

CONSORZIO
POROTON[®]
ITALIA

Consigli utili
per una corretta
esecuzione
delle murature



CONSIGLI UTILI PER UNA CORRETTA ESECUZIONE DELLE MURATURE

TIPOLOGIE MURARIE

Utilizzando blocchi POROTON® è sostanzialmente possibile realizzare i seguenti tipi di muratura:

- **Monostrato** (eseguite in opera od a pannelli prefabbricati - vedi figure 1a e 1b)
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 45-50 cm. In fase di posa in opera possono essere indifferentemente usati sia giunti di malta continui che interrotti (vedi "Regole di posa in opera").

- **Pluristrato con intercapedine** (vedi fig. 2)
L'impiego del POROTON® in murature a più strati non è molto diffuso anche se, ovviamente, il materiale può essere usato per tale scopo allo stesso modo di un qualsiasi altro blocco in laterizio.

- **Pluristrato con muratura esterna a vista con o senza intercapedine** (vedi fig. 3)
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 35 cm; lo strato a vista può venire montato direttamente a ridosso della parete oppure ricavando una intercapedine d'aria dello spessore di 2-4 cm.

REGOLE DI 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 parole povere la muratura in POROTON® richiede "semplicemente" una posa in opera "a regola d'arte").

A corredo di questa definizione, per alcuni certamente vaga, riteniamo 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®.

Lo stoccaggio in cantiere

All'interno del cantiere deve essere predisposta un'area per il deposito dei pacchi provenienti dalla fornace. E' bene che il materiale non venga posato a diretto contatto con

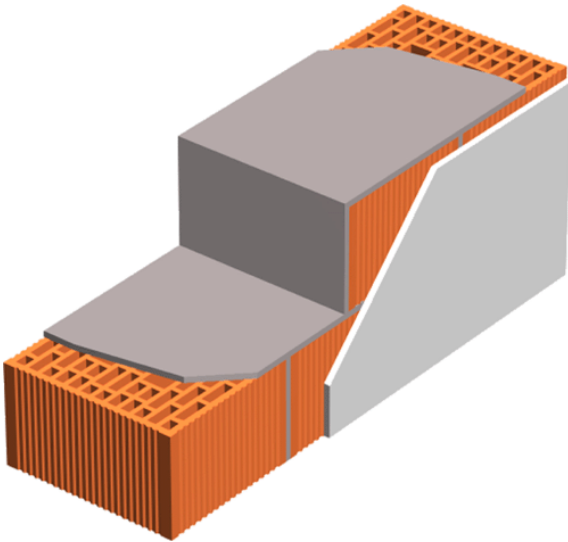


Figura 1a - Muratura monostrato con giunto di malta continuo.

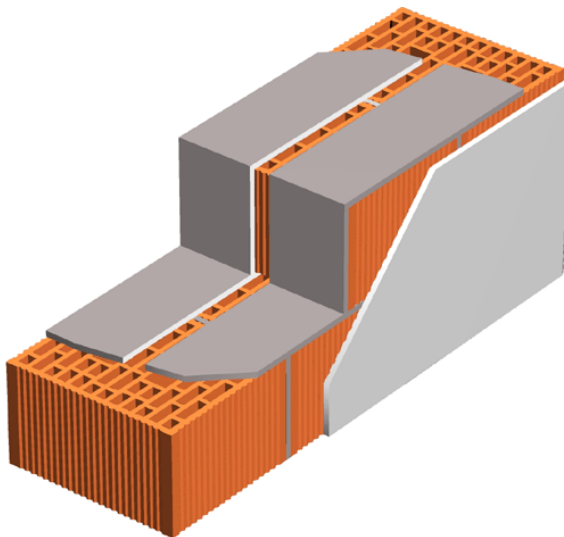


Figura 1b - Muratura monostrato con giunto di malta interrotto.

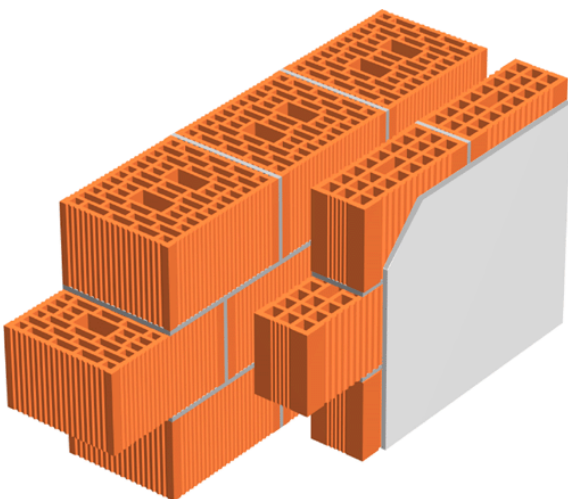


Figura 2 - Muratura pluristrato con intercapedine.

