

# CONSIGLI UTILI PER UNA CORRETTA ESECUZIONE DELLE MURATURE



a cura del Consorzio POROTON® Italia

## ASPETTI GENERALI E TIPOLOGIE MURARIE

Le murature si dividono in tre principali categorie:

- murature portanti o strutturali;
- murature non portanti o di tamponamento;
- murature per divisori interni.

La gamma dei prodotti POROTON® permette di realizzare tutte le categorie di muratura elencate. In base al tipo di apparecchiatura è inoltre possibile realizzare i seguenti tipi di muratura:

- **MONOSTRATO** - La parete monostrato rappresenta sicuramente la soluzione più utilizzata per la costruzione di murature in POROTON® in quanto consente di sfruttare completamente tutti i vantaggi della soluzione POROTON® (portanza, isolamento termico, ridotti costi di posa in opera, ecc.). In questo caso gli spessori della muratura variano da un minimo di 25 cm ad un massimo di 45 cm. Si possono realizzare pareti monostrato portanti o di tamponamento. In fase di posa in opera possono essere usati sia giunti di malta continui che interrotti (compatibilmente con le esigenze statiche dell'opera) [Fig. 1a] [Fig. 1b]. Per il raggiungimento di requisiti di isolamento termico particolarmente elevati la parete POROTON® monostrato può essere completata con l'applicazione di un intonaco termoisolante esterno oppure di un rivestimento a cappotto.
- **PLURISTRATO CON INTERCAPEDINE** - L'impiego del POROTON® in murature a più strati permette di realizzare doppie pareti portanti o di tamponamento, con migliori prestazioni termiche, igrometriche ed acustiche rispetto a quelle ottenibili con elementi di laterizio tradizionale. Le stratigrafie realizzabili sono molteplici in relazione ai requisiti prestazionali da raggiungere [Fig. 2].
- **PLURISTRATO CON MURATURA ESTERNA A VISTA CON O SENZA INTERCAPEDINE** - La soluzione POROTON® e faccia vista trova un notevole campo d'impiego in quelle zone del territorio italiano in cui la tradizione delle murature a vista è più radicata. In soluzioni di questo tipo la muratura in POROTON® presenta generalmente uno spessore compreso tra 20 e 30 cm; lo strato a vista può venire montato direttamente a ridosso della parete oppure ricavando una intercapedine per l'inserimento di materiale termoisolante [Fig. 3].

Fig. 1a – Muratura POROTON® monostrato con giunto di malta continuo.

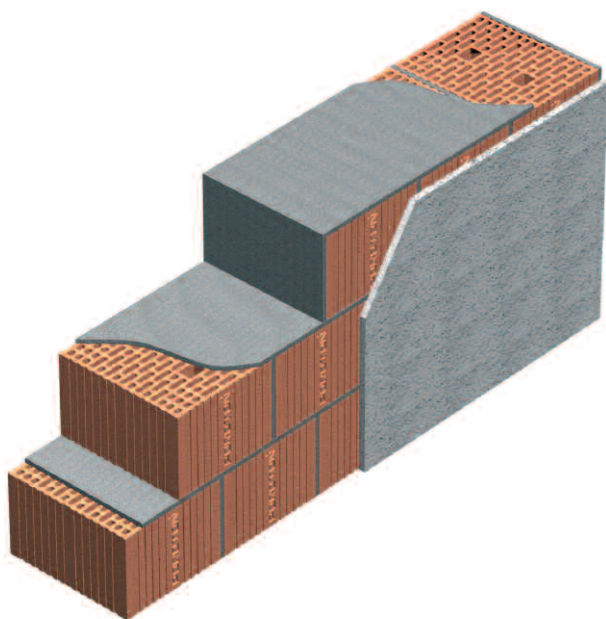
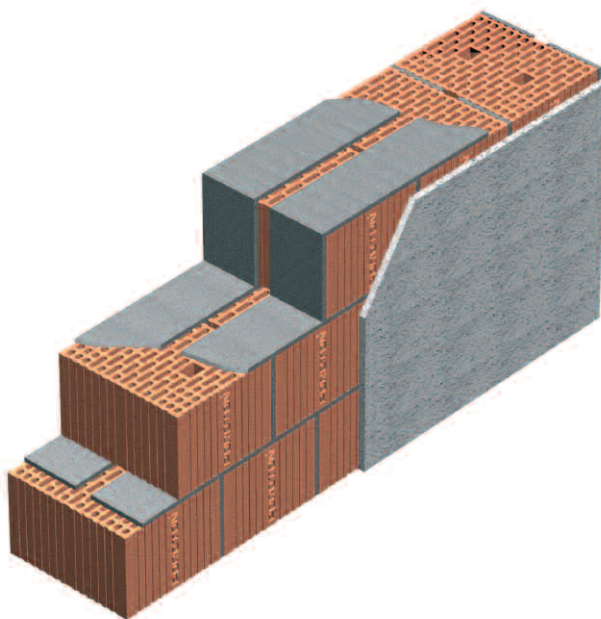


Fig. 1b – Muratura POROTON® monostrato con giunto di malta interrotto.



## ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLE PARETI A PIÙ STRATI

Per garantire durabilità alla costruzione, per tutte le pareti, sia monostrato ma soprattutto pluristrato, è necessario conoscere i limiti entro i quali si è certi di non avere condensazione interstiziale. Le pareti POROTON® monostrato non presentano mai problemi di condensa interstiziale. Le pareti pluristrato invece, in relazione alla stratigrafia ed al tipo di materiale isolante inserito nell'intercapedine, possono essere maggiormente soggette a tale rischio, che pertanto deve essere preventivamente verificato ed eliminato con l'adozione di opportuni provvedimenti. È noto infatti che la condensazione di vapore con accumulo d'acqua all'interno della struttura provoca un netto decadimento delle prestazioni di isolamento termico, ed il deterioramento nel tempo dei materiali isolanti in intercapedine.

## CONSIGLI PER LA POSA IN OPERA

In generale la muratura POROTON® si esegue come una qualsiasi altra muratura in laterizio; la posa in opera non richiede quindi particolari accorgimenti né tantomeno l'impiego di manodopera specializzata (in altri termini la muratura in POROTON® richiede semplicemente una posa in opera "a regola d'arte").

A corredo di questa definizione è opportuno riportare di seguito una serie di prescrizioni (la maggior parte delle quali fanno effettivamente parte delle regole del buon costruire), che devono essere rispettate al fine di ottenere una corretta posa in opera dei blocchi POROTON®.

