneamente abbinato all'efflorescenza: si tratta, invece, di una combinazione di nitrato di calcio, magnesio e potassio che si trova nel terreno e che può migrare nelle murature non correttamente impermeabilizzate.

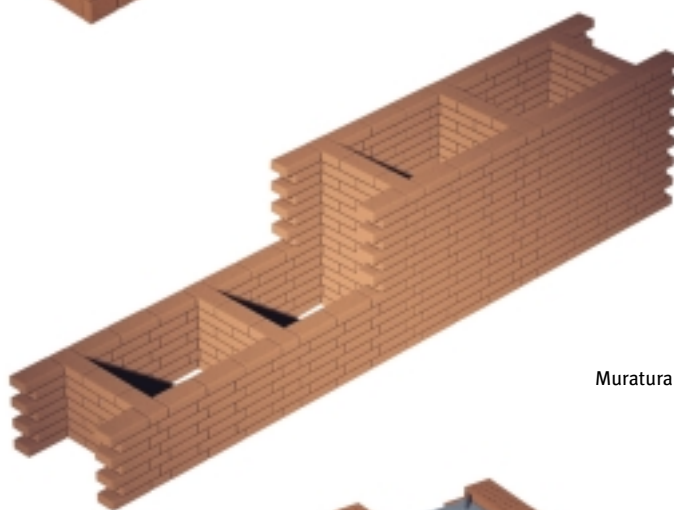
La condizione necessaria alla formazione delle efflorescenze è la presenza contemporanea di sali solubili e acqua. Dopo aver sciolto i sali portandoli in soluzione,



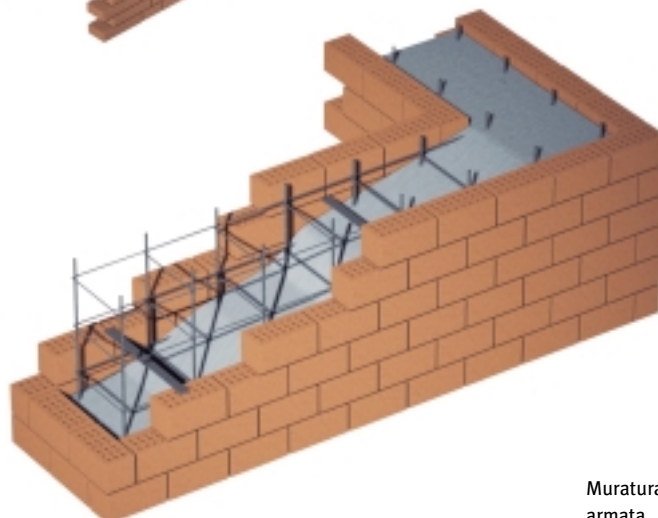
Muratura cava a cunicolo.



Muratura cava a labirinto.



Muratura a diaframma.



Muratura a sacco armata.

quando l'acqua evapora e il muro si asciuga la soluzione salina si concentra in superficie, dato che la stessa acqua evaporando li porta verso l'esterno, diventando deposito. Mentre in una comune muratura in laterizio le efflorescenze possono essere causate dalla presenza della malta applicata tra i diversi corsi, nella muratura a sacco il rischio è maggiore anche per la presenza di un getto di conglomerato cementizio a diretto contatto con una faccia del mattone.

In questo caso, il laterizio, essendo un materiale poroso, tende ad assorbire l'acqua necessaria alla presa idraulica del calcestruzzo pregiudicandone le caratteristiche meccaniche.⁽⁴⁾

Prevedere quando e dove l'efflorescenza si manifesterà è molto difficile dato che i fattori che influiscono su tale fenomeno sono diversi: il tipo di sali, il livello di asciugatura dovuto all'irraggiamento solare e al vento, il grado di saturazione della muratura, il tipo di calcestruzzo e laterizio impiegati, ecc.

