

**La riparazione dei solai in laterocemento dipende dalle tipologie del danno: queste, più che le regole prefissate, ne indicano la metodologia di intervento**

## La riparazione delle strutture presso-inflesse in laterocemento

Fino a qualche decennio fa, i materiali “storici” impiegati nelle costruzioni, mentre corrispondevano alle primarie esigenze strutturali di progetto, erano in grado di contrastare anche gli effetti di un possibile degrado e il naturale invecchiamento.

L’abbondanza delle sezioni nei muri e nei solai, spesso a volta piena, con orditura di trave in legno o in ferro, lasciavano un notevole margine temporale all’usura. In presenza di fenomeni particolari, portatori di lesioni o rotture, la tecnica più praticata consisteva nella totale o parziale sostituzione delle parti danneggiate più che a vere e proprie riparazioni; ciò era possibile perché le strutture erano “sezionabili” in funzioni ben distinte: trave portante, trave secondaria, materiale di alleggerimento o riempimento, di calpestio, ecc. Con l’introduzione, nei sistemi costruttivi degli impalcati da solaio, delle strutture miste in laterocemento, la possibilità di lesioni parziali nella tessitura del materiale richiede, anche per motivazioni economiche, la possibilità di interventi, di riparazione con tecniche e materiali specifici atti ad integrare e ricostituire sia la funzione portante che di prevenzione.

La monoliticità strutturale di un impalcato a travetti e blocchi o a pannelli in laterocemento è una premessa su cui si basa la statica e la funzionalità di queste strutture, per cui difficilmente si può operare per sostituzioni o demolizioni parziali. Inoltre, l’eventuale aggiunta di strutture di adeguamento statico comporterebbe la perdita in volumetrie utili (riduzione di altezza dei vani, aumento degli spessori).

Quindi, in un contesto che mira a salvaguardare il più possibile la struttura esistente, anche in caso di danneggiamenti e lesioni, occorrono tecniche di riparazione particolari di cui, proprio per l’estrema varietà delle situazioni, non esiste una casistica di riferimento con regole operative definite. Trattandosi di strutture miste, dove il cemento-laterizio assorbe sforzi di compressione e l’acciaio incorporato le trazioni, non è possibile ricorrere ad una “matrice” unica, come potrebbe essere intervenendo sul legno o sul ferro con tecniche di graffaggio, fissaggio, incollaggio, chiodatura, saldatura, ecc. Per il laterocemento occorrono tecniche e prodotti che devono far salve le funzioni specifiche dei materiali costituenti.

Di seguito si cercherà di indicare alcune tecniche sicuramente già note ma che hanno avuto la possibilità di pratiche sperimentazioni.

### Le strutture inflesse

In una struttura presso-inflessa, dove il binomio armatura metallica e sezione mista fra la-

terizio e cemento è di fondamentale apporto per la resistenza ai carichi esterni e alle sollecitazioni da essi indotti, il mancato contributo di uno dei due materiali, per degrado o lesione, è la causa determinante che può compromettere la funzionalità e addirittura la statica della struttura.

In un solaio in laterocemento, il fenomeno più appariscente e che preoccupa, sia dal punto di vista statico che funzionale, è la lesione fino alla rottura delle cartelle inferiori (intradosso) dei blocchi in laterizio, sia nella versione di solaio eseguito in opera, che a travetti o pannelli. Un fenomeno che ha già trovato il suo termine “sfondellamento” e che ha attivato importanti ricerche teoriche e sperimentali già ampiamente trattate nella letteratura tecnica.

Non è questa la sede per indicare le cause del fenomeno, che sono molteplici e investono sia il processo produttivo (dalla scelta dell’argilla, alla formatura, alla essiccazione e alla cottura del laterizio), sia quello progettuale (del blocco singolo, nella distribuzione dei setti interni, a cui la normativa dedica parametri ben precisi), sia del contesto strutturale e di impiego (vincoli, luci, carichi, protezione dalle escursioni termo-igrometriche), fino ai difetti di esecuzione per carenza di dettagli o insufficiente qualità dei lavori (consistenza e dosaggio dei getti, ricoprimento delle armature), e anche la utilizzazione finale (si pensi ai cicli termici nelle scuole).

A queste cause, che potremmo quasi definire “prevedibili”, vanno aggiunte quelle più casuali e imprevedibili, quali eventi sismici, incendi, esplosioni. Il danno in questi casi, se non pregiudica la risposta statica globale dell’impalcato, dovrà essere oggetto di una particolare indagine (dalle prove di laboratorio su campionature a collaudi in opera) prima di stabilire una precisa mappa di intervento.

