



Muratura portante in laterizio: caratteristiche dei materiali con riferimento al D.M. 14/01/2008

Lorenzo Bari

L'entrata in vigore, dal 1 luglio 2009, delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) ha in parte cambiato i criteri per la qualificazione ed accettazione dei prodotti per muratura portante.

Sono quindi frequenti le richieste di chiarimenti in merito ai materiali da impiegare per la realizzazione di murature portanti, alla loro idoneità ed alle loro caratteristiche di resistenza.

Si illustrano le indicazioni da seguire per le murature in laterizio, con riferimento alle normative attualmente vigenti.

Premessa

A partire dal 1 luglio 2009 è definitivamente entrato in vigore il D.M. 14/01/2008 recante "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", di seguito definite come NTC.

Esso contiene anche i nuovi riferimenti normativi ai fini della qualificazione ed accettazione dei materiali e prodotti per uso strutturale, andando a sostituire in tutti i casi e per tutte le tipologie costruttive le previgenti norme.

Alcune indicazioni integrative sono state poi riportate all'interno della Circolare 02/02/2009, n. 617 recante "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

Per quanto attiene gli elementi per muratura portante, i requisiti richiesti sono contenuti a vario titolo nei seguenti punti delle NTC:

- **Capitolo 4** – Costruzioni civili ed industriali – **Punto 4.5 "Costruzioni di muratura", § 4.5.2 "Materiali e caratteristiche tipologiche"**: esso contiene tutti i riferimenti in merito alle caratteristiche dei materiali da impiegare per la realizzazione di murature portanti in zona 4 (zona a sismicità molto bassa)
- **Capitolo 7** – Progettazione per azioni sismiche – **Punto 7.8 "Costruzioni di muratura", § 7.8.1.2 "Materiali"**: esso contiene i requisiti aggiuntivi da considerare per i materiali da impiegarsi per la realizzazione di murature portanti nelle zone 3, 2, 1
- **Capitolo 11** – Materiali e prodotti per uso strutturale – **Punto 11.10 "Muratura portante"**: esso contiene tutte le specifiche per i controlli di accettazione e la determinazione delle caratteristiche meccaniche degli elementi per muratura portante e della muratura

I materiali per muratura

Gli elementi che concorrono alla formazione di una muratura portante in laterizio sono due:

- i blocchi in laterizio;
- la malta di allettamento.

È quindi evidente che la resistenza meccanica di una muratura dipende innanzitutto dalle caratteristiche meccaniche degli elementi costituenti; solitamente l'elemento "debole" della muratura è rappresentato dalla malta. Non va peraltro trascurata l'influenza delle modalità di posa in opera.

La soluzione del problema richiede quindi in primo luogo la conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei blocchi e della malta; esse vengono determinate tramite esecuzione di prove con modalità ben definite dalla normativa tecnica vigente.

In particolare, per quanto riguarda le murature di nuova costruzione, le NTC fanno diretto riferimento alla marcatura CE (norma armonizzata UNI EN 771-1). Questa rappresenta la prima evidente novità rispetto alle previgenti disposizioni.

I blocchi

Si evidenzia in primo luogo che, essendo vigente la marcatura CE, non esiste più l'obbligo (sancito a suo tempo dal D.M. 20/11/1987) di eseguire annualmente, presso laboratori autorizzati, prove a compressione dei blocchi ma si fa riferimento ai dati di resistenza meccanica riportati nel cartiglio della marcatura CE del prodotto (NTC, § 11.10.1).

La resistenza meccanica degli elementi (blocchi) viene dunque determinata e dichiarata dal produttore nell'ambito dell'applicazione della normativa inerente la marcatura CE [fig. 1].