1. **LO STOCCAGGIO IN CANTIERE** - All'interno del cantiere deve essere predisposta un'area per il deposito dei pacchi provenienti dalla fornace. È bene che il materiale non venga posato a diretto contatto con il terreno in quanto in tal modo potrebbe assorbire umidità, humus, ecc. e dare luogo, in fase di posa in opera, a problemi di efflorescenze localizzate od a fenomeni di non perfetta aderenza tra malta-intonaco e blocco. Specialmente durante la stagione invernale è bene proteggere il materiale dalle intemperie al fine di evitare che l'azione dell'acqua piovana e del gelo possano in qualche modo danneggiarlo.
2. **LA SCELTA DEGLI ELEMENTI** - Prima della fase di posa in opera deve essere fatta una cernita degli elementi eventualmente difettosi presenti all'interno dei pacchi. Anche nel caso di un materiale di qualità (quale è il POROTON®) può succedere che alcuni elementi risultino danneggiati o comunque non conformi alle regole di accettazione dei prodotti in laterizio. In tal caso il muratore dovrà scartare gli elementi eventualmente difettosi (la cernita deve essere particolarmente accurata nel caso in cui si preveda l'impiego dei blocchi in strutture murarie fortemente sollecitate).

Fig. 2 – Muratura POROTON® pluristrato con intercapedine.

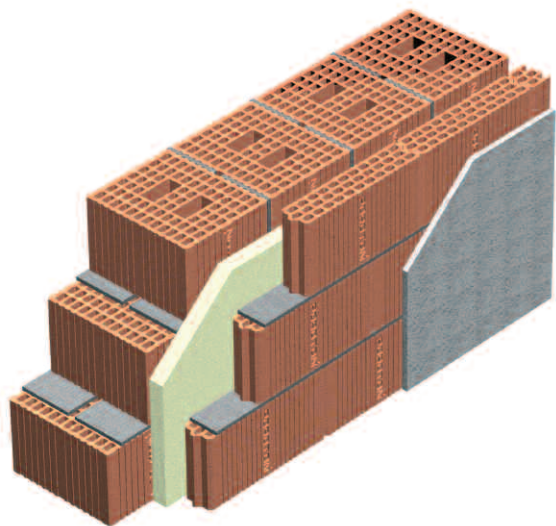
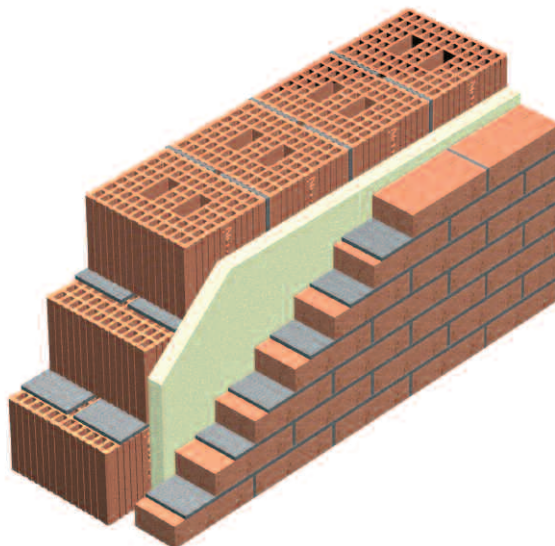


Fig. 3 – Muratura POROTON® pluristrato con paramento esterno faccia a vista.



3. **LA POSA IN OPERA** - I blocchi POROTON® non richiedono particolari tecniche di posa in opera e sono quindi assimilabili ai normali mattoni o blocchi in laterizio. Nella fase di posa in opera di blocchi POROTON® è comunque buona cosa operare in modo tale che sia soddisfatto quanto segue:

- a) i giunti di malta orizzontali siano i più regolari possibili e di spessore compreso tra 5 e 15 mm;
- b) i giunti di malta orizzontali e verticali siano accuratamente riempiti fino alla superficie esterna (le eventuali sbavature verso l'esterno vanno subito tolte con la cazzuola);
- c) le facce del muro siano tra loro parallele e gli spigoli risultino perfettamente verticali e controllati con il filo a piombo;
- d) i vari corsi di blocchi devono essere tra loro adeguatamente sfalsati al fine di ottenere un buon collegamento degli elementi che compongono il muro. Si può assumere per lo sfalsamento S dei giunti verticali il seguente riferimento:

$$S \geq 0,4 h$$

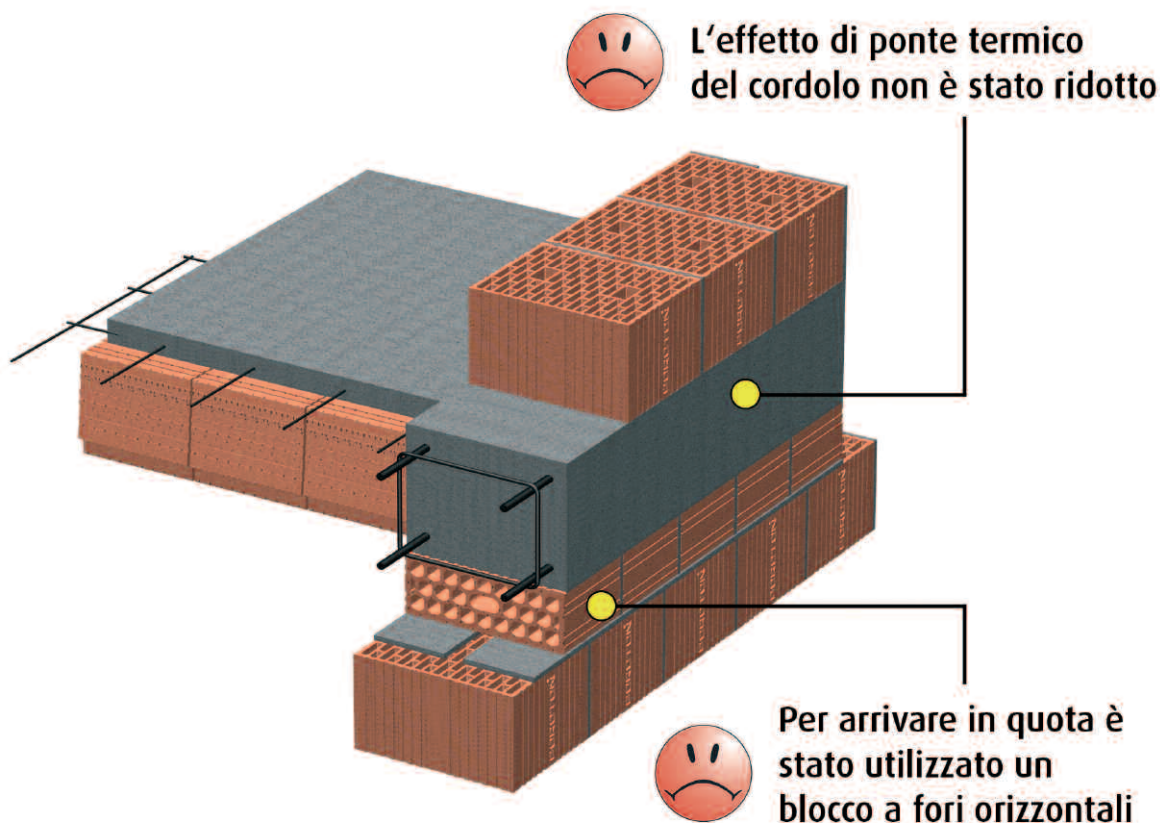
dove h indica l'altezza del blocco;