È comunque necessario distinguere tra le efflorescenze dovute semplicemente all'asciugatura di una muratura nuova, che spariscono spontaneamente con il tempo, e quelle che, a seguito della periodica bagnatura della pioggia e della naturale asciugatura, hanno una persistenza ciclica che le rende ben visibili.

Il rischio di efflorescenze non può essere completamente eliminato poiché non è possibile rimuovere i sali presenti nel calcestruzzo e nelle malte e nemmeno mantenere i mattoni completamente asciutti. È però possibile ridurre la quantità di acqua che può penetrare nella muratura durante e dopo la costruzione.

Nel caso della muratura a sacco armata, una efficace soluzione è quella di bagnare la muratura fino alla saturazione prima del getto (mentre per i mattoni estrusi è sufficiente una abbondante spruzzatura, i mattoni del tipo "in pasta molle" devono essere prima immersi nell'acqua per mezz'ora circa), anche se tale accorgimento male si addice alla frenetica attività di cantiere che richiede tempi sempre più contratti.

Una valida alternativa potrebbe essere quella che, per effetto di una pellicola protettiva di idrorepellente a basso potenziale coprente sul lato a diretto contatto con il conglomerato cementizio, porta a una riduzione della quantità di acqua che penetra nella muratura. Così facendo, lo scambio idrico, pur non essendo completamente eliminato, viene comunque sensibilmente ridotto.

È tuttavia evidente che, viste le numerose variabili in gioco, non esiste una soluzione al problema valida per ogni occasione.

Le prestazioni in opera La muratura a sacco armata, oltre a permettere la realizzazione di interventi caratterizzati da una particolare complessità spaziale, garantisce anche una buona coibenza termica, una massa inerziale ideale per il controllo delle condizioni climatiche estive e un'ottima resistenza strutturale anche alle azioni sismiche più gravose.

Relativamente alle implicazioni spaziali, rispetto alle più tradizionali soluzioni murarie mostrate in mattoni o blocchi, la soluzione a sacco armata consente di realizzare ampi volumi, indipendentemente da regole compositive limitative quali la serrata organizzazione spaziale a cellule e la regolarità e continuità delle pareti.

Attraverso tale tecnologia non è necessario progettare con parsimonia la foratura dei muri o allineare tra loro le aperture perché, per effetto delle elevate prestazioni meccaniche, è consentita la ricerca di nuove forme ed espressioni pur rimanendo comunque ancorati ad una architettura tradizionale, non solo nel significato figurativo ma anche nella specifica funzionalità.

Di fatto, con la muratura a sacco armata si recupera la coincidenza tra elementi strutturali e involucri perimetrali, perduta con il diffuso impiego contemporaneo di strutture intelaiate, essenziale per raggiungere un'unitarietà di forma e struttura; non sono più necessarie le pareti di controventamento e gli spazi interni sono così più liberi da vincoli, prestandosi alle più differenti suddivisioni e a successive modifiche senza per questo perdere la

propria identità originaria; è possibile realizzare spazi dimensionalmente rilevanti, collegati tra loro in modo fluido e continuo.

Nella muratura a sacco armata una possibile complicazione è data dalla necessità di progettare attentamente la distribuzione impiantistica: nell'iter convenzionale nasce prima il progetto degli spazi della costruzione e solo successivamente vengono presi in considerazione gli impianti. Un atteggiamento del genere può determinare una situazione conflittuale tra i due sistemi con conseguenze dirette sia in fase costruttiva che di uso degli spazi. Una più corretta cultura del progetto deve considerare le reti impiantistiche come elementi essenziali e condizionanti della soluzione architettonica adottata, rendendo così più semplice il processo costruttivo e agevolando tutte le operazioni gestionali e manutentive relative agli impianti.

