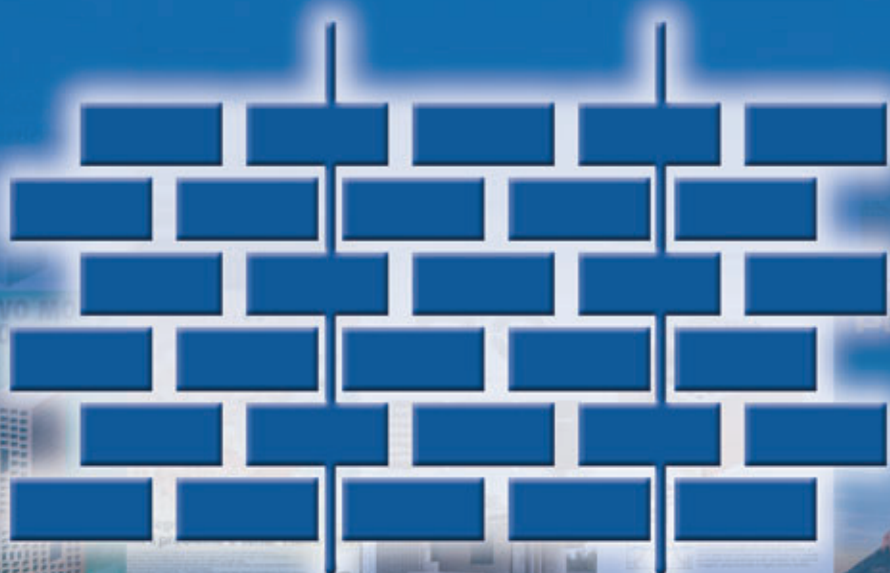


# MURATURA ARMATA



# POROTON®

# Indice

<u>Introduzione</u>	pag. 2
<u>Requisiti strutturali in zona sismica</u>	pag. 2
Criteri progettuali	» 2
Requisiti geometrici e regole di dettaglio	» 3
<u>Caratteristiche dei materiali</u>	pag. 4
<u>Disposizione delle armature</u>	pag. 5
<u>Costruzioni semplici</u>	pag. 8
<u>Vantaggi della Muratura Armata POROTON®</u>	pag. 9
<u>Muratura Armata POROTON®: Particolari costruttivi</u>	pag. 10
<u>Le strutture miste</u>	pag. 17
<u>La muratura armata in zona non sismica</u>	pag. 18
<u>Muratura Armata POROTON® in cantiere</u>	pag. 19
<u>Realizzazioni</u>	pag. 21



## INTRODUZIONE

Il comportamento sismico delle strutture in muratura è in generale caratterizzato dal comparire sui setti murari di lesioni inclinate che, in presenza di terremoti violenti, tendono a propagarsi ed interessare l'intera sezione dei muri portando, nei casi più gravi, al collasso della struttura.

Normalmente la rottura, nel caso di murature tradizionali, è sostanzialmente di tipo fragile e quindi il carico di collasso è mantenuto in un ambito di spostamenti piuttosto contenuti. In altri termini le strutture in muratura ordinaria sono poco duttili. È per questa ragione che in zona sismica trovano impiego in edifici di altezza massima pari a due-tre piani ed aventi assetti planimetrici non troppo "dispersi".

Il Consorzio POROTON® Italia, a seguito dei terremoti che colpirono il Friuli e l'Irpinia, ha indirizzato la propria attenzione sugli aspetti statici delle strutture in muratura ottenendo risultati significativi e di fondamentale importanza anche per l'evoluzione futura delle norme tecniche del settore, per validare l'utilizzo del laterizio come elemento portante di edifici situati anche in zone ad elevato rischio sismico; può essere considerato a ragione quale precursore nel campo delle strutture in muratura armata in Italia, avendo avviato ricerche, studi e sperimentazioni in questo campo fin dall'inizio degli anni '80, ricerche che hanno condotto nel 1984 all'ottenimento di un "Certificato di idoneità tecnica" per un sistema costruttivo di muratura armata POROTON® con notevole anticipo rispetto alle normative nazionali.

Il sistema costruttivo "muratura armata" presenta, oltre ad una notevole duttilità, anche capacità di assorbire sforzi di trazione e per tale ragione il suo comportamento è più "simile" a quello delle strutture a setti in calcestruzzo armato che non alle strutture in muratura normale, e rappresenta la natura-

le evoluzione delle strutture in muratura portante per le zone a maggior rischio sismico.

In tempi più recenti la muratura armata è stata introdotta anche nella normativa nazionale (D.M. 16.1.1996 prima, D.M. 14.1.2008 poi) che ha di fatto recepito il bagaglio di esperienze maturate dal Consorzio nel corso degli anni.

## REQUISITI STRUTTURALI IN ZONA SISMICA

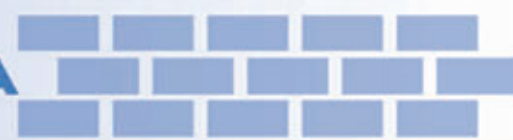
La normativa tecnica nazionale è stata completamente rivisitata ed aggiornata negli ultimi anni ed attualmente il riferimento per tutte le tipologie strutturali è costituito dal D.M. 14.1.2008 (le cosiddette N.T.C., Norme Tecniche per le Costruzioni), decreto ufficialmente in vigore dal 1° luglio 2009. Esse disciplinano anche l'impiego delle strutture in muratura ordinaria ed armata, in zona sismica e non.

Per quanto concerne le strutture in muratura armata, il D.M. 14.1.2008 riconosce ad esse alcuni "vantaggi" che il D.M. 16.1.1996 non prevedeva.

La possibilità di costruire edifici in muratura (ordinaria e/o armata) in zona sismica è legata al rispetto di alcune semplici prescrizioni che riguardano sia i materiali che le strutture. In modo schematico si possono distinguere criteri progettuali (indicazioni generali per una corretta concezione strutturale dell'edificio in relazione al suo comportamento sismico) e requisiti geometrici e strutturali (regole e prescrizioni di dettaglio).

## CRITERI PROGETTUALI

I criteri progettuali, per diversi aspetti comuni ad altri sistemi costruttivi, finalizzati ad ottimizzare il comportamento delle strutture nei confronti del sisma, sono i seguenti:



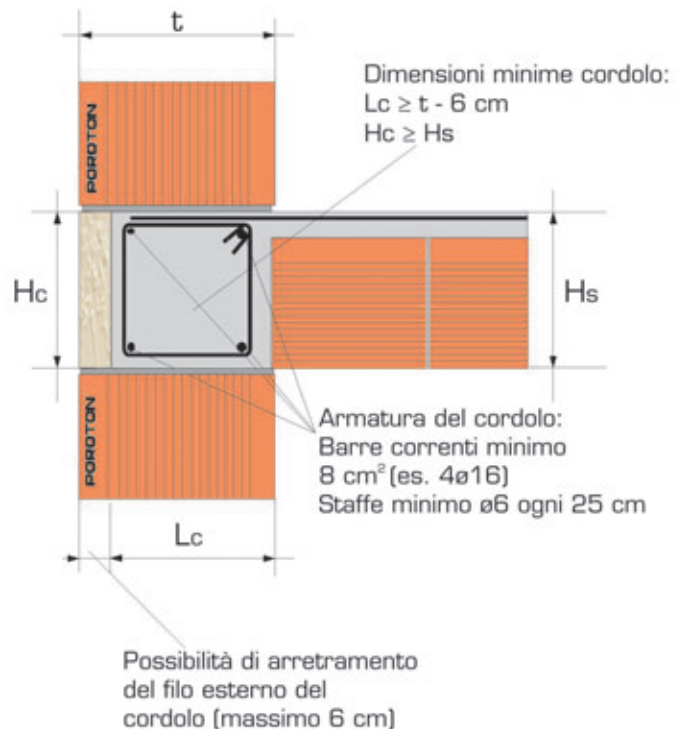
- le piante delle costruzioni debbono essere quanto più possibile compatte e simmetriche rispetto a due assi ortogonali;
- le pareti strutturali, al lordo delle aperture, debbono avere continuità in elevazione fino alla fondazione, evitando pareti in falso;
- le strutture costituenti orizzontamenti e coperture, non devono essere spingenti. Eventuali spinte orizzontali, valutate tenendo conto dell'azione sismica, devono essere assorbite per mezzo di idonei elementi strutturali;
- i solai devono assolvere, oltre alla funzione portante dei carichi verticali, anche quella di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali, pertanto devono essere ben collegati ai muri e garantire un adeguato comportamento a diaframma;
- le strutture di fondazione devono essere realizzate in cemento armato, continue, senza interruzioni in corrispondenza di aperture nelle pareti soprastanti. Qualora sia presente un piano cantinato o seminterrato in pareti di cemento armato esso può essere considerato quale struttura di fondazione dei sovrastanti piani in muratura portante e non è computato nel numero dei piani complessivi in muratura.