- e) i blocchi eventualmente tolti perché murati in modo non corretto devono essere riutilizzati con malta nuova;
- f) i giunti orizzontali e verticali possono essere opportunamente interrotti in modo da formare due strisce parallele al piano medio del muro ad una distanza consigliata di circa  $2 \div 4$  cm e comunque non superiore a  $t/3$  (dove t è lo spessore del muro).

L'interruzione del giunto di malta, anche di un solo centimetro, consente di ottenere un miglioramento delle caratteristiche termiche della parete e può essere operata sia in presenza di murature portanti che di tamponamento.

Per murature portanti particolarmente sollecitate si consiglia comunque di porre particolare attenzione alla qualità della malta e di limitare la larghezza dell'interruzione del giunto;

Fig. 4a – Particolare non corretto dell'attacco muro-solaio.





- g) nel caso di impiego di blocchi ad incastro si consiglia di eseguire sempre il giunto di malta verticale se il blocco è conformato in modo tale da consentire di ricavare un'apposita tasca per l'alloggiamento della malta stessa;
- h) nel caso in cui non si riesca ad "arrivare in quota" con un numero intero di corsi si consiglia, per raggiungere la quota voluta, di tagliare i blocchi.  
È del tutto sconsigliato l'uso di soluzioni alternative (quali l'impiego di elementi di altra natura - blocchi o mattoni in laterizio normale, a fori orizzontali od altro) [Fig. 4a] [Fig. 4b];
- i) i blocchi POROTON® sono di regola elementi da disporre in opera con foratura disposta in senso verticale; questa indicazione va rispettata in modo particolare quando si utilizzano blocchi POROTON® serie 800, serie 800 MA, serie 700, tramezze POROTON®;
- l) la profondità della zona di appoggio di eventuali architravi sopra porta o sopra finestra deve essere almeno pari a 2/3 dello spessore del muro.

### PROTEZIONE DELLE MURATURE IN CORSO D'OPERA

La muratura in POROTON® deve essere protetta sia in fase di posa in opera che dopo la realizzazione dei muri fino a che non sia stato eseguito il relativo solaio di piano.

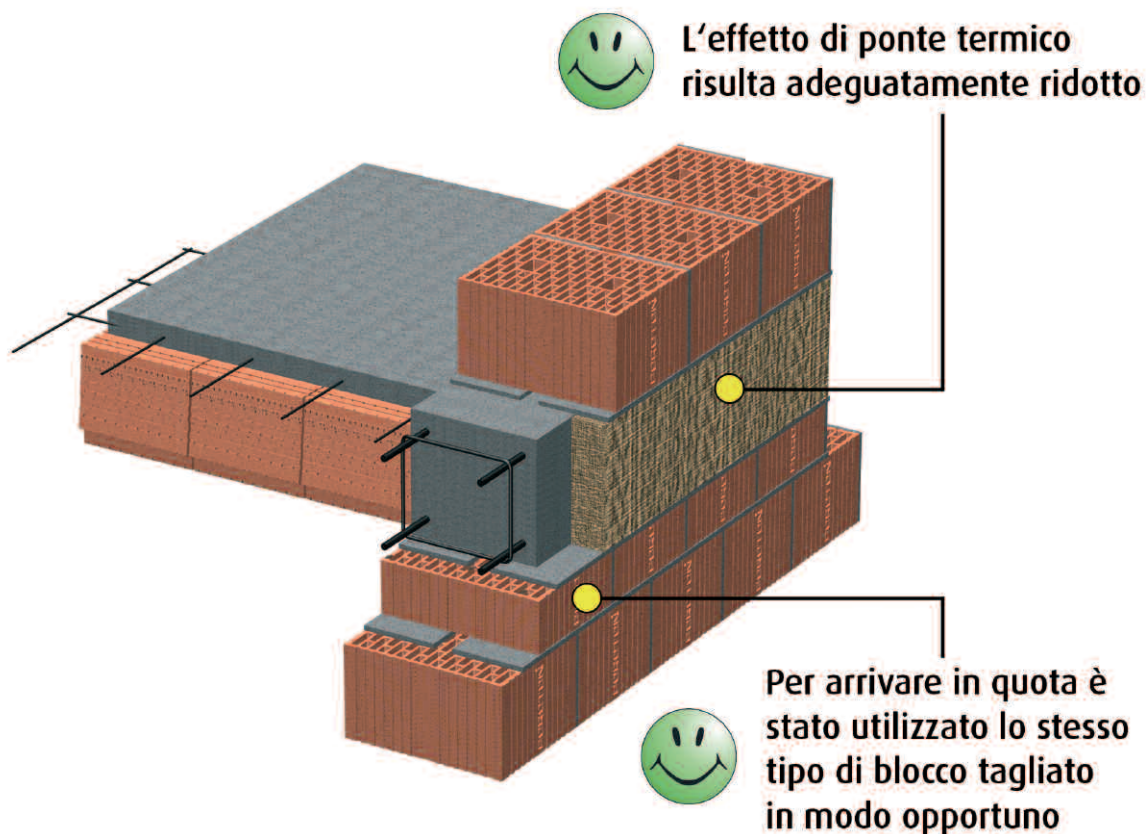
In caso di pioggia è necessario quindi interrompere i lavori e coprire le teste delle murature con teli di plastica od altro mezzo al fine di evitare che i fori verticali si riempiano d'acqua [Fig. 5].