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.

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).

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

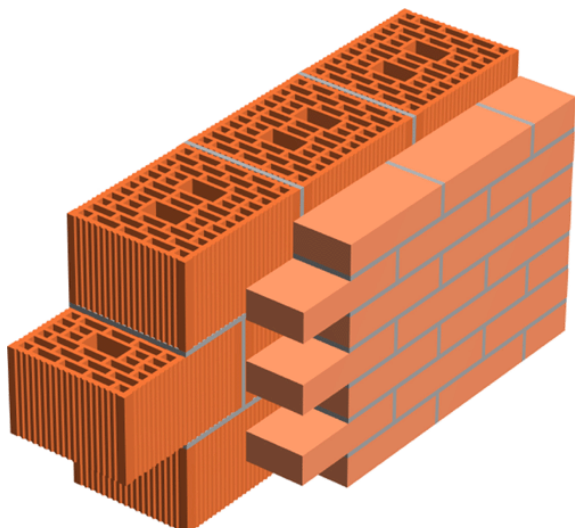


Figura 3 - Muratura pluristrato con paramento esterno a faccia vista.

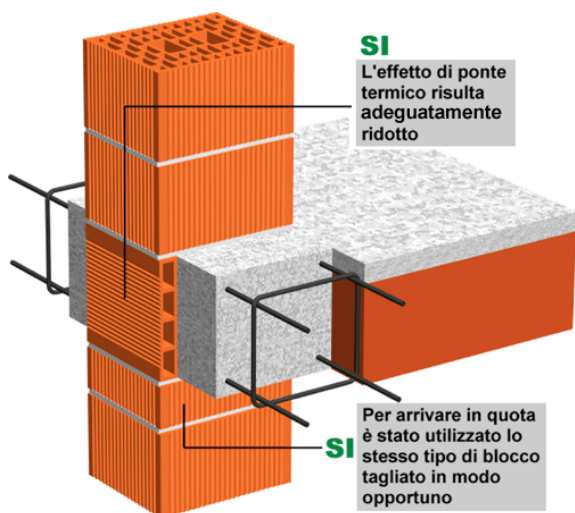


Figura 4a - Particolare corretto dell'attacco muro-solaio.

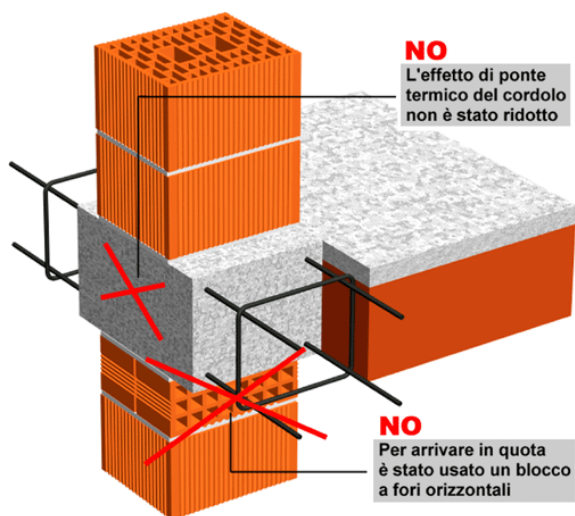


Figura 4b - Particolare scorretto dell'attacco muro-solaio.

ottenere un buon collegamento degli elementi che compongono il muro;

- 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 eventualmente interrotti in modo da formare due strisce parallele al piano medio del muro ad una distanza massima pari 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.
- 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 (vedi fig. 4a). E' 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 - vedi fig. 4b);
- i) i blocchi POROTON® devono essere messi in opera con foratura disposta in senso verticale;
- 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

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.

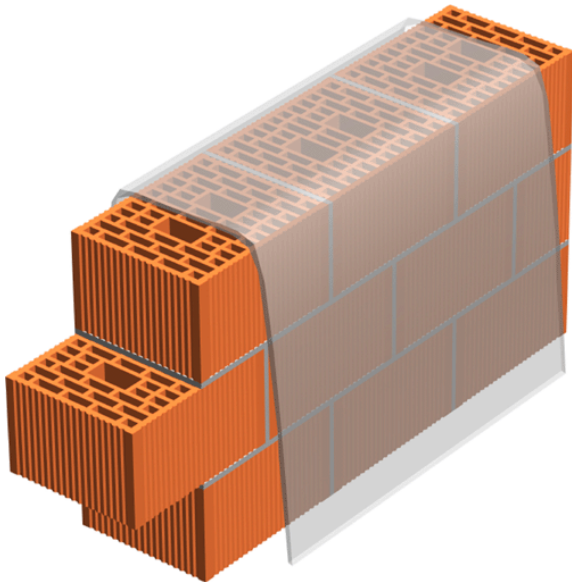


Figura 5 - Protezione della muratura in corso d'opera.