## REQUISITI GEOMETRICI E REGOLE DI DETTAGLIO

I requisiti di tipo geometrico richiesti dal D.M. 14.1.2008 per le pareti in muratura armata resistenti al sisma sono i seguenti:

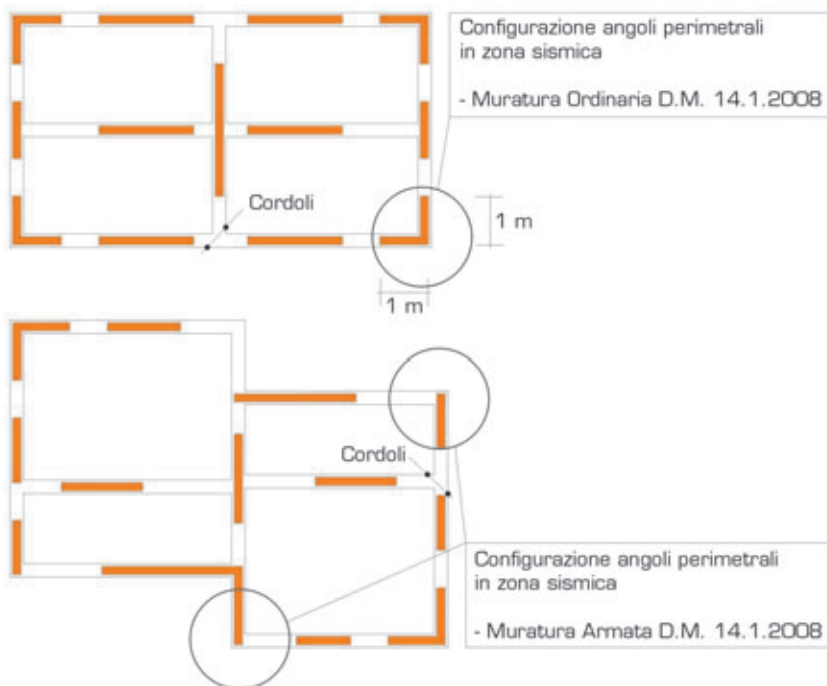
- a) la distanza massima tra due solai successivi non deve essere superiore a 5 m;
- b) lo spessore minimo delle pareti resistenti al sisma deve essere di 24 cm (20 cm in siti ricadenti in zona 4);
- c) la snellezza massima delle pareti (rapporto tra spessore della muratura e lunghezza libera di

- d) inflessione) è pari a 15;
- d) nessun limite sulla lunghezza minima dei setti resistenti;
- e) ad ogni piano deve essere realizzato un cordolo continuo in c.a. all'intersezione tra solai e pareti; detti cordoli devono avere altezza minima pari all'altezza del solaio e larghezza almeno pari a quella del muro; è consentito un arretramento massimo di 6 cm dal filo esterno. L'armatura corrente non deve essere inferiore a 8 cm<sup>2</sup>; le staffe devono avere diametro non inferiore a 6 mm ed interasse non superiore a 25 cm;



Requisiti geometrici e di armatura prescritti per i cordoli in c.a. di strutture in muratura in zona sismica

- f) travi metalliche o prefabbricate costituenti i solai debbono essere prolungate nel cordolo per almeno la metà della sua larghezza e comunque per non meno di 12 cm ed adeguatamente ancorate ad esso;
- g) al di sopra di ogni apertura deve essere realizzato un architrave resistente a flessione efficacemente ammortato alla muratura. Essi possono essere realizzati in muratura armata;
- h) agli incroci delle pareti perimetrali **è possibile derogare** dal requisito di avere su entrambe le pareti zone di parete muraria di lunghezza non inferiore a 1 m.



Nelle strutture in muratura armata il D.M. 14.1.2008 non richiede agli incroci d'angolo spallette di muro di 1 m su entrambe le pareti

Si evidenzia dunque una importante novità, ovvero la possibilità di realizzare angoli nelle strutture in muratura armata senza obbligo di avere quelle "spallette" di muro che il D.M. 16.1.1996 richiedeva e che costituivano in diversi casi impedimento o limitazione alla realizzazione del progetto in muratura portante.

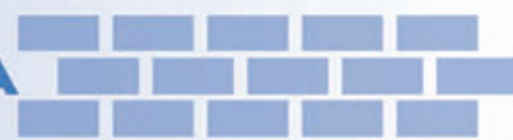
## CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Anche le nuove N.T.C. (come già era previsto dal D.M. 16.1.1996) prescrivono per le strutture in muratura armata l'impiego di blocchi semipieni; il

D.M. 14.1.2008 richiede, in aggiunta, che i setti dei blocchi disposti parallelamente al piano del muro siano continui e rettilinei, salvo potersi interrompere in corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature. I blocchi per muratura armata possono inoltre disporre di un foro per l'alloggiamento dell'armatura di area non superiore a 70 cm<sup>2</sup> e dovranno avere resistenza caratteristica a compressione minima analoga a quella già stabilita dal D.M. 16.1.1996 ( $f_{bk} \geq 5 \text{ N/mm}^2$  e  $f_{bk} \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ ).

Il D.M. 14.1.2008 prescrive l'impiego di malta avente resistenza media a compressione di almeno 10 N/mm<sup>2</sup> (classe M10). I giunti di malta sia orizzontali che verticali devono essere riempiti di malta. Ciò significa che non è possibile utilizzare blocchi di tipo "ad incastro".

I blocchi per muratura armata devono avere conformazione geometrica che consenta di ottenere dei vani, per l'in-



serimento delle barre di armatura verticali, di forma tale che vi si possa inscrivere un cilindro di diametro minimo pari a 6 cm. Per i vani in cui vengono inserite le armature verticali è richiesto il riempimento con malta o conglomerato cementizio (classe M10 per la malta, classe C12/15 per il conglomerato cementizio).

Per le armature si devono utilizzare le barre ad aderenza migliorata normalmente impiegate per il cemento armato (tipo B450A e B450C in relazione alla nuova classificazione degli acciai introdotta dal D.M. 14.1.2008). Per le armature orizzontali è ammesso anche l'impiego di armature a traliccio elettrosaldato.

## DISPOSIZIONE DELLE ARMATURE

Le quantità minime di armatura previste dal D.M. 14.1.2008 per la realizzazione di strutture in muratura armata in zona sismica sono le seguenti:

### Armature orizzontali:

- staffe di diametro minimo  $\varnothing 5$  mm nel corpo della muratura ad interasse non superiore a 60 cm, con un limite minimo dello 0,04% in percentuale sull'area lorda della muratura.

### Armature verticali:

- 2 cm<sup>2</sup> da collocarsi a ciascuna estremità di ogni parete portante, ad ogni intersezione tra pareti portanti, in corrispondenza di ogni apertura e comunque ad interasse non superiore a 4 m;
- la percentuale di armatura verticale, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, non potrà essere inferiore allo 0,05% né superiore al 1,0%.

Al di là di tutte le possibili soluzioni costruttive che si

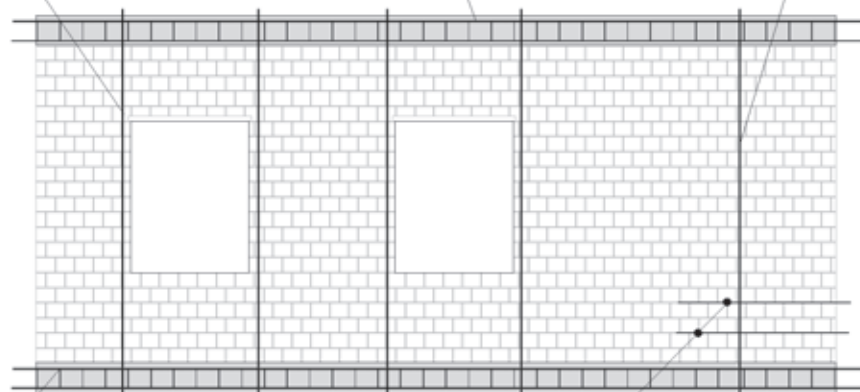
possono immaginare, è bene che il progettista tenga sempre presente quanto segue:

- le armature verticali devono essere continue lungo l'intero sviluppo verticale del fabbricato. Esse devono quindi essere opportunamente giuntate (di solito per semplice sovrapposizione, la normativa la quantifica in 60 diametri) oppure ancorate all'interno della fondazione e dei cordoli di piano;
- le staffe orizzontali disposte nei giunti di malta devono essere chiuse e devono "girare" attorno alle armature verticali ai bordi dei pannelli; nel caso di murature che convergono (angoli o incroci tra pareti) si consiglia di disporre le staffe orizzontali nei corsi dispari di una parete ed in quelli pari dell'altra così da evitare sovrapposizioni di armatura nell'angolo o nell'intersezione;
- le armature verticali sono deputate ad assorbire gli sforzi di trazione derivanti dall'inflessione dei setti murari dovuta al momento generato dalle azioni sismiche, mentre le armature orizzontali hanno lo scopo di conferire duttilità al sistema. Le prime devono essere dimensionate e verificate con il calcolo mentre le seconde sono predefinite nella misura indicata dalla normativa;
- per quanto riguarda le armature verticali conviene non utilizzare diametri eccessivamente elevati (si consiglia al massimo  $\varnothing 20$  mm) soprattutto in corrispondenza di vani di alloggiamento non troppo ampi (in generale più grande è il diametro della barra e più delicato diventa il riempimento del foro con la malta ed il fenomeno di aderenza tra malta ed acciaio);
- la muratura armata eseguita in opera, come si evince da quanto illustrato, non necessita dell'impiego di manodopera specializzata o di particolari attrezzature di cantiere ed è quindi alla portata di qualsiasi impresa.