Questa prescrizione, se non rispettata, può dare origine ad una serie di problemi, anche gravi, che di solito si manifestano a costruzione ultimata (macchie di umidità, muffe, ecc.).

Nonostante il Consorzio POROTON® Italia abbia sempre invitato tecnici ed imprese al rispetto di questa elementare regola del buon costruire, si nota, purtroppo, che essa viene molto spesso disattesa.

Si consiglia infine di interrompere i lavori in presenza di temperature prossime od inferiori a 0°C.

Fig. 4b – Particolare corretto dell'attacco muro-solaio.



## INTONACI

Su murature monostrato in POROTON® si consiglia di utilizzare un intonaco di finitura esterno a tre strati come di seguito illustrato [Fig. 6]:

- applicazione di un rinzafo a base cemento-calce avente particolari caratteristiche di elasticità. La superficie muraria così trattata si presenta quindi omogenea e con caratteristiche di adesione ottimali per lo strato di fondo a seguire;
- applicazione di un intonaco di fondo normale od alleggerito o termoisolante;
- applicazione di uno strato di finitura traspirante.

In generale l'intonaco dovrebbe essere posto in opera dopo che la struttura abbia esaurito i suoi assestamenti iniziali ed abbia avuto il tempo per rilasciare l'eventuale umidità di costruzione presente al suo interno. L'intonaco non deve essere posto in opera con temperature troppo basse o troppo elevate (che possono comprometterne la presa).

In condizioni atmosferiche avverse è necessario tenere conto di tempi di stagionatura più lunghi rispetto a quelli normalmente indicati dai produttori. In caso contrario si può incorrere in un maggiore rischio di fessurazioni con responsabilità da imputare a chi li determina (produttore, proprietario, direzione lavori, applicatore, ecc.). In ogni caso la responsabilità della valutazione dell'idoneità dello stato della superficie sottostante compete all'ultimo esecutore. Il rischio di formazione di fessure è presente soprattutto sulle facciate maggiormente esposte e soggette a notevoli variazioni termiche. Nel caso di impiego di prodotti premiscelati, da applicarsi in unica soluzione, è necessario richiedere al Produttore le specifiche indicazioni di posa e soprattutto indicazioni sulla scelta del prodotto più idoneo in relazione alle caratteristiche della costruzione. Anche in questi casi, tuttavia, è ormai consuetudine realizzare prima un rinzafo, a mano o a macchina, e successivamente un intonaco di sottofondo con trattamento di finitura.

## MURATURE IN POROTON® ED INTONACI: UN ERRORE DA EVITARE

Le murature in POROTON® presentano una buona permeabilità al vapore; tale permeabilità consente all'edificio, come correntemente si usa dire, di "respirare". Tale caratteristica di traspirabilità può essere completamente annullata (con effetti negativi sul funzionamento della parete) utilizzando intonaci plastici impermeabilizzanti o, comunque, molto resistenti al passaggio del vapore. Talvolta il tecnico progettista è chia-

Fig. 5 – Protezione della muratura in corso d'opera.

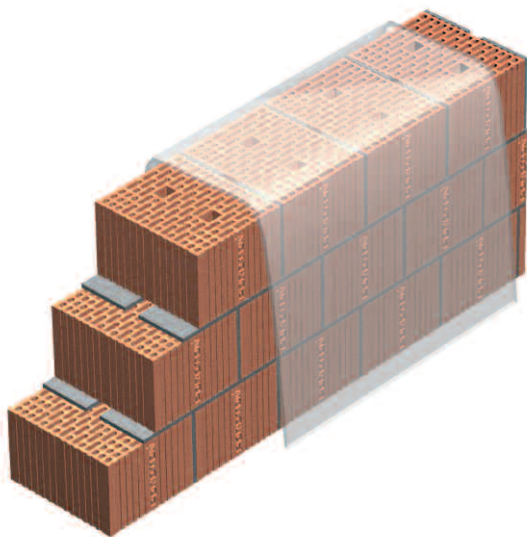
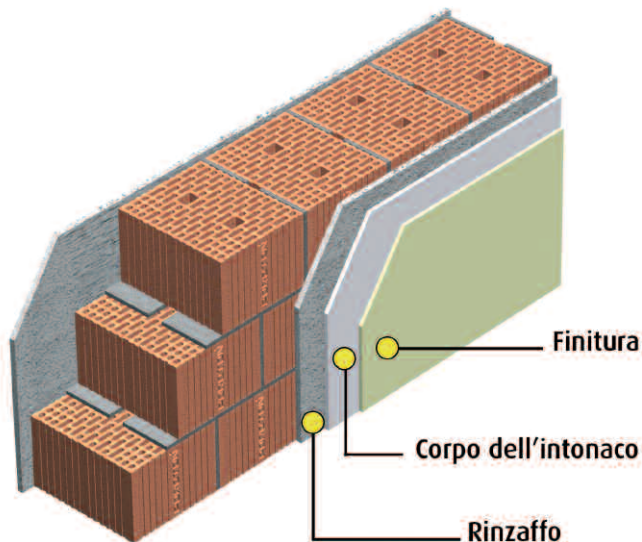


Fig. 6 – Esecuzione dell'intonaco.



mato ad utilizzare (a volte per soli motivi estetici) materiali di rivestimento e finitura le cui caratteristiche di permeabilità al vapore non sono note o, comunque, non sono indicate sulle schede tecniche fornite dal produttore. Questa mancanza di informazione porta generalmente il progettista a sottovalutare, se non addirittura ad ignorare, il problema del bilanciamento delle caratteristiche igrometriche della parete. I risultati di questo modo di operare possono anche essere molto negativi (in relazione anche ad altre condizioni concomitanti) e, in ogni caso, difficilmente risolvibili a posteriori, cioè con l'edificio finito e magari anche abitato.