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 (vedi 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, notiamo, purtroppo, che essa viene molto spesso disattesa.

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

COME FARE L'INTONACO

Su murature monostrato in POROTON® si consiglia di utilizzare un intonaco di finitura esterno a tre strati come di seguito illustrato (vedi fig. 6):

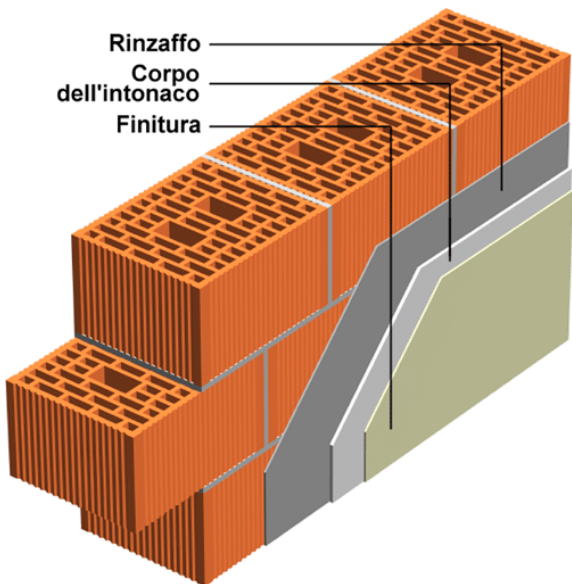


Figura 6 - Esecuzione dell'intonaco in tre strati.

- 1) applicazione di un rinazzo 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;
- 2) applicazione di un intonaco di fondo normale od alleggerito;
- 3) 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).

INTERVALLI DI POSA E SPESSORE DEGLI STRATI

Tipo di strato	Spessori consigliati	Stagionatura
Rinzaffo	in modo coprente	circa 2 settimane
Corpo dell'intonaco	minimo 20 mm fino a 60 mm	circa 1 settimana per cm
Finitura	spessore della sabbia	circa 20 giorni per eventuali tinteggiature

Nota bene: In condizioni atmosferiche avverse è necessario tenere conto di tempi di stagionatura più lunghi rispetto a quelli indicati in tabella. Intervalli più brevi di quelli indicati nella suddetta tabella comportano un maggiore rischio di fessurazioni ed una responsabilità da imputare a chi li determina (es. produttore di premiscelati, 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 particolarmente presente soprattutto sulle facciate maggiormente esposte e quindi soggette a notevoli variazioni termiche (sole > pioggia > sole > ombra > sole > vento).

Murature in POROTON® ed intonaci: un errore da evitare

Le murature in POROTON® presentano una notevole 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 disastrosi sul funzionamento della parete) utilizzando intonaci plastici impermeabilizzanti o, comunque, molto resistenti al passaggio del vapore.

Molto spesso il tecnico progettista è chiamato 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, come abbiamo già detto, possono anche essere addirittura disastrosi ed, in ogni caso, difficilmente risolvibili a posteriori, cioè con l'edificio finito e magari anche abitato.

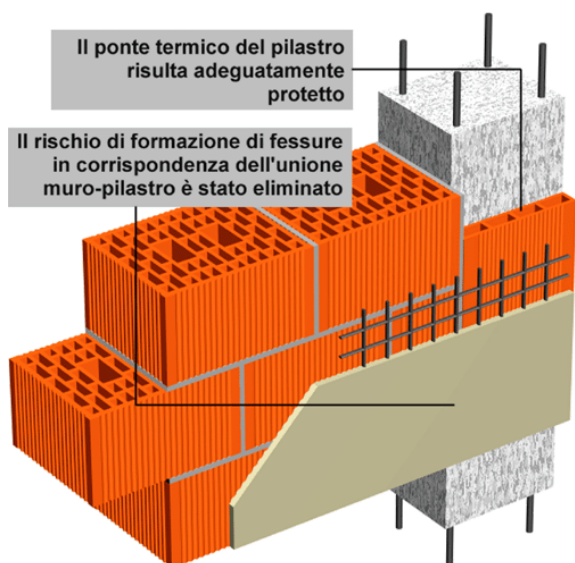


Figura 7a - Collegamento tra muratura di tamponamento e telaio in c.a.: soluzione corretta con riduzione del ponte termico del pilastro.