Armatura verticale concentrata alle estremità dei pannelli murari  $2 \text{ cm}^2$  ( $1\phi 16$ )

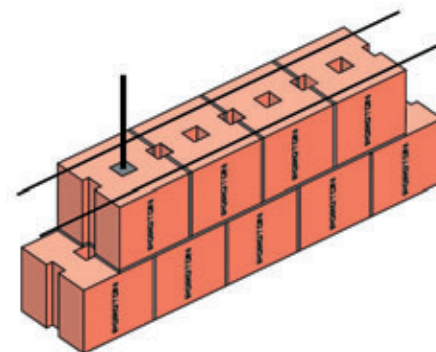
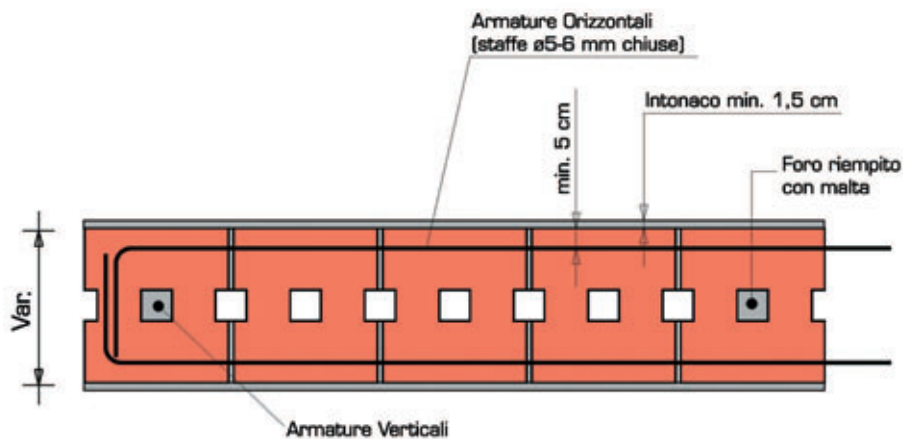
Cordolo barre correnti  $4\phi 16$  staffe  $\phi 6/25 \text{ cm}$

Eventuale armatura verticale concentrata a passo  $4 \text{ m}$   $2 \text{ cm}^2$  ( $1\phi 16$ )



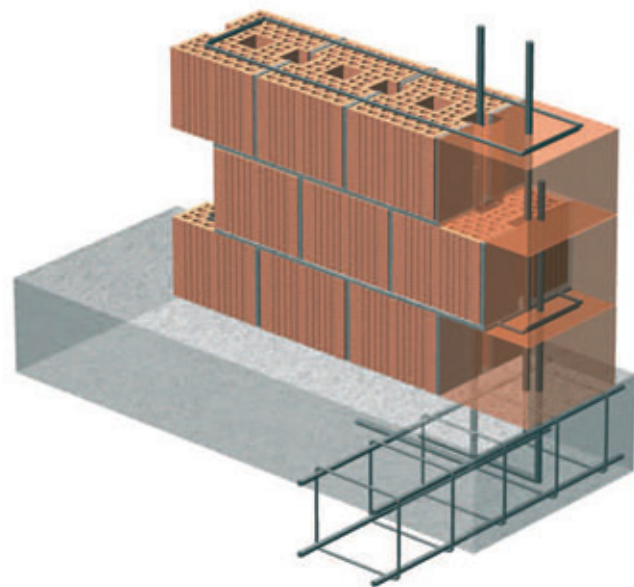
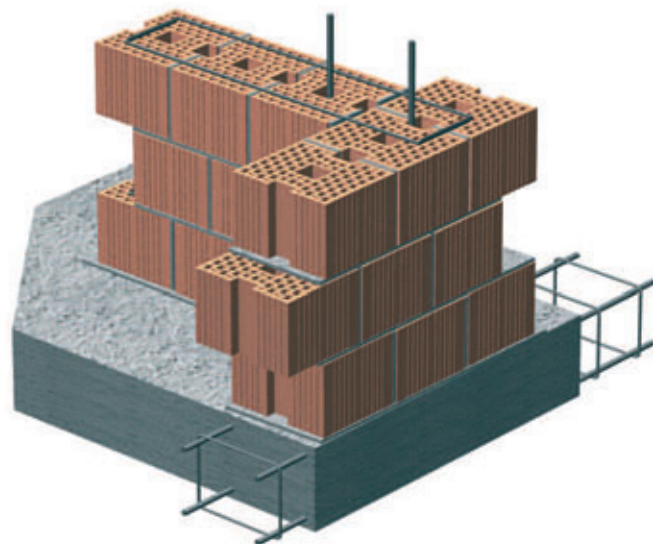
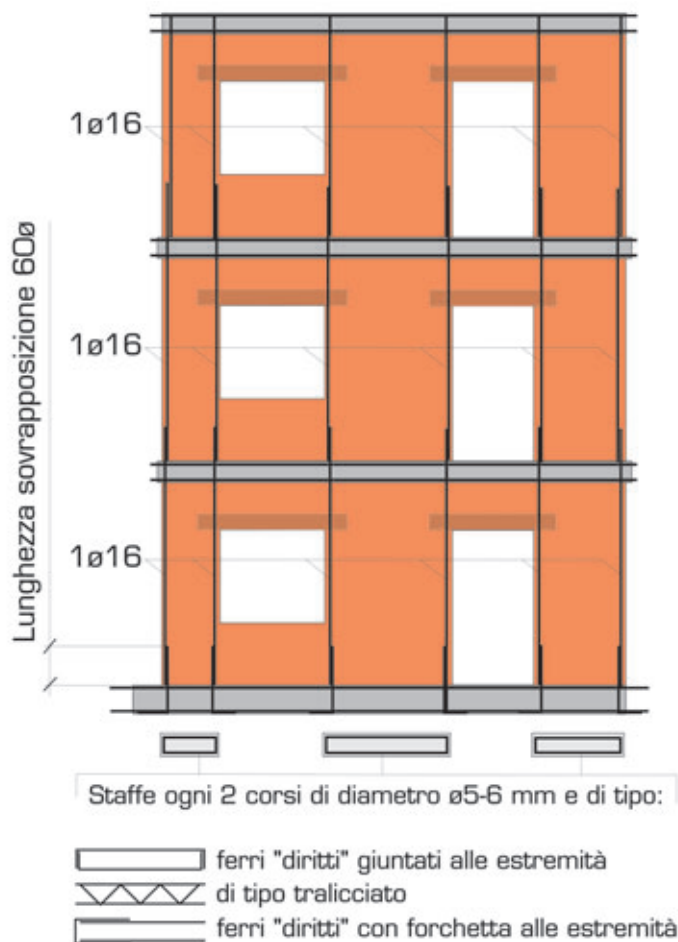
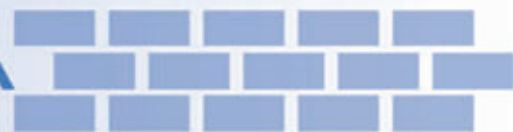
Cordolo barre correnti  $4\phi 16$  staffe  $\phi 6/25 \text{ cm}$

Armatura distribuita orizzontale staffe diametro min.  $\phi 5 \text{ mm}$  passo  $\leq 60 \text{ cm}$



Schema di disposizione delle armature richieste dal D.M. 14.1.2008

Schema (pianta e assonometria) di un muro tipo in Muratura Armata POROTON®



Sopra: Muratura Armata POROTON®: disposizione generale delle armature. Le staffe possono essere realizzate utilizzando ferri dritti, ferri ripiegati ad L alle estremità oppure tralicci, avendo cura in ogni caso di "chiudere" le staffe attorno alle barre verticali di estremità