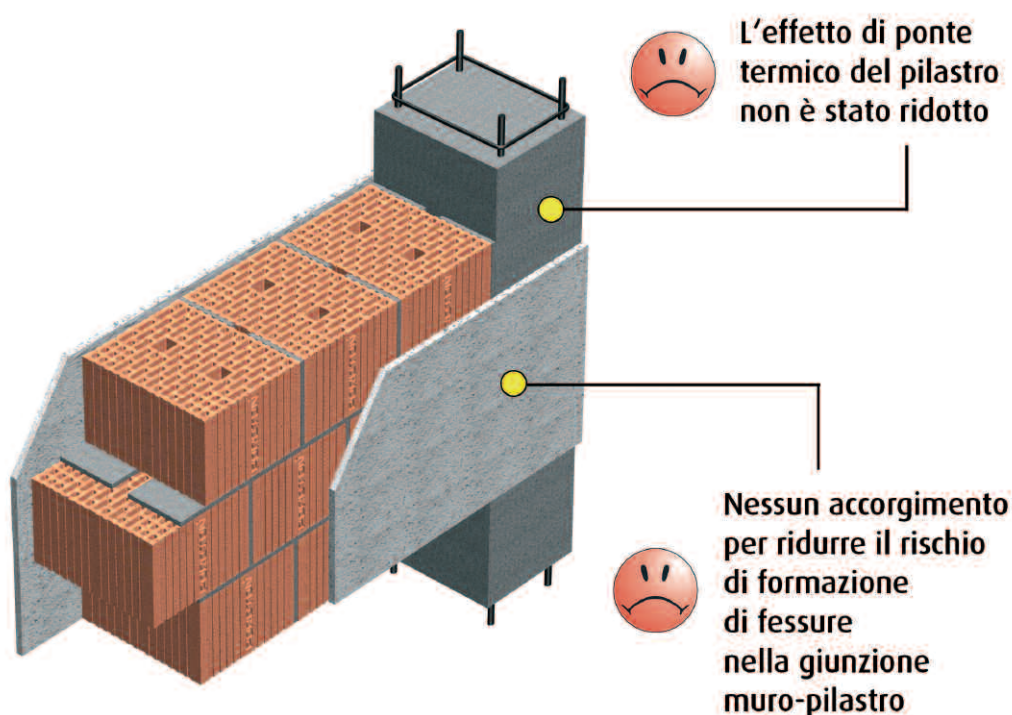
### PONTI TERMICI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI

La giunzione tra muratura di tamponamento e struttura in c.a.

Quando si realizzano murature di tamponamento inserite in telai in cemento armato ricorre molto spesso il problema di evitare che, in corrispondenza del contatto tra i due materiali, si manifestino fenomeni di fessurazione che, pur non intaccando l'integrità della struttura dell'edificio, compromettono l'aspetto estetico delle pareti [Fig. 7a]. Il fenomeno può essere dovuto ad effetti di dilatazione termica differita (i due materiali a contatto presentano infatti coefficienti di dilatazione termica diversi), o da semplici assestamenti dell'edificio che si possono manifestare, per esempio, in presenza di scosse sismiche anche di debole intensità. Per limitare gli effetti sopra descritti si può inserire nell'intonaco una sottile rete metallica o in fibra di vetro, estesa per circa 20-30 cm ai lati della zona di giunzione tra tamponamento e c.a. soggetta alla possibile fessurazione [Fig. 7b].

**PROTEZIONE DEI PONTI TERMICI** - È bene ricordare che, in presenza di elementi in c.a. quali cordoli di piano, pilastri, travi, è necessario prevedere una adeguata protezione del ponte termico innescato da tali elementi. Questa può essere realizzata con materiale isolante, eventualmente abbinato ad un elemento in laterizio di ricoprimento. In tal caso si ottiene inoltre l'uniformità della superficie da intonacare, altrimenti è consigliabile inserire nell'intonaco una sottile rete metallica o in fibra di vetro, estesa per circa 20-30 cm ai lati della zona di giunzione tra elemento in c.a. e muratura al fine di limitare il rischio di fessurazione. Nel caso di cordoli di solai o travi di bordo è opportuno realizzare tali elementi con una opportuna rientranza rispetto al filo esterno della muratura in modo da poter isolare adeguatamente il ponte termico [Fig. 4a] [Fig. 4b].

Fig. 7a – Collegamento tra muratura di tamponamento e telaio in c.a.: soluzione non corretta.





## PREVENZIONE DI FENOMENI FESSURATIVI

La muratura tradizionale (non armata) non è in grado in generale di resistere a sforzi di trazione ed inoltre presenta una duttilità limitata.

Queste sue caratteristiche erano ben note ai costruttori di un tempo che solitamente dimensionavano i muri portanti in maniera da mantenere i carichi verticali il più possibile centrati sulle pareti. In altre parole lo spessore di un muro derivava dalla combinazione grafica dei poligoni delle forze su di esso agenti più che dalla resistenza che quest'ultimo era in grado di offrire.

Il totale cambiamento dei modi e dei tempi di costruzione ha portato al manifestarsi nelle strutture in muratura di alcuni fenomeni (lievi fessurazioni o cavillature) che sono direttamente collegati alla presenza di sforzi di trazione all'interno della muratura.

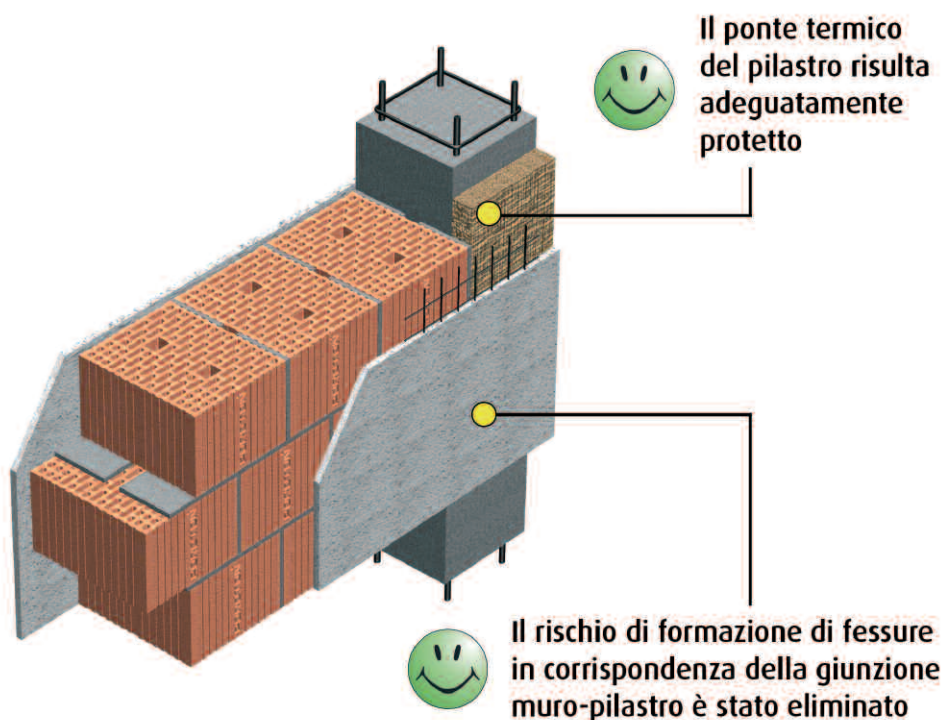
Pur essendo molto difficile procedere ad un'analisi "teorica" del problema, si presenta una schematizzazione dei quadri fessurativi che si riscontrano con maggiore frequenza soprattutto in edifici di nuova costruzione [Fig. 8] e si riportano di seguito alcune considerazioni relative alle diverse condizioni schematizzate.