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.

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

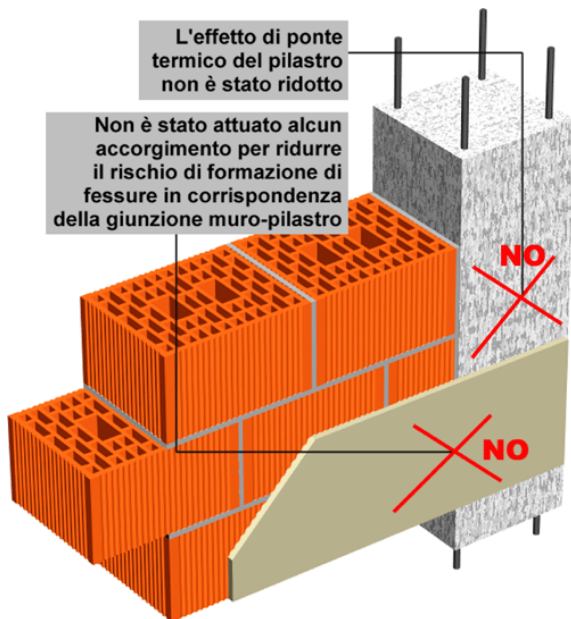


Figura 7b - Collegamento tra muratura di tamponamento e telaio in c.a.: soluzione non corretta.

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 (vedi figure 7a e 7b).

Protezione dei ponti termici

E' 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 in modo molto semplice, come indicato nelle figure 4a e 7a, con l'inserimento di un elemento in laterizio di ricoprimento. Questa operazione consente inoltre di uniformare la superficie da intonacare.

ALCUNI PROBLEMI NELLE STRUTTURE IN MURATURA ORDINARIA

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

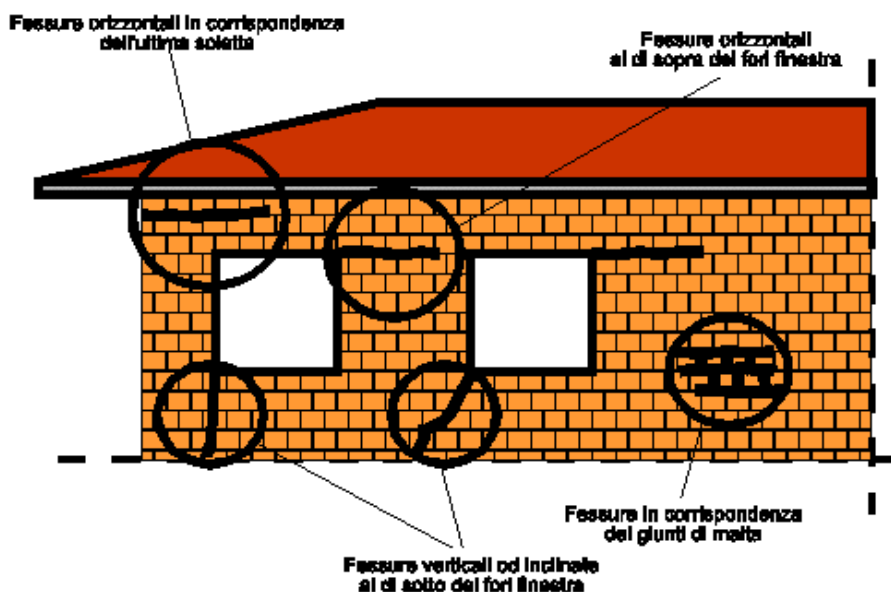


Figura 8 - Principali tipologie fessurative riscontrabili negli edifici.

direttamente collegati alla presenza di sforzi di trazione all'interno della muratura.

Pur essendo molto difficile procedere ad un'analisi "teorica" del problema, si riporta una schematizzazione dei quadri fessurativi che si riscontrano con maggiore frequenza soprattutto in edifici di nuova costruzione (vedi fig. 8).

Si ritiene inoltre opportuno, prima di passare alla discussione di quanto illustrato in fig. 8, riportare qui di seguito una parte delle DTU francesi relativa al calcolo delle strutture in calcestruzzo.

Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé

**(Fascicule 61 Titre du C.P.C. des Marchés de l'Etat)
CAPITOLO XIV - Regole applicabili a edifici correnti.**

Questo capitolo riunisce delle norme che trovano più spesso applicazione nella costruzione di edifici correnti.