A tale proposito è possibile percorrere due distinte strade: la prima è quella che prevede un'attenta e dettagliata descrizione, in fase di progetto, dei percorsi delle reti impiantistiche e quindi l'accurato posizionamento in fase di esecuzione; la seconda, sicuramente più radicale, esclude le murature come possibili alloggi degli impianti dirottando gli stessi nelle pavimentazioni e nelle pareti interne non strutturali.

L'esperienza di Massimo Carmassi Nella definizione delle sue architetture, Carmassi riflette gli insegnamenti derivanti dall'attenta lettura dei segni, dei materiali e delle tecniche essenziali "per una loro riorganizzazione linguistica ai fini di un uso in chiave moderna".⁽⁵⁾

La scelta del mattone, come elemento a cui affidare l'immagine complessiva della sua architettura, dipende innanzitutto dalla ricerca di continuità con il disegno consolidato del contesto in cui opera: la sua capacità di qualificare l'uso del mattone, affidandogli sempre e comunque una funzione portante, lo rende riconoscibile nell'attuale panorama architettonico. È proprio per questo motivo che nei



Un'attenta pulizia del cantiere è indispensabile a garantire la buona riuscita dell'impiego di elementi di laterizio faccia a vista.



Particolare della esecuzione delle murature a sacco armate a San Michele in Borgo, a Pisa (1986-92).

suoi interventi di recupero e riqualificazione la muratura a sacco armata si adegua alle tecnologie costruttive delle diverse realtà determinate dall'integrazione con le strutture preesistenti, senza però rinunciare alla ricerca e alla sperimentazione.

Nel Cimitero di Arezzo (1992-2004), la muratura a sacco armata gli consente, ad esempio, di realizzare dei lunghi setti in laterizio senza l'ausilio di contrafforti o propaggini, reinterpretando quindi in chiave moderna l'aspetto formale di una tecnica muraria antica (lo stesso Carmassi individua nell'architettura medievale e romana i riferimenti storici della sua opera). In tale occasione, la muratura a sacco armata è costituita da due pareti di mattoni pieni a una testa, poste ad una distanza di 39 cm, collegate mediante staffe di ferro piatto a C connesse alla fac-

cia superiore dei mattoni mediante fori e resina epossidica, distribuite uniformemente nel numero minimo di 4 ogni metro quadrato. Particolarmente interessante è la libertà nella disposizione compositiva delle aperture.

Così Carmassi è in grado di realizzare ampie fenditure verticali, che tagliano l'edificio quasi per l'intera altezza, possenti archi a tutto sesto, aperture circolari strombate e arcate a ghiera rastremate che sottolineano, attraverso le marcate ombre proiettate, il vigoroso spessore murario. A tale riguardo è significativa anche la realizzazione di residenze e servizi a San Michele in Borgo a Pisa (1986-92), ampiamente pubblicizzata per la buona riuscita degli intenti progettuali, dove pur "valorizzando le stratificazioni morfologiche del luogo" (in alcuni punti la nuova muratura a sacco si innesta direttamente

su quella preesistente) "tentando di trovarne un naturale proseguimento",⁽⁶⁾ la ripresa delle strutture originarie ha portato ad un linguaggio comunque contemporaneo anche grazie alla ritmata successione di vuoti e di pieni. ¶

Note

1. Latina C., *Muratura portante in laterizio*, Edizioni Laterconsult, Roma 1994, p. 13.
2. Torricelli M. C., Del Nord R., Felli P., *Materiali e tecnologie dell'architettura*, edizioni Laterza, Roma-Bari 2001.
3. Brambilla G., *Il manuale del mattone faccia a vista*, Edizioni Laterservice, Roma 2000, p. 368.
4. Il rapporto acqua-cemento teoricamente ideale è di 0,42 e, in relazione alla lavorabilità (consistenza e slump), si definisce la quantità di acqua assoluta.
5. Acocella A., *L'architettura dei luoghi*, Edizioni Laterconsult, Roma 1992, p. 476.
6. Latina C., *Muratura portante in laterizio*, Edizioni Laterconsult, Roma 1994, p. 436.