### 1) COLLEGAMENTO TRA MURI PORTANTI E SOLAI

- Fessure orizzontali in corrispondenza dell'ultima soletta. Questo tipo di fessurazione è sicuramente dovuto alla interazione tra solaio e muro. Nelle strutture in muratura portante il compito di ripartire le azioni orizzontali alle murature è affidato ai solai. Di norma essi devono avere una adeguata rigidezza ed essere collegati alle murature mediante cordoli in c.a.. In presenza di solai con soletta in c.a. armata e gettata in opera possono verificarsi ritiri anche molto elevati, soprattutto se il calcestruzzo è gettato con rapporto acqua/cemento troppo elevato o risulta essere di granulometria fine, oppure se non è sufficientemente protetto in fase di maturazione.

Poiché la soletta è armata, tali ritiri non possono annullarsi localmente, all'interno della soletta stessa, ma necessariamente vanno a scaricarsi in corrispondenza del nodo muro-cordolo-solaio. Per avere un'ordine di grandezza del fenomeno si consideri la pianta di un normale edificio a schiera in cui è previsto l'impiego di rete elettrosaldata all'interno del solaio [Fig. 9].

Fig. 7b – Collegamento tra muratura di tamponamento e telaio in c.a.: soluzione corretta con riduzione del ponte termico del pilastro.



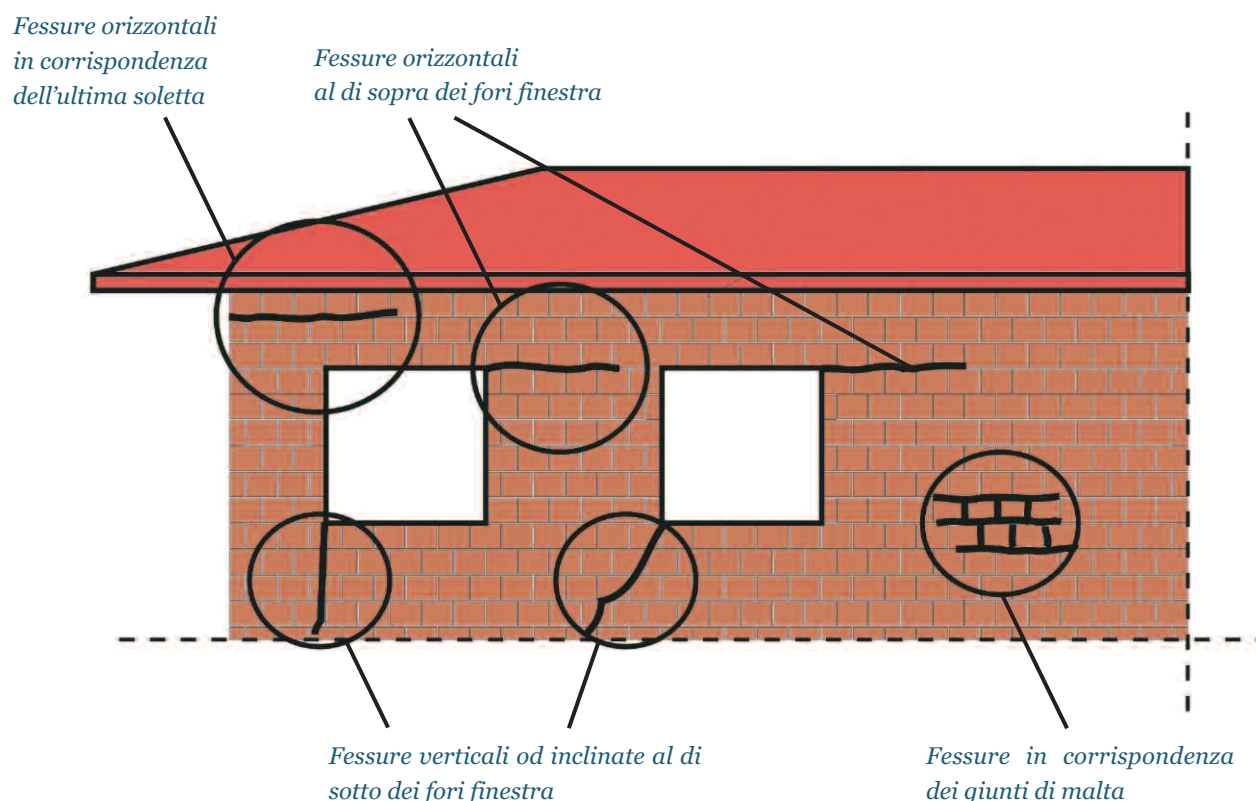


Supponendo che l'edificio presenti una lunghezza pari a 25 m ed ipotizzando un coefficiente di ritiro pari a  $0,2 \times 10^{-3}$  m/m, si ricava che la deformazione del solaio risulta pari a  $25 \times 0,2 = 5$  mm. Tenendo conto della rigidità delle murature e dell'entità dello spostamento da assorbire, appare evidente che la probabilità di comparsa delle fessurazioni al di sotto del cordolo (e soprattutto nei muri di facciata) risulti piuttosto elevata. Per prevenire e limitare tali inconvenienti si consiglia di interrompere la continuità della soletta, soprattutto in caso di impalcati di grande dimensione, mediante un giunto realizzato ad esempio evitando la sovrapposizione fra pannelli di rete adiacenti [Fig. 9]. Allo stesso modo, se il solaio è troppo deformabile, la sua deformazione può causare una rotazione agli appoggi che tenderà a sollevare il cordolo, o a caricarlo eccentricamente, staccandolo dalla muratura sottostante. Fessurazioni orizzontali in corrispondenza dell'ultima soletta possono comparire anche uno o due corsi al di sotto del solaio a causa della penetrazione del calcestruzzo del getto all'interno dei fori verticali dei blocchi a contatto con il cordolo e conseguente "solidarizzazione" di uno o due corsi di blocchi con il solaio [Fig. 10], per l'azione combinata di ritiro del calcestruzzo e rotazione del nodo.