### Strutture colpite da incendio

Nelle strutture in laterocemento, ad una temperatura di 500 ÷ 600°C, la resistenza meccanica della pasta di cemento può dimezzarsi; inoltre, per quanto concerne le nervature portanti, la protezione delle armature metalliche può risultare fortemente compromessa con conseguente degrado della resistenza delle strutture e dell’aderenza dei ferri al nucleo in conglomerato.

Per quanto riguarda i blocchi in laterizio, le deformazioni termiche indotte dalle alte temperature d’incendio e, spesso, il brusco raffreddamento causato dai getti d’acqua di spegnimento delle fiamme, possono provocare il distacco di parte dei laterizi forati (solitamente le cartelle inferiori e i setti verticali delimitanti la prima serie di fori dei blocchi). Il ripristino di un solaio in tali condizioni,

1. Puntellatura di una nervatura da ripristinare.
2. Applicazione della gunite all'intradosso di un solaio in laterocemento: a) distanziatore; b) tassello ad espansione; c) rete; d) gunite; e) cartella laterizio rimanente (G. Mantegazza, CTE 1994).

dopo averne accertato, mediante l'esame delle parti integre e opportune verifiche ed analisi, i valori delle resistenze residue, può essere effettuato operando attraverso le seguenti fasi (fig. 1):

- adeguando puntellazione di sicurezza;
- asportazione di ogni parte degradata (calcestruzzo, forati, intonaco) fino al vivo del calcestruzzo e delle parti sane in laterizio. In tale circostanza, occorre verificare, mediante percussione, anche le cartelle che a vista, dall'intradosso, sembrerebbero ancora integre e che invece, per effetto del calore, hanno subito un infragilimento con fessurazioni non visibili ma che, appena sollecitati, tendono a distaccarsi. La superficie da lasciare a vista deve essere la più ruvida possibile, così pure sarà opportuno lasciare piccoli peduncoli dei setti verticali dei blocchi;
- saturazione con acqua del calcestruzzo rimasto in sito allo scopo di reidratare la calce liberatasi nel corso dell'incendio: dopo 24 ore effettuare una pulizia generale con spazzola metallica;
- pulizia del ferro d'armatura con eventuale inserimento di armature supplementari;

l'applicazione di un normale intonaco civile portato da rete metallica opportunamente ancorata alle parti in opera. All'estradosso verrà invece gettata una soletta, sempre su rete metallica di piccolo diametro, costituente massello integrante con la struttura degradata.

In presenza di travetti in c.a. sottosporgenti è possibile operare secondo i criteri sopra esposti, con l'avvertenza che per la ricostruzione delle parti strutturali con gli speciali intonaci, quando si richiedono spessori superiori ai 2 cm, occorre aggiungere alla malta il 10 ÷ 15% in volume di sabbia vagliata, perfettamente asciutta, di granulometria 0,5 ÷ 1,2 mm, ed inoltre sarà necessario ricorrere a cassetta di regolazione delle sezioni dei travetti da ripristinare.

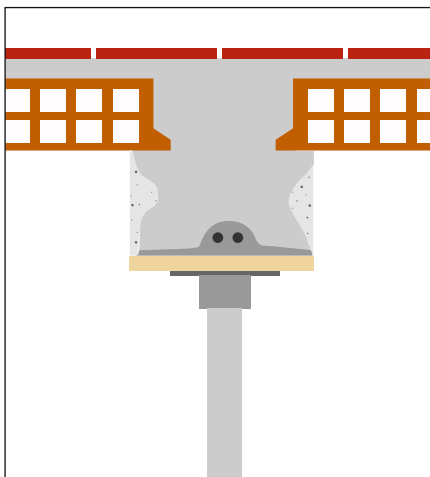
Gli interventi sopra descritti, che prendono spunto dalle lesioni dovute ad incendio, sono applicabili anche a strutture degradate per altre cause quando il quadro fessurativo si presenta con una diffusione omogenea.