... omissis ...

Articolo 51 - Temperatura e ritiro

Nei calcoli relativi agli edifici correnti in cemento armato, come lo sono spesso gli edifici di abitazione o ad uso uffici, non si tiene generalmente conto degli effetti del ritiro e delle variazioni di temperatura esterna per gli elementi di costruzione compresi tra giunti posti ad una distanza massima pari a:

- 25 metri per le regioni secche o a forte variazione di temperatura;
- 50 metri per le regioni umide e temperate.

Quando queste distanze limite sono oltrepassate, si tiene conto, nei calcoli, degli effetti del ritiro e delle variazioni di temperatura esterna, a meno di non assumere speciali accorgimenti per risolvere tale problema.

La tolleranza derivante dal fatto di trascurare gli effetti del ritiro e delle variazioni di temperatura per gli elementi di costruzione compresi tra giunti distanti al massimo delle lunghezze stabilite più sopra, si applica solo agli elementi di una ossatura completa in cemento armato che poggia su dei supporti normalmente flessibili. Essa non riguarda il caso delle travi di grande lunghezza che poggiano su sostegni in muratura, per i quali occorre prendere delle disposizioni necessarie affinché gli effetti del ritiro e delle variazioni termiche non producano dei disordini nelle murature né eventualmente degli sforzi anormali nelle travi.

Tra i valori limite di 25 e 50 metri, si può prendere in considerazione, per un edificio di situazione geografica determinata, un valore intermedio giustificato. A titolo di esempio, per la Francia continentale, si possono accettare come dimensioni tra giunti i seguenti valori:

- 25 metri nei dipartimenti vicini al Mediterraneo;
- da 30 a 35 metri nelle regioni dell'Est, le Alpi, e Massiccio Centrale;
- 40 metri nella regione parigina;
- 50 metri nelle regioni dell'Ovest.

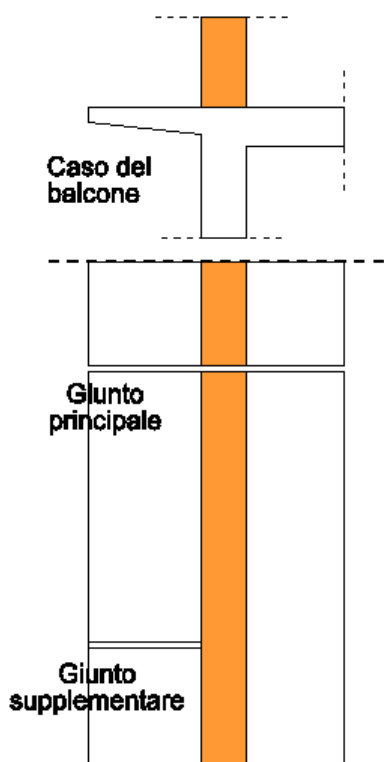


Figura 9 - Disposizione di un giunto supplementare in corrispondenza del balcone.

I giunti che devono essere previsti nelle ossature in elevazione non sono obbligatoriamente da prolungare nelle parti interrate o in fondazione dove è spesso preferibile non prevederne onde evitare, in particolare, di dare origine a fondazioni sollecitate in modo eccentrico, a meno che non si rendano necessari dei tagli totali in merito a condizioni di cedimento (assestamento).

Viene precisato che le distanze tra i giunti indicate più sopra s'intendono, in generale, per le ossature ed i solai interni dei piani correnti degli edifici. Nel caso di edifici ricoperti da terrazze, sarà spesso opportuno prevedere, tra l'ultimo piano e la terrazza, dei giunti (comunemente chiamati "giunti diapason") che permettano di dividere almeno per due le distanze tra i giunti principali.

Lo stesso vale per i balconi, le tettoie, le gronde, i cordoli dei solai (generalmente sensibili agli effetti di variazioni brusche della temperatura esterna) i quali dovranno spesso essere dotati di giunti supplementari disposti tra i giunti di dilatazione principali (vedi fig. 9).

... omissis ...

Riprendendo l'analisi della fig. 8 si riportano di seguito alcune considerazioni relative alle diverse condizioni schematizzate.