Questi inconvenienti possono essere prevenuti e limitati adottando alcuni accorgimenti:

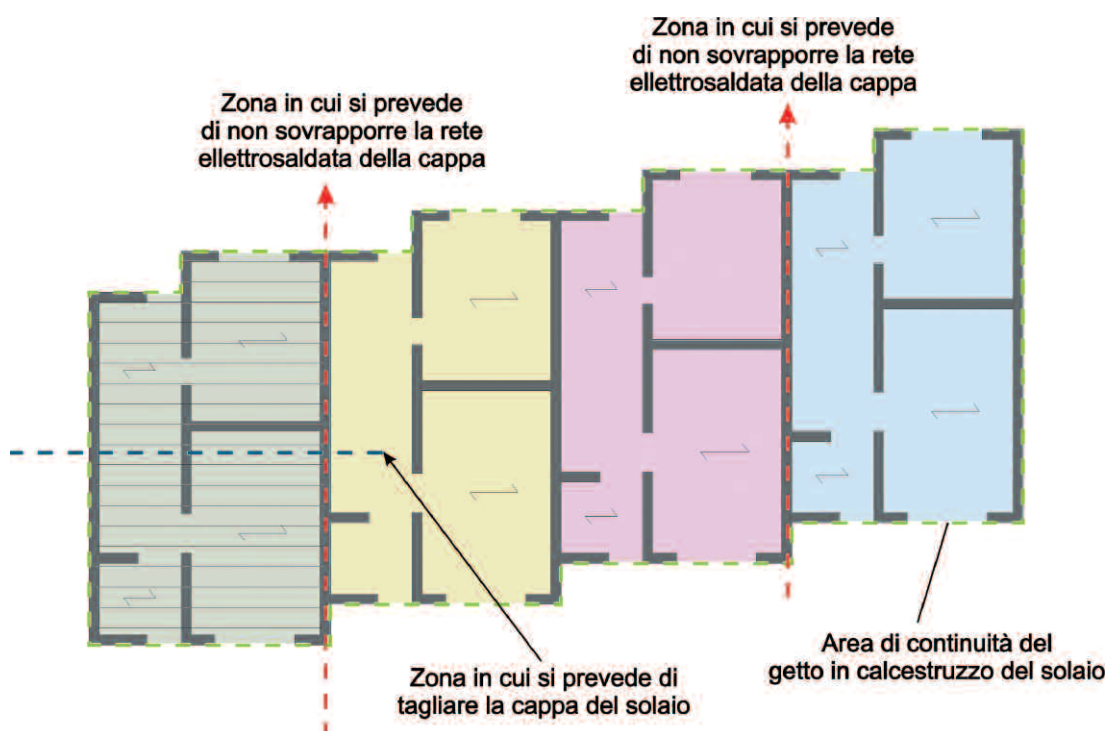
- i solai siano opportunamente rigidi e di altezza adeguata (cioè non inferiore allo spessore minimo ammesso dalle norme tecniche vigenti);
- la soletta di calcestruzzo sia protetta dall'irraggiamento diretto o comunque sia bagnata a sufficienza per i primi giorni dopo il getto, in modo da contenere il valore finale del ritiro;
- fra muratura e cordolo sia disposta una guaina o sia realizzato un giunto di malta terminale sulla muratura prima del getto del solaio, in modo da impedire la penetrazione del getto nei fori dei blocchi e consentendo la libertà di piccoli assestamenti [Fig. 11];
- la continuità della soletta sia interrotta, soprattutto in caso di impalcati di grande dimensione, mediante un giunto realizzato ad esempio evitando la sovrapposizione fra pannelli di rete adiacenti.

Fig. 8 – Principali tipologie fessurative riscontrabili negli edifici.



- 2) **FESSURE ORIZZONTALI AL DI SOPRA DEI FORI FINESTRA** - Questa tipologia di fessure è probabilmente dovuta al momento presente nel muro. Infatti, al di sopra delle finestre, il carico normale è generalmente basso e l'eccentricità di azione del carico è più elevata; è logico quindi pensare che le fessure compaiano nella sezione più debole del muro ed in corrispondenza di punti di discontinuità (angoli del foro finestra). Questo problema può essere risolto cercando di diminuire l'eccentricità di azione del carico e l'eventuale rotazione del solaio.
- 3) **FESSURE IN CORRISPONDENZA DEI GIUNTI DI MALTA** - Le fessure di questo tipo sono sicuramente dovute ad un comportamento anomalo dell'intonaco rispetto al supporto. Si tratta di un problema difficilmente prevedibile e da valutare caso per caso in quanto coinvolge sia le caratteristiche dell'intonaco che le modalità di posa in opera e di funzionamento in fase di esercizio dello stesso.
- 4) **FESSURE VERTICALI OD INCLINATE AL DI SOTTO DEI FORI FINESTRA** - Questo tipo di fessurazione è talvolta causato da un cedimento/assestamento della base su cui appoggia il muro (fondazione oppure trave di bordo nel caso di strutture intelaiate e tamponate). Il problema può essere anche causato da fenomeni di essiccamento rapido provocati dalla presenza dei radiatori in corrispondenza della parte sotto finestra. Il fenomeno può essere prevenuto armando i giunti di malta orizzontali con barre di piccolo diametro (5 o 6 mm).
- 5) **FESSURAZIONI NELLE TRAMEZZATURE E NEI TAMPONAMENTI** - Una parete relativamente rigida, poggiante su di una trave od una soletta, non sempre può seguire le deformazioni di questi elementi senza lesionarsi. La responsabilità può essere fatta risalire a travi e solai eccessivamente snelli con frecce che, seppure ammissibili dal punto di vista della sicurezza strutturale, possono essere incompatibili con le deformabilità richieste ad altri componenti (tramezze). Inoltre molto spesso nel calcolo della freccia delle strutture ci si limita alla valutazione della freccia istantanea, sotto carico di breve durata, e si trascura la quota legata alla deformazione del calcestruzzo sotto un carico permanente (fluage), che cresce con il crescere del rapporto acqua/cemento e con la diminuzione del diametro degli inerti, oltre che, naturalmente, con l'aumentare dei carichi permanenti. Poiché il calcolo delle deformazioni differite è comunque complicato dal fatto che non