### Coperture

Tecniche particolari richiedono, invece, le

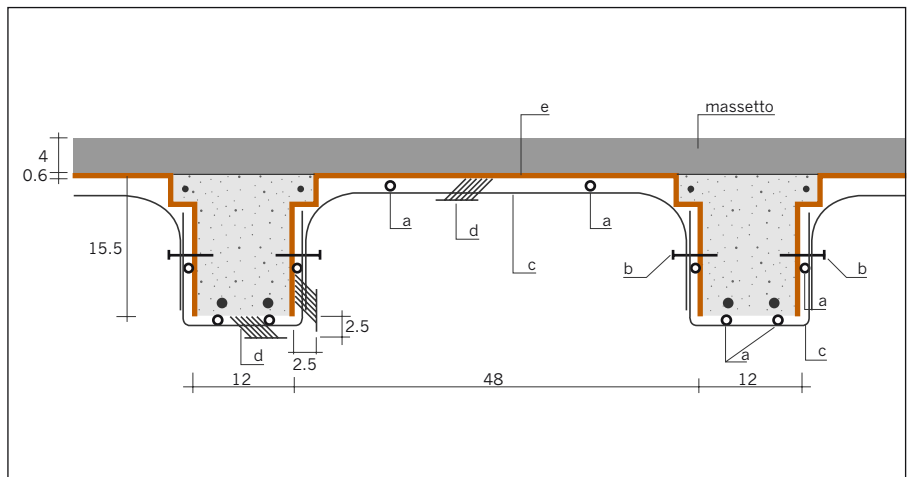
le direzioni, quindi anche trasversalmente ai blocchi laterizi. Per assorbire tali sforzi viene realizzata, al di sopra del laterizio, una soletta in conglomerato avente praticamente lo scopo di assorbire le componenti membranali di compressione e taglio. L'insorgere di lesioni nelle cartelle inferiori dei blocchi va, quindi, spesso ricercato nell'incompatibilità tra la deformazione termica della copertura nel suo insieme e la relativa fragilità dei blocchi in laterizio, che si risolve e si sfoga localmente creando dei giunti di dilatazione (da intendersi, ovviamente, in termini di movimenti infinitesimali). La mancanza di un adeguato isolamento termico "esterno", in grado di evitare o, quanto meno, ridurre la periodica pulsazione termo/deformativa giorno/notte ed estate/inverno, è fra le cause di più frequente rottura e distacco delle cartelle inferiori dei blocchi impiegati in tali strutture. Cause più dirette del fenomeno si sono osservate in presenza di degrado del manto di copertura che consente infiltrazioni d'acqua innescando un processo di lenta e costante corrosione (specie se si verificano condizioni di gelo invernale). Come soluzione costrut-

1



bagnatura della superficie di supporto e applicazione a spruzzo di malte reoplastiche a ritiro compensato, interessando tutta la superficie sia dei blocchi frazionati sia dei masselli armati delle nervature. Il ricoprimento dovrà essere di almeno 1 ÷ 2 cm. Questo intervento ha lo scopo principale di rassodare uniformemente l'intradosso, bloccando ulteriori lesioni o distacchi.

Successivamente dall'intradosso verrà colata la medesima malta livellando la superficie con circa 0,5 cm di spessore medio. In alcuni casi, per ricostruire il piede delle nervature in c.a., può essere opportuno iniettare le malte entro cassero. Dopo circa tre giorni si passa alla rifinitura dell'intradosso con



riparazioni di strutture presso-inflesse per coperture a volta di grande luce. In questi casi, le lesioni nel laterizio sono quasi sempre causate dall'insorgere di sforzi di compressione trasversali sottovalutati in fase di progetto e per i quali non sono stati adottati gli opportuni presidi. Le cause che possono determinare tali sforzi trasversali sono molteplici: ritiro del cemento, dilatazioni termiche impedito, deformazioni elastiche impedito o ridotto, eccessivo ritiro dell'intonaco d'intradosso, ecc. Per questo tipo di coperture, solitamente di grande superficie e con strutture di limitato spessore (membrane), il regime statico è caratterizzato in ogni punto da uno stato di sforzi piano-tangenti diffusi in tutte

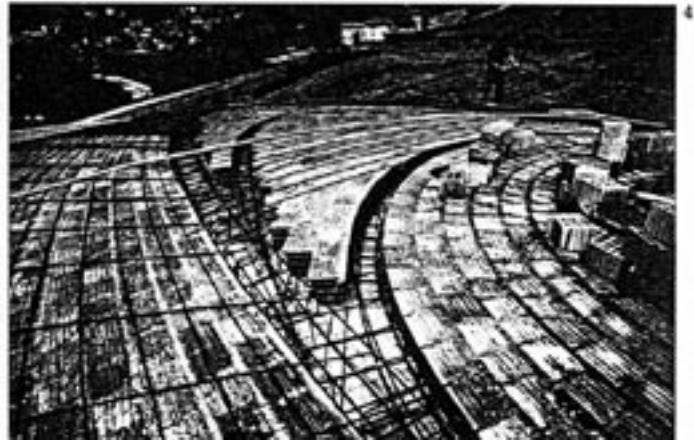
le direzioni, quindi anche trasversalmente ai blocchi laterizi. Per assorbire tali sforzi viene realizzata, al di sopra del laterizio, una soletta in conglomerato avente praticamente lo scopo di assorbire le componenti membranali di compressione e taglio. L'insorgere di lesioni nelle cartelle inferiori dei blocchi va, quindi, spesso ricercato nell'incompatibilità tra la deformazione termica della copertura nel suo insieme e la relativa fragilità dei blocchi in laterizio, che si risolve e si sfoga localmente creando dei giunti di dilatazione (da intendersi, ovviamente, in termini di movimenti infinitesimali). La mancanza di un adeguato isolamento termico "esterno", in grado di evitare o, quanto meno, ridurre la periodica pulsazione termo/deformativa giorno/notte ed estate/inverno, è fra le cause di più frequente rottura e distacco delle cartelle inferiori dei blocchi impiegati in tali strutture. Cause più dirette del fenomeno si sono osservate in presenza di degrado del manto di copertura che consente infiltrazioni d'acqua innescando un processo di lenta e costante corrosione (specie se si verificano condizioni di gelo invernale). Come soluzione costrut-