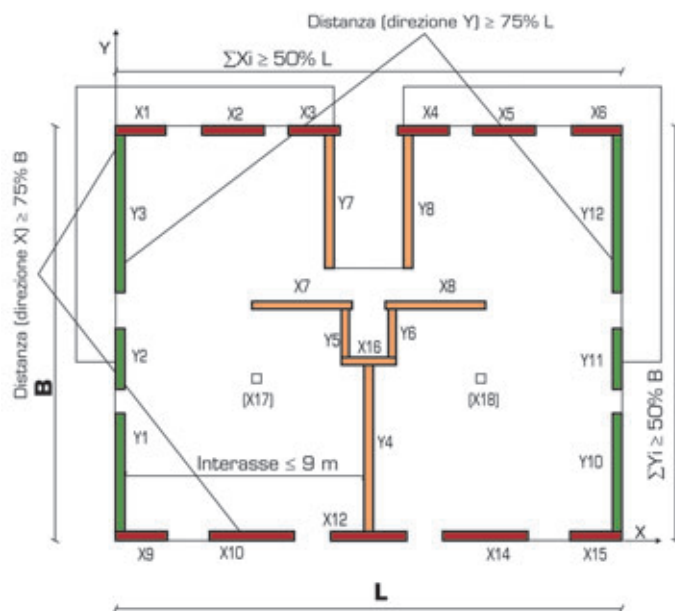
A destra: Particolari assometrici dell'intersezione a T e dell'aggancio della barra con lo spezzone di fondazione

## COSTRUZIONI SEMPLICI

Si definiscono “costruzioni semplici” quelle che rispettano particolari condizioni di regolarità in pianta ed elevazione oltre ad altri requisiti di carattere geometrico stabiliti dal D.M. 14.1.2008. Per esse, nelle zone 2, 3, 4 non è obbligatorio effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza.

Un edificio in muratura armata in zona sismica viene considerato “costruzione semplice” quando rispetta i seguenti requisiti:

- le pareti strutturali della costruzione siano continue dalle fondazioni alla sommità;
- nessuna altezza interpiano sia superiore a 3,5 m;
- il numero di piani non sia superiore a 4 (per muratura ordinaria 3);



Requisiti geometrici per “costruzione semplice” in muratura armata

- la planimetria dell'edificio sia inscrivibile in un rettangolo con rapporti fra lato minore e lato maggiore non inferiore a 1/3;
- la snellezza della muratura non sia in nessun caso superiore a 12;
- il carico variabile per i solai non sia superiore a 3,00 kN/m<sup>2</sup>;
- in ciascuna delle due direzioni siano previsti almeno due sistemi di pareti di lunghezza complessiva, al netto delle aperture, ciascuno non inferiore al 50% della dimensione della costruzione nella medesima direzione. La distanza tra questi due sistemi di pareti in direzione ortogonale al loro sviluppo longitudinale in pianta sia non inferiore al 75% della dimensione della costruzione nella medesima direzione (ortogonale alle pareti). Almeno il 75% dei carichi verticali sia portato da pareti che facciano parte del sistema resistente alle azioni orizzontali;
- in ciascuna delle due direzioni siano presenti pareti resistenti alle azioni orizzontali con interasse non superiore a 9 m (per muratura ordinaria 7 m);
- per ciascun piano il rapporto tra area della sezione resistente delle pareti e superficie lorda del piano non sia inferiore ai valori indicati nella seguente tabella in funzione del numero di piani della costruzione e della sismicità del sito.

I vantaggi della struttura in muratura armata rispetto a quella in muratura ordinaria, in termini di minore percentuale di muratura resistente necessaria per le “costruzioni semplici”, aumentano al crescere della sismicità.

Area pareti resistenti in ciascuna direzione ortogonale per costruzioni semplici

Accelerazione di picco del terreno $a_g \cdot S$		$\leq 0,07$ g	$\leq 0,10$ g	$\leq 0,15$ g	$\leq 0,20$ g	$\leq 0,25$ g	$\leq 0,30$ g	$\leq 0,35$ g	$\leq 0,40$ g	$\leq 0,45$ g	$\leq 0,4725$ g
Tipo di struttura	N° piani										
Muratura ordinaria	1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
	2	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	6,5%	6,5%	7,0%
	3	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%			
Muratura armata	1	2,5%	3,0%	3,0%	3,0%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	4,5%
	2	3,0%	3,5%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,0%	5,0%
	3	3,5%	4,0%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%
	4	4,0%	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%	6,5%	6,5%

## VANTAGGI DELLA MURATURA ARMATA POROTON®

L'impiego della Muratura Armata POROTON® consente di:

- realizzare edifici in zona sismica senza la necessità di dover aumentare gli spessori dei muri di piano in funzione dell'altezza del fabbricato;
- realizzare edifici in muratura portante di qualsiasi forma e distribuzione planimetrica senza l'obbligo di rispettare limiti massimi tra l'interasse dei muri;
- inserire all'interno della struttura portante elementi resistenti ai soli carichi verticali quali pilastri in c.a. o in acciaio;
- risparmiare sui costi di costruzione della struttura;
- usare manodopera non specializzata e le normali

attrezzature di un "piccolo" cantiere;

- costruire case con strutture caratterizzate da schemi statici più "leggibili", e quindi più sicure e affidabili in presenza di eventi sismici.

Il D.M. 14.1.2008 riconosce alle strutture in muratura armata alcuni "vantaggi" che il D.M. 16.1.1996 non prevedeva. Anche considerando i requisiti richiesti nel caso delle "costruzioni semplici" si constata che, per le strutture in muratura armata, vengono stabiliti requisiti meno restrittivi rispetto alle strutture in muratura portante ordinaria ed anche rispetto alle stesse strutture in muratura armata del D.M. 16.1.1996.

Questo incrementa ulteriormente i vantaggi insiti nell'impiego del sistema di Muratura Armata POROTON® precedentemente esposti.

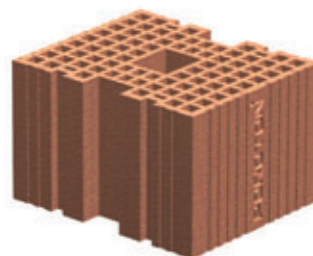
## MURATURA ARMATA POROTON®: PARTICOLARI COSTRUTTIVI

Per completare adeguatamente l'illustrazione del sistema costruttivo "Muratura Armata POROTON®" si riportano alcuni particolari costruttivi riferiti ai principali casi di giunzione tra elementi murari che si possono presentare nella progettazione di un edificio in muratura armata in zona sismica.

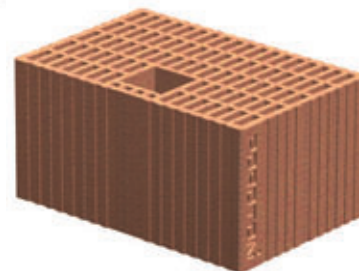
I disegni proposti sono puramente indicativi e validi come riferimento generale, salvo adeguarli in relazione alla conformazione geometrica dei blocchi ed allo spessore della muratura impiegata. Essi si riferiscono alle due tipologie di elementi POROTON® per muratura armata in produzione e cioè:

- blocchi di tipo "ad H";
- blocchi di tipo "Brite".

È evidente che utilizzando elementi di forme e/o dimensioni diverse sarà necessario apportare le opportune modifiche ai particolari indicati.



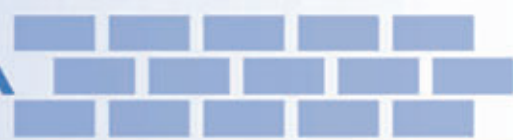
Blocchi POROTON® serie 800 MA: blocchi di tipo "ad H" (a sinistra) e blocchi di tipo "Brite" (sotto)



Per quanto riguarda le quantità di armatura indicate nei disegni si sottolinea che queste, con riferimento alle armature verticali in "prima posizione", rappresentano l'armatura minima che si consiglia di prevedere, fermo restando che esse dovranno essere opportunamente incrementate (per esempio armature in "seconda posizione") qualora esigenze di calcolo e di verifica lo impongano. Si è inoltre ipotizzato di inserire un'unica barra verticale per foro, prevedendo eventualmente di occupare più fori (laddove esigenze di calcolo lo richiedano) piuttosto che concentrare due barre in un unico foro; questo perché nella pratica di cantiere risulta in tal modo più semplice procedere al riempimento del foro con la malta.