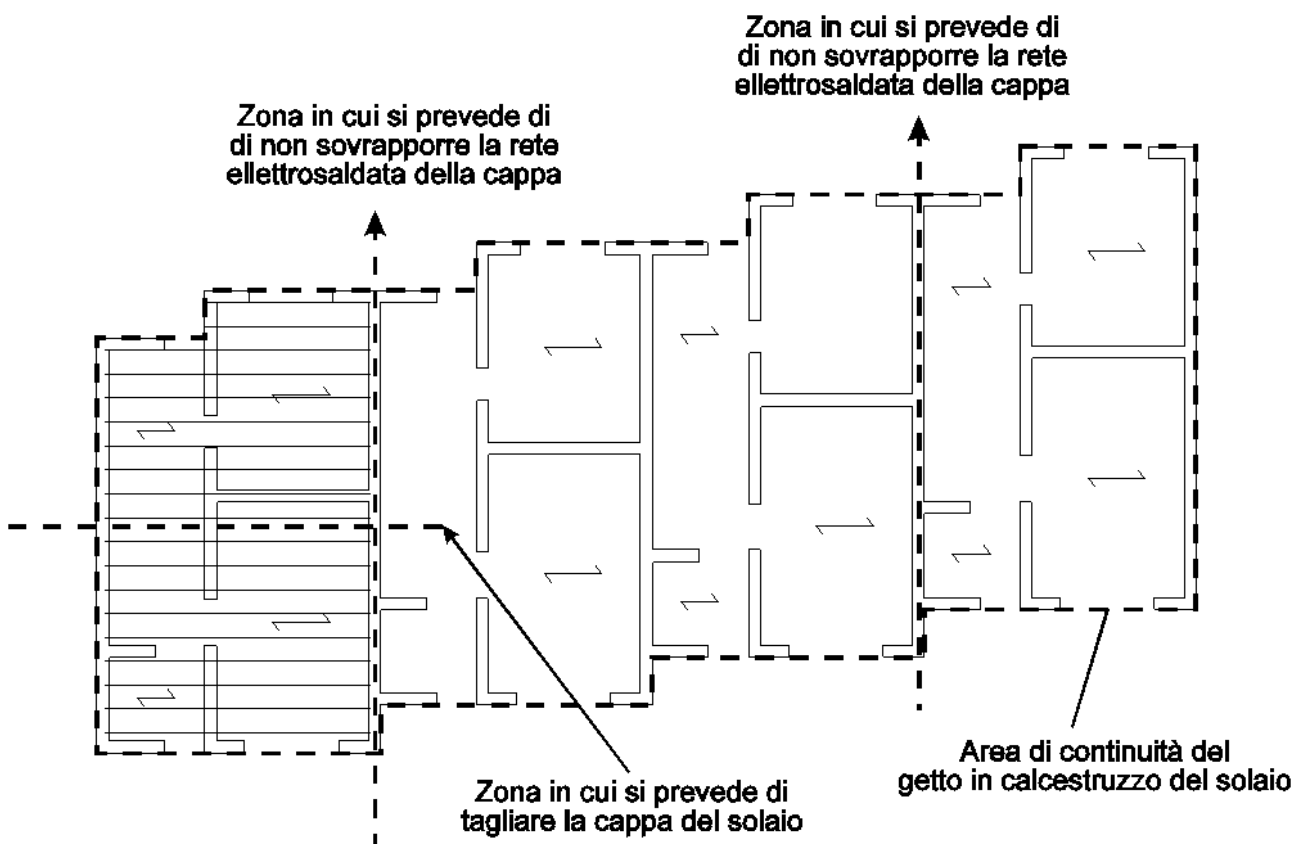


Figura 10 - L'interruzione della rete elettrosaldata nella cappa del solaio consente di limitare le fessurazioni orizzontali in corrispondenza della soletta.

1) Fessure orizzontali in corrispondenza dell'ultima soletta

Questo tipo di fessurazione è sicuramente dovuto alla interazione tra solaio e muro. Numerosi studiosi in materia sono inoltre concordi nell'affermare che gran parte del fenomeno è causato dal ritiro del calcestruzzo (e quindi del solaio) anche se, a tale deformazione, può sommarsi quella derivante dalla rotazione del solaio o dalla dilatazione termica dello stesso. E' opinione di chi scrive che, oltre all'elevato grado di ritiro del calcestruzzo, il fenomeno sia influenzato anche dai seguenti fattori:

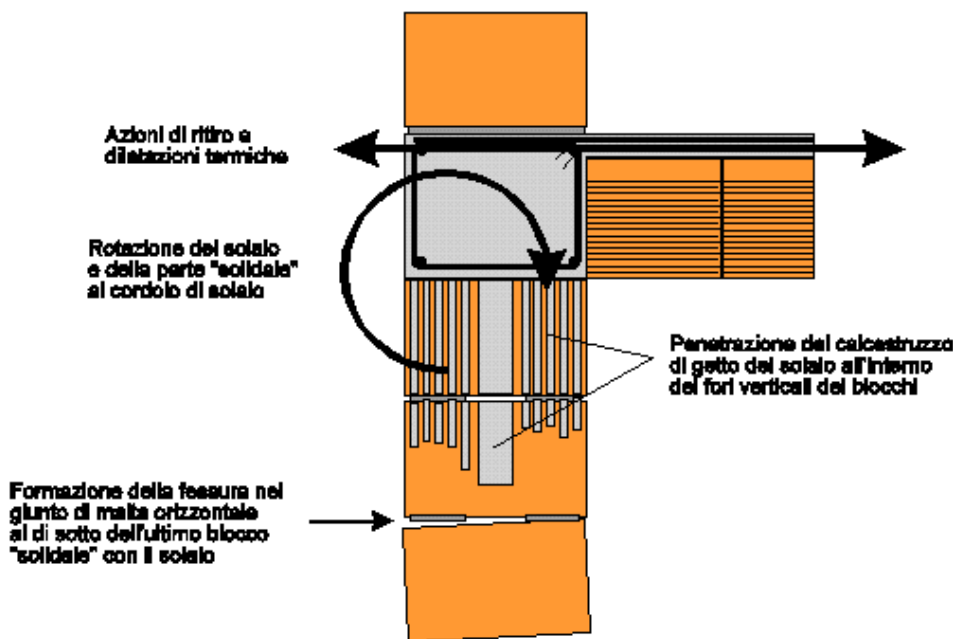


Figura 11 - Meccanismo di sviluppo della fessura a causa della penetrazione del cls del getto del cordolo del solaio all'interno della muratura.

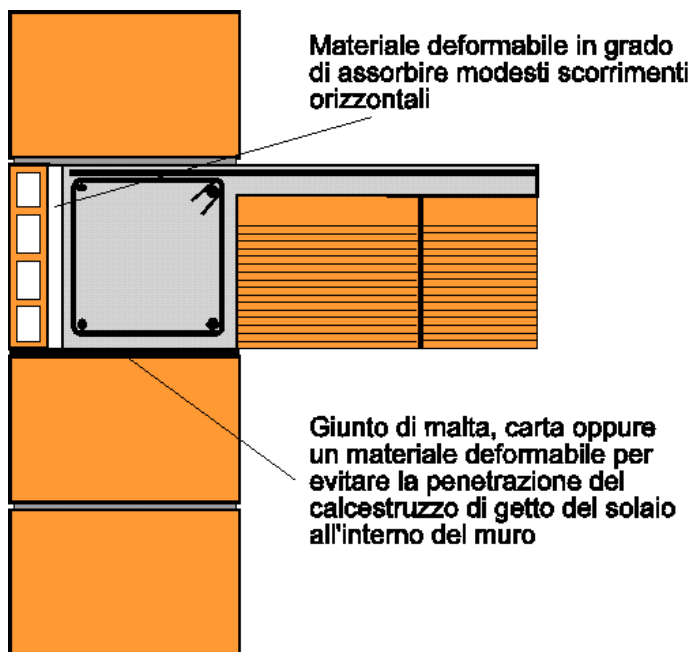


Figura 12 - Accorgimenti per evitare la penetrazione del cls del getto del solaio nel muro.

comparsa delle fessurazioni al di sotto del cordolo (e soprattutto nei muri di facciata) risulti piuttosto elevata.

- a) Presenza della rete elettrosaldata posta all'interno della cappa del solaio che impedisce il formarsi di fessure da ritiro all'interno della stessa "portando", quindi, l'intera deformazione della cappa sulle murature del perimetro.

Nella fig. 10 è riportata la pianta di un normale edificio a schiera in cui è previsto l'impiego di rete elettrosaldata all'interno del solaio. Supponendo che l'edificio presenti una lunghezza pari a 25 m ed ipotizzando un coefficiente di ritiro pari a 0.2×10^{-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

Per ovviare a questo fenomeno è sufficiente (come suggerisce il DTU precedentemente citato) "rompere" in qualche modo la continuità della cappa evitando di sovrapporre (e quindi giuntare) la rete elettrosaldata, oppure operando dei veri e propri tagli. Questa soluzione è tranquillamente adottabile per edifici ubicati in zona non sismica, per i quali la forza orizzontale che deve essere trasmessa dal solaio è dovuta esclusivamente all'azione del vento (in zona sismica il problema è più complesso in quanto il solaio ha il compito di assorbire e distribuire sulle sottostanti murature una forza ben superiore a quella del vento).