3. Esempio di ristrutturazione statica di un solaio a volta con rinforzo dell'estradosso mediante armatura e getto integrativo in calcestruzzo.
4. Particolari costruttivi della zona di colmo di una cupola in laterocemento di 65x45 m sul cui intradosso è stato applicato uno strato di gunita.
- 5-8. Sequenza degli interventi per la riparazione dell'anello di bordo di una cupola membranale in laterocemento.

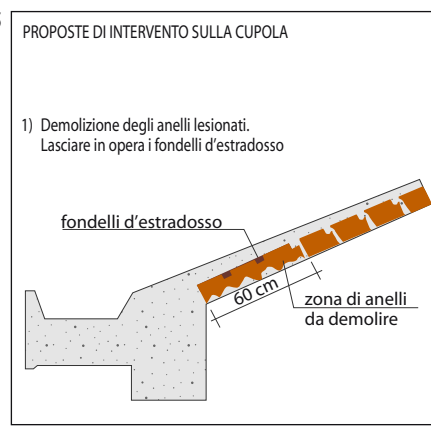
dell'impatto sul laterizio) su una rete metallica di piccolo diametro e a maglia piuttosto fitta ancorata al supporto in laterizio mediante ganci predisposti in fase di posa dei blocchi. La notevole aderenza fra getto e supporto (sperimentata anche con prove di laboratorio) consente di ottenere una sezione mista particolarmente resistente, sia ai fini della prevenzione da fessurazioni e distacchi di parti di laterizio, sia per assorbire sollecitazioni secondarie non sempre prevedibili in fase di

inferiori dei blocchi. La particolare soletta così ottenuta consente di "ricostruire" quella parte strutturale resistente alle sollecitazioni di presso-flessione, sia attraverso l'apporto di spessori di calcestruzzo che di armatura aggiuntiva. E' bene precisare che il dispositivo della gunitatura risulta staticamente valido anche nelle riparazioni di superfici di struttura essenzialmente inflesse come i solai. Casi particolari che comportano la riparazione di limitate estensioni, ma in posizioni critiche

per la struttura, possono ugualmente essere risolti ricorrendo a tecniche studiate ad hoc. Di seguito si illustra brevemente il ripristino di una cupola in cui effetti combinati di deformazione termica e lesioni per infiltrazioni d'acqua meteorica avevano determinato la rottura estesa, per tutto lo spessore, di alcuni corsi in laterizio in prossimità dell'anello di bordo della cupola stessa. Tale zona è particolarmente delicata per la statica globale della struttura a causa della presenza di momenti



stesura del progetto e calcolo. E' stata questa la tecnica applicata per la costruzione della più grande cupola in laterocemento eseguita in Italia alcuni anni fa, dove, su una superficie di oltre 2500 m<sup>2</sup> esposta all'escursione termica diurna, si raggiunge un irraggiamento che porta alcune parti a temperature di 60 ÷ 70°C. Nonostante la particolare coibentazione adottata a spessore variabile, in funzione dell'esposizione, si è ritenuto opportuno garantire la stabilità del vasto intradosso con 3 cm di gunita. La stessa tecnica può essere convenientemente utilizzata per eseguire riparazioni che si estendono per ampie superfici in presenza di lesioni diffuse nelle cartelle



flettenti, meglio definiti come perturbazioni flessionali di bordo, che dall'anello si estendono verso l'interno con sollecitazioni di compressione all'intradosso proprio dove la struttura è lesionata. Le modalità d'intervento sono abbastanza leggibili nelle illustrazioni riportate in cui, per fasi successive, sono indicati i lavori da eseguire. Praticamente si tratta di realizzare una protesi in c.a. sostitutiva dei blocchi in laterizio lesionati, rendendo monolitica la fascia in getto integrativa con la struttura mediante chiodature metalliche (figg. 5, 6, 7, 8). L'operazione è da eseguirsi a conci alternati, lungo il perimetro, per evitare effetti locali eccessivamente concentrati.