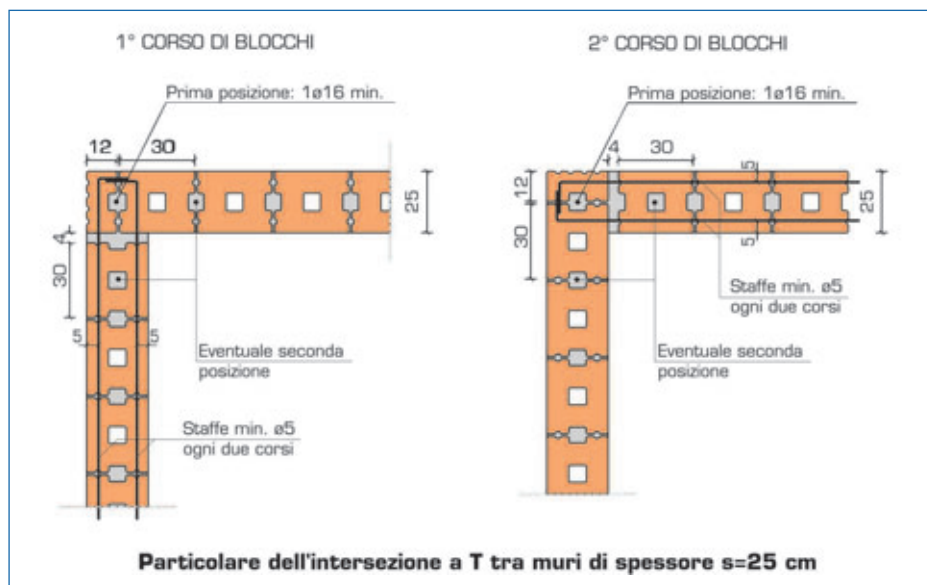
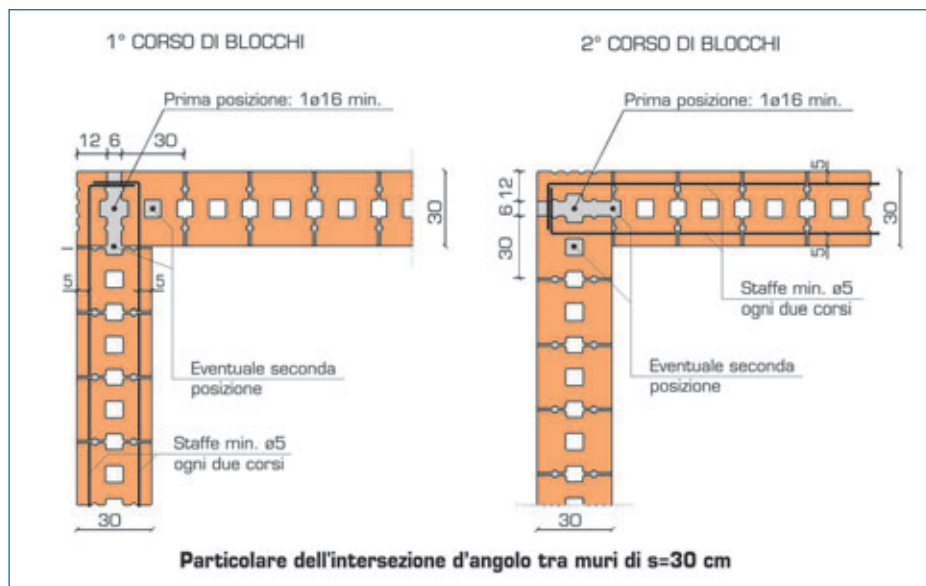
Si tenga infine conto di quanto segue:

- le modalità di realizzazione delle strutture murarie sono praticamente analoghe alla costruzione di una normale muratura in blocchi;
- è obbligatorio disporre tra i blocchi giunti orizzontali e verticali di malta come in una muratura tradizionale.



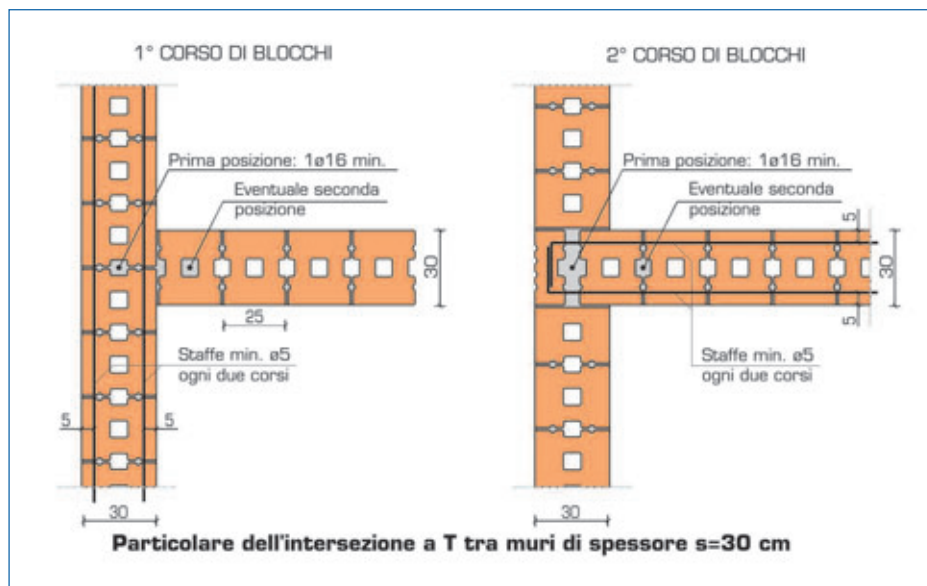
## Particolare 1 (Blocco H)

Come evidenziato nel disegno l'alloggiamento della barra in angolo (prima posizione) viene riquadrato da normali giunti verticali di malta. Le staffe orizzontali vengono annegate nel letto di malta avendo cura di lasciare un copriferro di almeno 5 cm. Per ottenere un migliore collegamento tra i setti e per evitare sovrapposizioni delle staffe queste vengono disposte nei corsi pari di una parete e nei corsi dispari dell'altra, avendo cura di chiuderle attorno alla barra di armatura verticale.



## Particolare 2 (Blocco H)

Dal disegno si nota che, in linea di principio, vale quanto detto riguardo l'angolo tra murature di spessore  $s=30$  cm. Varia la modularità e l'interasse dei fori verticali (passo di circa 15 cm) e quindi le eventuali barre aggiuntive (seconda posizione) che dovessero essere richieste per esigenze di verifica strutturale delle relative armature dovranno essere inserite nel foro centrale dei blocchi.

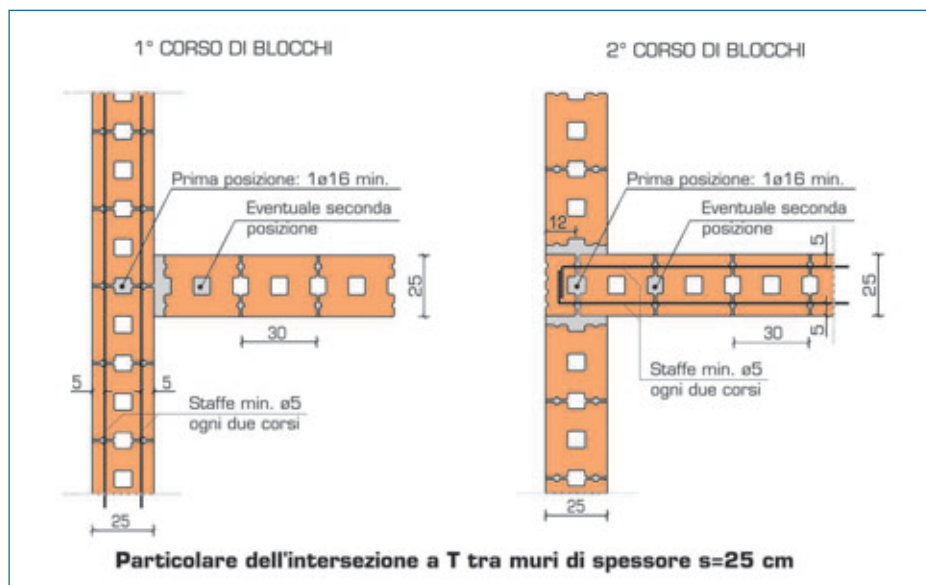


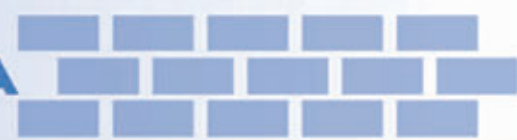
### Particolare 3 (Blocco H)

Nel caso di intersezione a T per la disposizione dei blocchi e delle staffe orizzontali si veda anche il "Particolare 1". Anche in tal caso lo sfalsamento dei blocchi è pari a 12,5 cm. È necessario quindi realizzare, all'intersezione dei muri, un giunto di circa 5-6 cm da riempire di malta. L'eventuale barra verticale nella seconda posizione verrà disposta, per comodità di posa in opera, ad una distanza dal filo esterno del muro pari a circa 43,5 cm (spessore muro da 30 cm + passo interasse fori 12,5 cm).