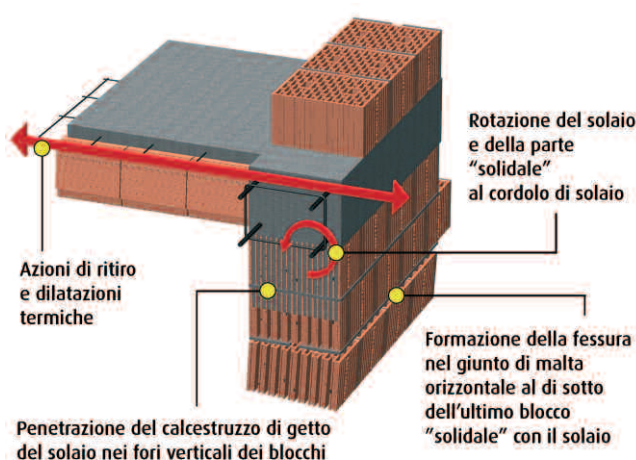
Fig. 9 – Realizzazione di impalcati di notevole dimensione: l'interruzione della rete elettrosaldata disposta nella cappa del solaio consente di limitare le fessurazioni orizzontali in corrispondenza del nodo muro-cordolo-solaio.



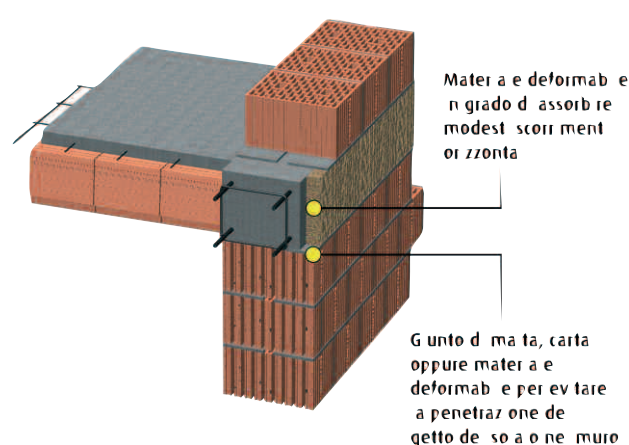
si conosce né l'andamento del valore del modulo elastico in funzione del tempo né l'esatto momento di inerzia (in quanto legato alla posizione dell'asse neutro, anch'esso variabile con il fluage), è bene impiegare altezze di solaio e dimensioni di travi sovrabbondanti, in modo da avere ampi margini di sicurezza. Se il solaio inferiore si deforma più del solaio superiore, si formerà una "volta" e, proseguendo la deformazione, si avrà una lesione orizzontale nella parte inferiore della parete [Fig. 12]. Se il solaio superiore si deforma maggiormente di quello inferiore, la parete dovrà sopportare carichi non previsti e potranno formarsi fessurazioni verticali dovute all'azione di flessione [Fig. 13]. Se la deformazione dei due solai è la stessa, le pareti presenteranno lesioni agli angoli [Fig. 14]. Anche in questo caso si possono suggerire alcune attenzioni procedurali:

- realizzare le tramezzature partendo dal piano più alto. Nel caso questo non sia possibile per vincoli di programmazione delle fasi di lavoro, ai piani più bassi bisognerà evitare di sigillare immediatamente le pareti all'intradosso dei solai, lasciando lo spazio necessario per accogliere le deformazioni (ricordandosi tuttavia di provvedere in un secondo tempo alla sigillatura per evitare il decadimento delle prestazioni acustiche);
- dopo il disarmo della struttura, attendere qualche tempo prima dell'esecuzione delle pareti in modo che la struttura abbia il tempo di assumere la freccia generata dal peso proprio.

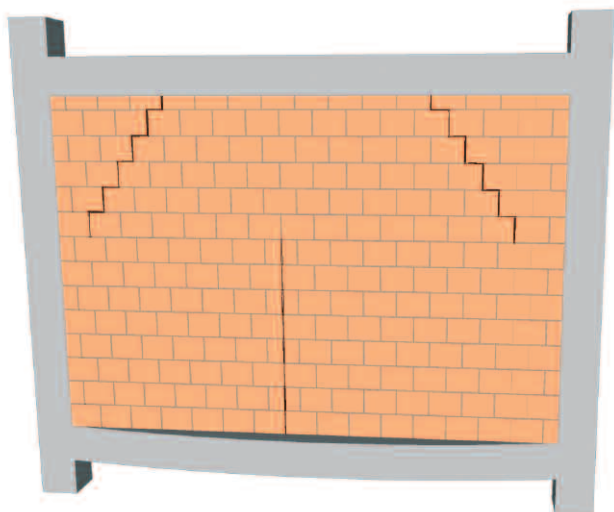
*Fig. 10 – Meccanismo di sviluppo della fessura a causa della penetrazione del cls del getto del cordolo del solaio all'interno della muratura e per azioni di ritiro del getto della soletta.*



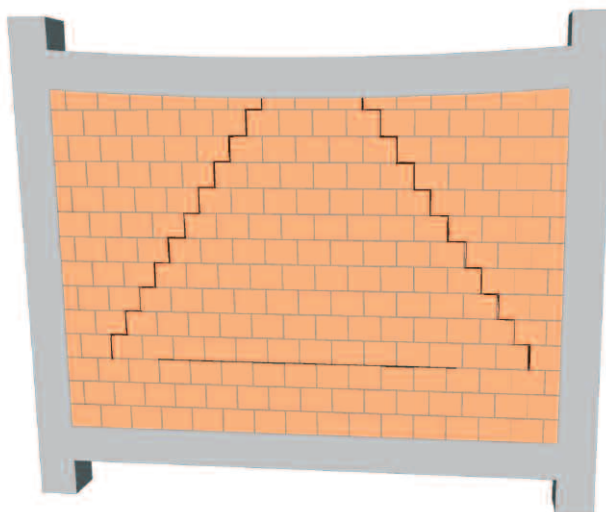
*Fig. 11 – Accorgimenti per evitare la penetrazione del cls del getto del solaio nel muro.*



*Fig. 12 – Fessurazioni in tramezzature e tamponamenti dovute alla deformazione del solaio inferiore.*



*Fig. 13 – Fessurazioni in tramezzature e tamponamenti dovute alla deformazione del solaio superiore.*



*Fig. 14 – Fessurazioni in tramezzature e tamponamenti dovute a due solai che si deformano in modo equivalente.*