- b) Penetrazione del calcestruzzo all'interno dei fori verticali del corso di blocchi a contatto con il cordolo (vedi fig. 11), con conseguente "solidarizzazione" di uno o due corsi di blocchi con il solaio. Il verificarsi di questa condizione comporta uno spostamento in basso della fessura con un conseguente maggiore rischio di infiltrazioni d'acqua piovana.

Anche in questo caso è possibile risolvere il problema adottando gli accorgimenti riportati in fig. 12. Si tratta, in primo luogo, di evitare che il calcestruzzo di getto del solaio (generalmente molto fluido) coli all'interno dei fori; come secondo accorgimento è necessario consentire al solaio di poter scorrere leggermente senza peraltro danneggiare la parte esterna del muro.

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 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 generalmente causato da un cedimento 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).

FESSURAZIONI NELLE TRAMEZZATURE E NEI TAMPONAMENTI

Una parete relativamente rigida, poggiate 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).

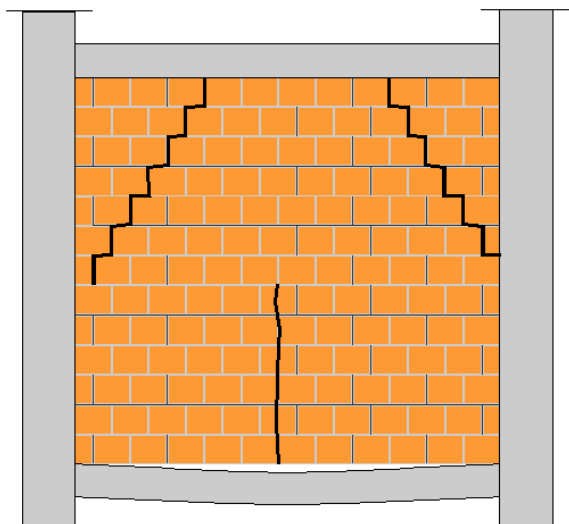


Figura 13 - Fessurazioni dovute alla deformazione del solaio inferiore.

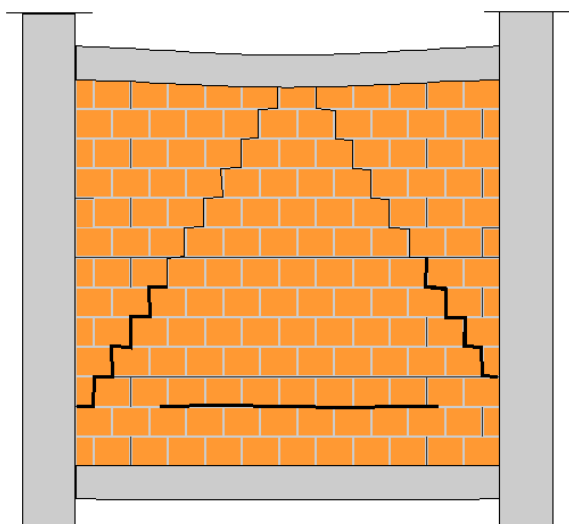


Figura 14 - Fessurazioni dovute alla deformazione del solaio superiore.

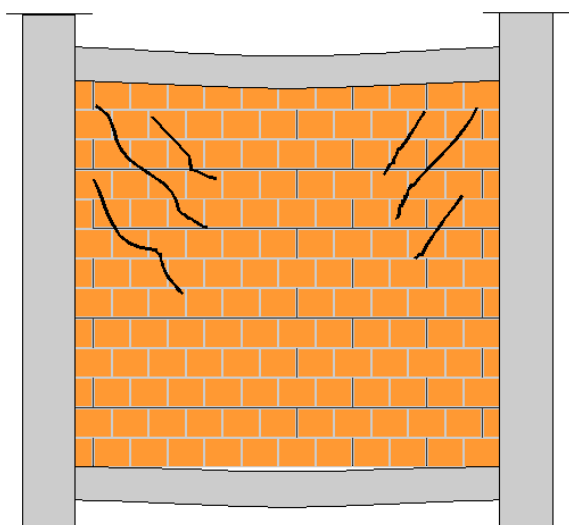


Figura 15 - Fessurazioni dovute a due solai che si deformano in modo equivalente.

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 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 (vedi fig. 13). 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 (vedi fig. 14). Se la deformazione dei due solai è la stessa, le pareti presenteranno lesioni agli angoli (vedi fig. 15). 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 le pareti all'intradosso dei solai, lasciando lo spazio necessario per accogliere le deformazioni;
- 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.