### Particolare 4 (Blocco H)

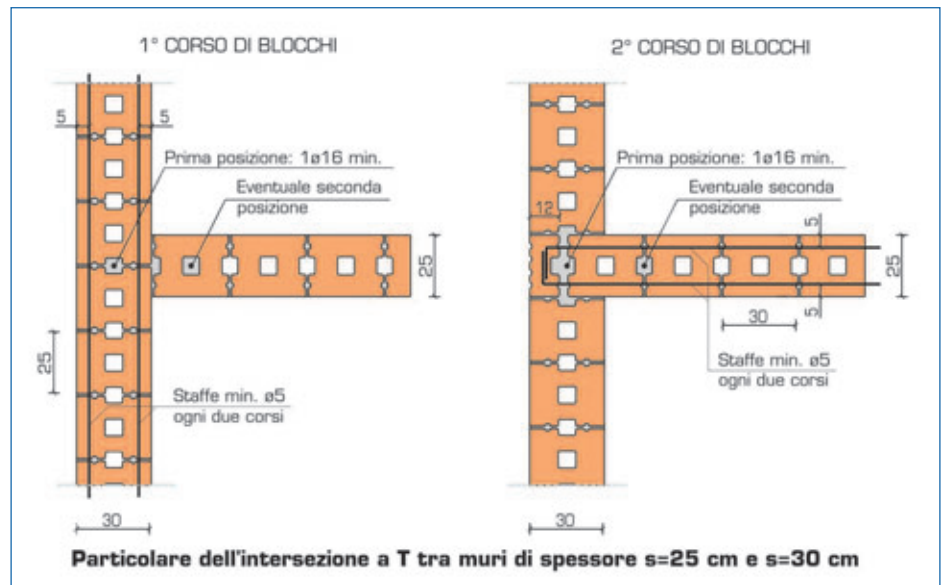
Le modalità costruttive e gli ammorsamenti tra i blocchi non cambiano sostanzialmente rispetto a quanto descritto in precedenza, salvo per la diversa modularità (15 cm invece che 12,5 cm) dei fori. La prima posizione di armatura viene disposta anche in tal caso all'incrocio degli assi dei due muri che si intersecano, l'eventuale seconda posizione con lo stesso criterio descritto nel "Particolare 3".





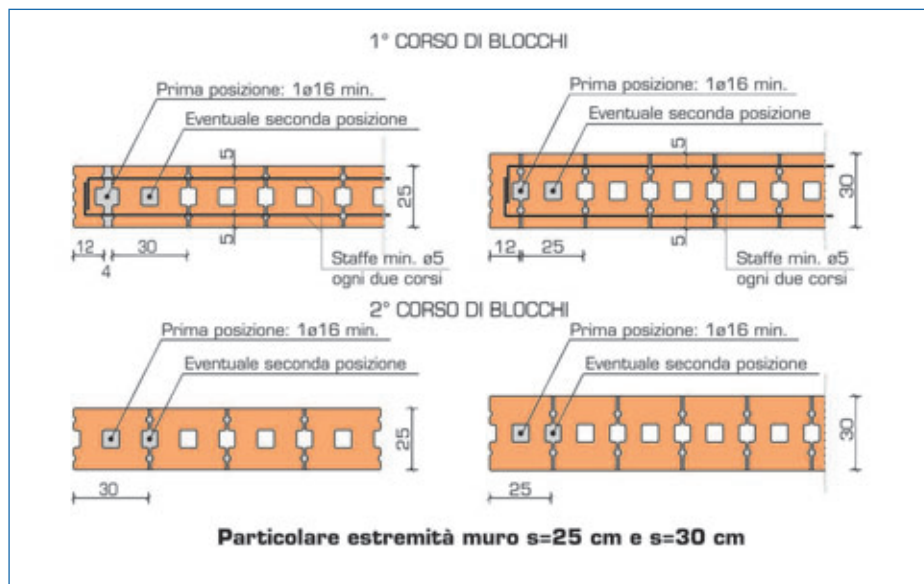
## Particolare 5 (Blocco H)

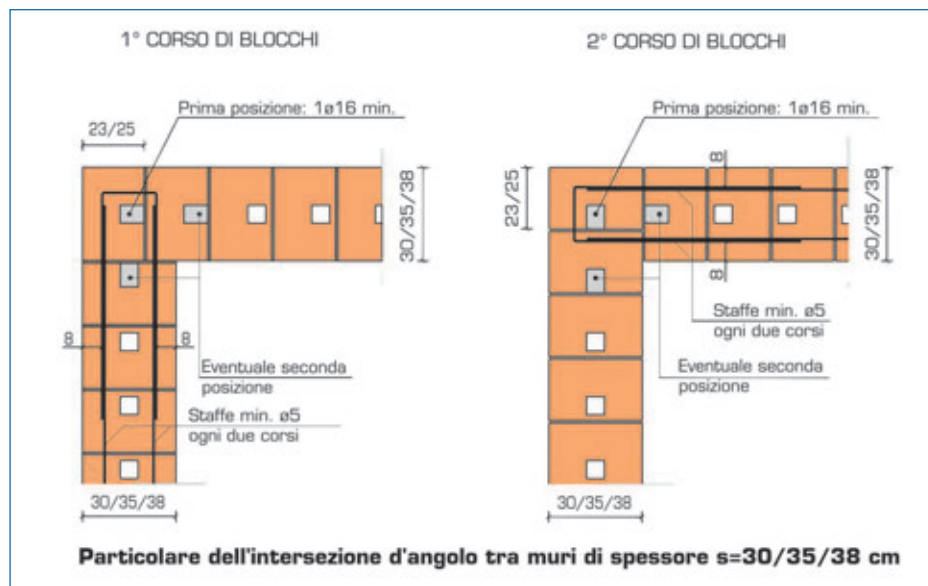
Le modalità costruttive e gli ammorsamenti tra i blocchi non cambiano sostanzialmente rispetto a quanto descritto per le intersezioni a T tra pareti di uguale spessore. La prima posizione di armatura viene disposta anche in tal caso all'incrocio degli assi dei due muri che si intersecano, l'eventuale barra verticale nella seconda posizione verrà disposta ad una distanza rispetto al filo esterno del muro pari a circa 46 cm (spessore del muro da 30 cm + passo interasse fori del muro di spessore 25 cm).



## Particolare 6 (Blocco H)

Alle estremità delle pareti (per esempio in corrispondenza di aperture, finestre o portefinestra) va sempre disposta una barra verticale di armatura. Di regola essa viene posizionata nella posizione utile più prossima all'estremità del setto murario; l'eventuale seconda posizione di armatura (se necessaria) sarà posizionata nel secondo foro utile in base alla modularità dell'elemento. La staffatura orizzontale segue le stesse regole precedentemente descritte.



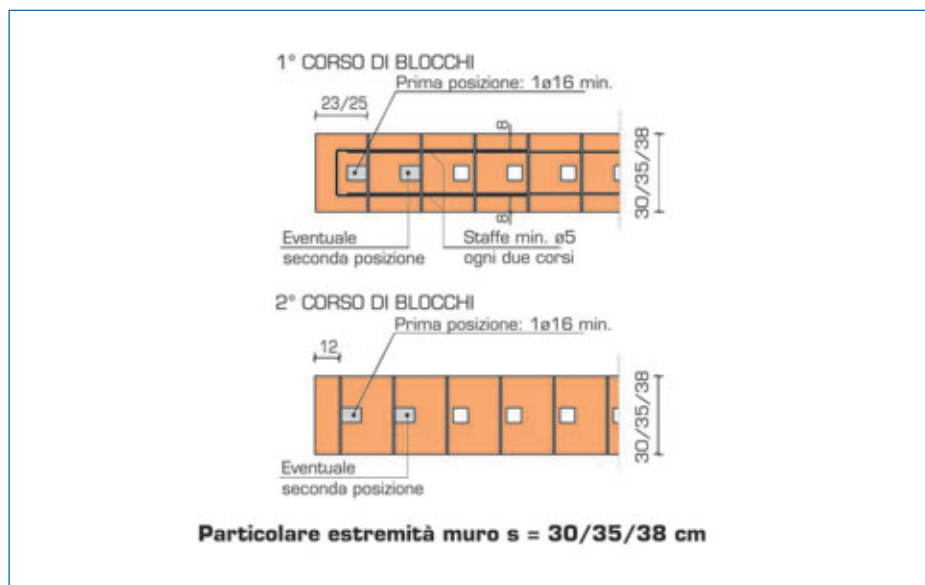


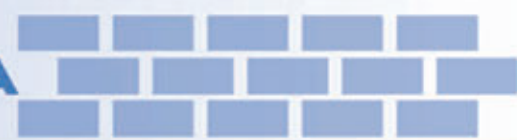
## Particolare 7 (Blocco Brite)

I blocchi POROTON® per muratura armata con foro eccentrico "tipo Brite", grazie alla geometria appositamente studiata, permettono di realizzare gli angoli senza dover ricorrere ad elementi di completamento (mezzi blocchi). Nei fori dove va disposta l'armatura verticale si procede all'eliminazione del setto di chiusura del foro eccentrico ottenendo di fatto un elemento "a C" da accostare alla barra verticale di armatura.

## Particolare 8 (Blocco Brite)

La prima posizione di armatura verticale va in tal caso collocata considerando una distanza dall'estremità pari alla dimensione del mezzo blocco di completamento utile per lo sfalsamento dei corsi; l'eventuale seconda posizione di armatura (se necessaria) sarà inserita nel secondo foro utile in base alla modularità dell'elemento. La staffatura orizzontale segue le stesse regole precedentemente descritte, avendo cura di lasciare un copriferro di almeno 5-8 cm in relazione allo spessore della muratura.

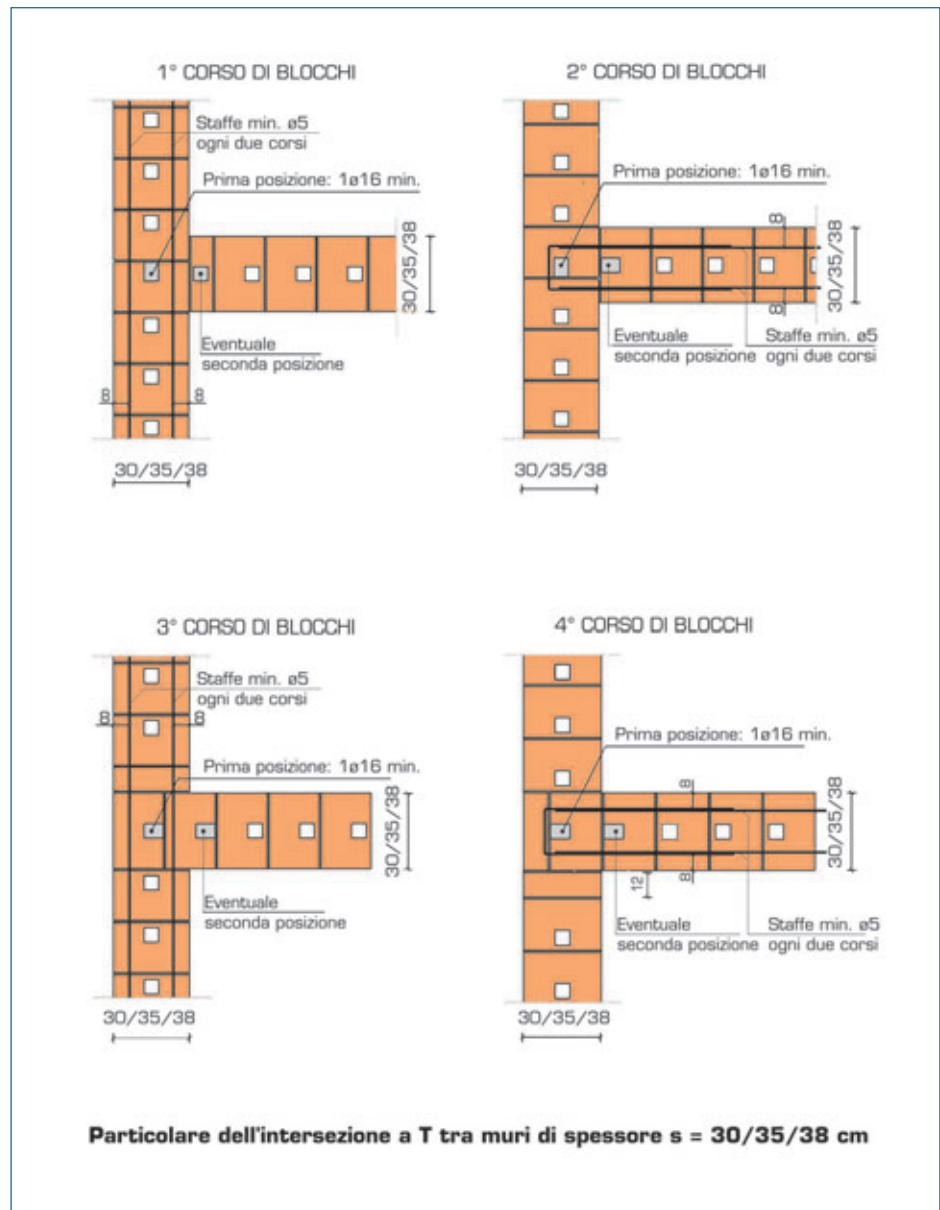




## Particolare 9 (Blocco Brite)

Per la realizzazione della giunzione a T si opera orientando adeguatamente i blocchi in modo da avere la coincidenza dei fori in cui vanno disposte le armature verticali.

Per ottenere lo sfalsamento degli elementi è opportuno utilizzare un elemento di completamento (mezzo blocco). Il perfetto ammorsamento dei tre setti murari è ottenibile disponendo i blocchi secondo uno schema che porta a realizzare 4 corsi con diverso posizionamento degli stessi.



## DIVERSE TIPOLOGIE DI STAFFATURA

### STAFFE CON BARRE PIEGATE AD L



### TRALICCIO



### STAFFE CON BARRE DIRITTE E CHIUSURA AD U



## Particolare 10

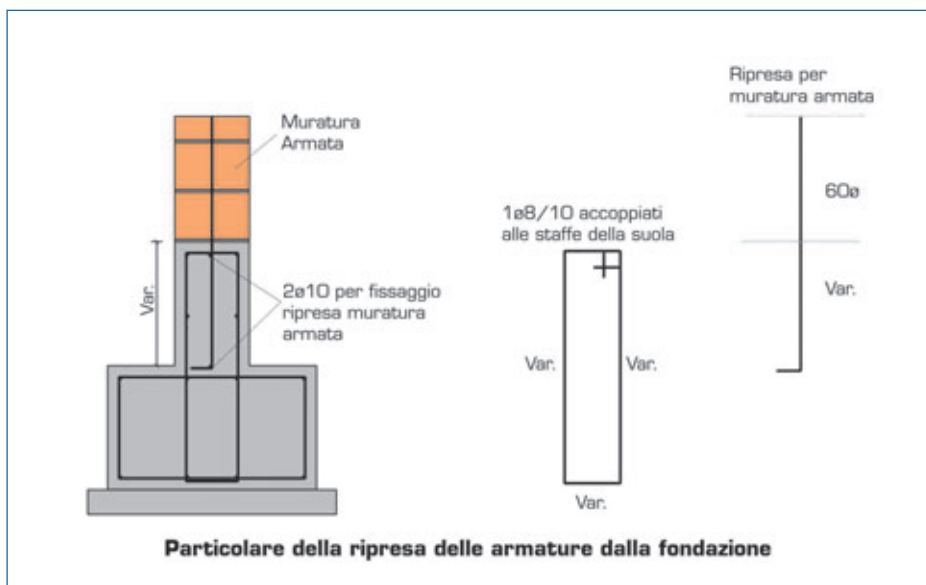
Le staffe di armatura orizzontali, da disporre a corsi alterni, possono essere realizzate:

- ripiegando "ad L" le barre correnti intorno alla prima posizione di armatura verticale;
- disponendo barre dritte ed una armatura "ad U" di chiusura con sufficiente lunghezza di sovrapposizione con le barre dritte;
- utilizzando trallicci prefabbricati.

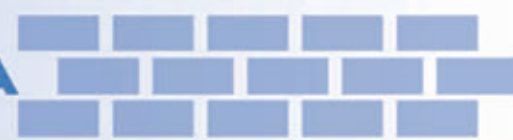
In tutti i casi le staffe orizzontali saranno chiuse intorno all'armatura verticale di estremità.

## Particolare 11

Si considera la fondazione a trave rovescia. Sull'estradosso si posizionano i ferri di ripresa in asse al muro soprastante, con sufficiente lunghezza di sovrapposizione per le barre da inserire nella muratura. Per facilitare questa operazione, sempre in asse ma alla base ed in sommità, si dispongono almeno due barre longitudinali (ø10 o ø12) a cui successivamente viene fissata la ripresa. Quanto descritto vale, con opportuni adattamenti, anche per riprese da eseguire in corrispondenza di cordoli di solaio.



Particolare della ripresa delle armature dalla fondazione



## LE STRUTTURE MISTE

Il D.M. 14.1.2008 prevede la possibilità di utilizzare strutture miste con pareti in muratura (ordinaria o armata). Nella pratica esse sono sempre state realizzate e, quindi, verificate (nel campo delle costruzioni a basso numero di piani, è raro trovare una struttura per così dire “pura” - solo in c.a. o solo in muratura). L'aspetto principale da tenere in considerazione è come esse vengano identificate dal punto di vista normativo. Il tutto è stato condensato in poche parole nel D.M. 14.1.2008 che sono tuttavia sufficientemente chiare. Le strutture miste sono descritte nel seguente modo: *“Nell'ambito delle costruzioni in muratura è consentito utilizzare strutture di diversa tecnologia per sopportare i carichi verticali, purché la resistenza all'azione sismica sia integralmente affidata agli elementi di identica tecnologia. ...”*.

In sostanza questo significa quanto segue:

a) nel caso si affidi integralmente la resistenza alle azioni orizzontali alle pareti in muratura, esse dovranno rispettare le pertinenti prescrizioni;

b) nel caso in cui si affidi integralmente la resistenza alle azioni orizzontali alle strutture di altra tecnologia (per esempio pareti in c.a.), si dovranno considerare le regole di progettazione ad esse inerenti.

Dal punto di vista pratico, se la struttura resistente al sisma è quella in muratura, le strutture di diversa tecnologia (pilastri in c.a. o acciaio) hanno il compito di portare i carichi verticali e non devono quindi partecipare all'assorbimento di quote significative dell'azione sismica; ne consegue che la rigidità delle strutture di diversa tecnologia deve essere di entità trascurabile rispetto alla rigidità della parte in muratura.

Con riferimento all'ambito di applicazione pratica più diffuso, la norma consente la realizzazione di edifici con struttura in muratura portante (armata od ordinaria) con la presenza di alcuni elementi (pilastri) soggetti a carichi esclusivamente verticali.

Il D.M. 14.1.2008 estende tuttavia la possibilità di impiego di strutture miste rispetto alla precedente normativa. Esso prevede infatti che si possa anche considerare la collaborazione delle pareti in muratura e dei sistemi di diversa tecnologia nella resistenza al sisma purché essa venga verificata utilizzando i metodi di analisi non lineare. Esso contempla infine la possibilità di realizzare costruzioni costituite da struttura muraria nella parte inferiore e sormontate da un piano con struttura di altra tecnologia purché siano verificate alcune specifiche condizioni indicate nella normativa stessa.

Con la Muratura Armata POROTON® si possono realizzare strutture in zona sismica con i setti murari disposti lungo il perimetro del fabbricato e pilastri in c.a. all'interno in modo da permettere la massima libertà nella distribuzione degli spazi interni



## LA MURATURA ARMATA IN ZONA NON SISMICA

La muratura armata è nata come sistema costruttivo particolarmente indicato per costruzioni in zona sismica. In effetti il suo impiego in zone senza obbligo di progettazione sismica non è stato disciplinato in passato dalla normativa tecnica nazionale.

Tuttavia, come detto in precedenza, l'inserimento di modeste quantità di armatura consente di conferire al "materiale muratura" caratteristiche di resistenza a trazione e duttilità con vantaggi anche per struttu-

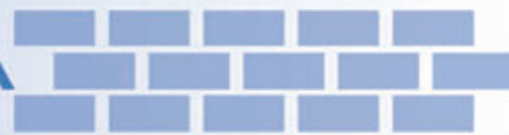


re non soggette a sollecitazioni sismiche rilevanti. L'intero territorio nazionale (e quindi anche la parte classificata come "zona 4") è potenzialmente soggetto ad azioni sismiche di bassa intensità che, pur non pericolose per l'incolumità statica dell'edificio, tendono comunque ad aumentare il livello di rischio di fessurazioni.

La muratura armata in zona non soggetta ad obbligo di progettazione sismica permette di realizzare murature portanti in grado di resistere senza alcun tipo di danneggiamento ad eventuali azioni sismiche di modesta entità. Ciò consente inoltre di conferire alla muratura quella resistenza a trazione necessaria per contrastare stati di tensione o di coazione che, in condizioni particolari (non corretta realizzazione o posa in opera), possono dare origine a fenomeni di fessurazione nella muratura ordinaria che possono intaccare l'estetica dell'edificio. Si ricordano in particolare gli stati di tensione dovuti, per esempio, al ritiro delle parti in calcestruzzo che insistono su parti in muratura, variazioni di temperatura, concentrazioni di sforzi dovuti a carichi concentrati, assestamenti differenziali del terreno.

Il D.M. 14.1.2008 prevede la possibilità di impiego della muratura armata anche per costruzioni non soggette ad obbligo di progettazione sismica.

Le caratteristiche dei materiali e l'armatura minima prevista dal D.M. 14.1.2008 per una struttura in muratura armata in zona non soggetta ad obbligo di progettazione sismica sono sostanzialmente le medesime precedentemente descritte. L'unica differenza risiede nel fatto che se l'armatura orizzontale inserita nei letti di malta ha lo scopo di fornire un aumento della resistenza ai carichi fuori piano, per contribuire al controllo delle fessurazioni o per fornire duttilità, l'area minima della suddetta armatura potrà essere pari allo 0,03% dell'area lorda della sezione trasversale della parete.



## MURATURA ARMATA POROTON® IN CANTIERE



In alto: particolare di un angolo in Muratura Armata POROTON®

In basso: particolare dell'architrave soprafinestra in una struttura in muratura armata



A sinistra: setti murari con armature disposte alle estremità

Sotto: fasi di costruzione della Muratura Armata POROTON® in cantiere





In alto: vista del piano di fondazione prima della fase di getto delle travi rovesce in c.a.



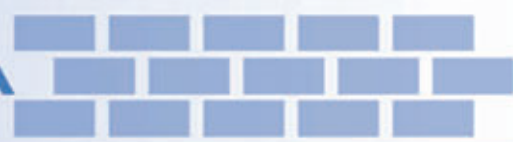
In alto: realizzazione del solaio sulla struttura in Muratura Armata POROTON®



A sinistra: particolare della realizzazione della Muratura Armata POROTON®. Le barre verticali sporgenti (opportunamente ancorate e sovrapposte) permettono la trasmissione delle sollecitazioni lungo tutta l'altezza dell'edificio



In basso: particolare del collegamento in copertura tra la struttura in Muratura Armata POROTON® e solaio



## REALIZZAZIONI

**Tipologia:** complesso turistico-residenziale (100 unità immobiliari)

**Ubicazione - Zona sismica:** Puegnago del Garda (BS), S=9

**Proprietà:** Italbeni s.r.l. - Brescia

**Impresa costruttrice:** Stefanina Engineering - Brescia

**Progetto generale e strutturale:** Ing. Papa - Desenzano d/G (BS)  
Ing. Piacenza (Brescia)

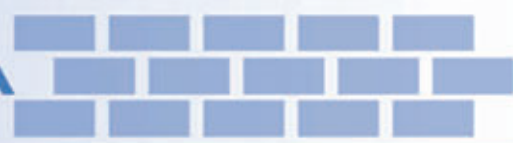
**Consulente strutture in POROTON® armato:** Ing. Mauro Pini  
Manerba d/G (BS)

**Direttore lavori:** Ing. Papa (Desenzano d/G (BS)  
Ing. Piacenza (Brescia)



**Tipologia:** complesso residenziale (66 unità immobiliari)  
**Ubicazione - Zona sismica:** Mantova, Località Borgochiesanuova, S=6  
**Proprietà:** A.L.E.R. - Mantova  
**Impresa costruttrice:** Brecos s.r.l. - Chiari (BS)  
**Progetto generale:** Ing. Paroli - Mantova  
**Progetto e D.L. strutturale:** Ing. Mauro Pini, Manerba d/G (BS)  
**Direttore lavori:** Ing. Gabriele Sbordonni - Mantova





**Tipologia:** Impianto sportivo – Muri alti adibiti a tramezzature interne

**Ubicazione - Zona sismica:** Reggio Emilia, Località Canali, S=6

**Proprietà:** Circolo di equitazione Canali

**Progetto generale e strutturale:** Ing. Lugli – Reggio Emilia

**Consulente strutture in POROTON® armato:** Ing. Mauro Pini  
Manerba d/G (BS)

**Direttore lavori:** Ing. Lugli – Reggio Emilia



**Tipologia:** case a schiera

**Ubicazione - Zona sismica:** Alberi di Vigatto (PR),  
Via Delle Gaggie

**Committenza:** La Grande s.r.l.

**Impresa costruttrice:** Edil bassa s.n.c.

**Progettista e Calcolatore:** Ing. Bubbico

**Direttore lavori:** Geom. Maurizio Soncini



# MURATURA ARMATA POROTON®



**CONSORZIO POROTON® ITALIA**  
Via Gobetti, 9 - 37138 VERONA  
Tel. 045 572697 - Fax 045 572430  
www.poroton.it - E-Mail: info@poroton.it