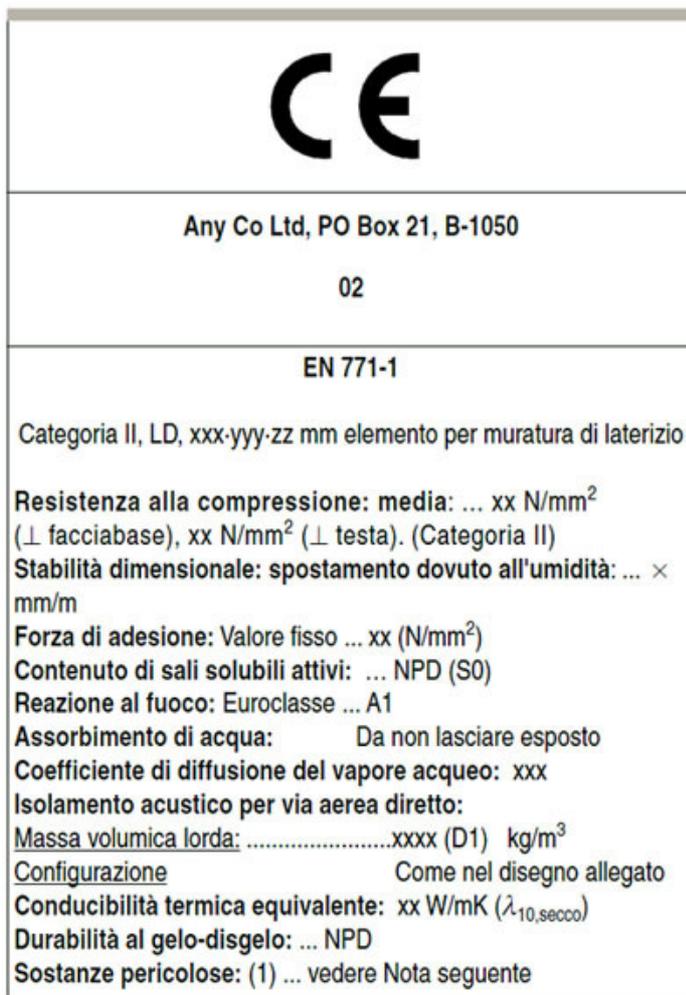


Fig. 1 - Fac-Simile di cartiglio CE per un elemento per muratura di laterizio.

I blocchi per muratura portante possono essere, in relazione al sistema di attestazione della conformità utilizzato, di Categoria I o di Categoria II. In pratica, tuttavia, questa distinzione non comporta significative differenze prestazionali in termini di resistenza meccanica.

In termini molto semplificativi, anche se non tecnicamente rigorosi, si può dire che, per elementi di Categoria II la prestazione viene raggiunta ammettendo una maggiore variabilità dei singoli valori di resistenza, mentre per elementi di Categoria I viene raggiunta con una minore variabilità dei singoli valori di resistenza.

Aspetto fondamentale è che, in luogo del certificato a compressione annuale, non più richiesto, le NTC pongono a carico del Direttore dei Lavori l'obbligo di far eseguire prove di accettazione sugli elementi per muratura portante, come illustrato nel seguito.

Le malte

Le NTC hanno introdotto una nuova classificazione delle malte per muratura, che discende anche in questo caso dall'applicazione della marcatura CE per tali prodotti (secondo la norma armonizzata di riferimento UNI EN 998-2).

Le malte per muratura sono suddivise in due categorie:

- malte a prestazione garantita
- malte a composizione prescritta

Le prestazioni meccaniche della malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione f_m . La classe di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza f_m espressa in N/mm².

Per le malte a prestazione garantita (NTC, § 11.10.2.1) sono previste le classi indicate in tab. 1.

Tab. 1 – Classi di malte a prestazione garantita.

| Classe | M 2,5 | M 5 | M 10 | M 15 | M 20 | M d |
|--|-------|-----|------|------|------|-----|
| Resistenza a compressione N/mm ² | 2,5 | 5 | 10 | 15 | 20 | d |
| d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm ² dichiarata dal produttore | | | | | | |

Le classi di malte a composizione prescritta (NTC, § 11.10.2.2) sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la tab. 2.

Tab. 2 – Classi di malte a composizione prescritta.

| Classe | Tipo di malta | Composizione | | | | |
|--------|---------------|--------------|-------------|-----------------|--------|-----------|
| | | Cemento | Calce aerea | Calce idraulica | Sabbia | Pozzolana |
| M 2,5 | Idraulica | --- | --- | 1 | 3 | --- |
| M 2,5 | Pozzolonica | --- | 1 | --- | --- | 3 |
| M 2,5 | Bastarda | 1 | --- | 2 | 9 | --- |
| M 5 | Bastarda | 1 | --- | 1 | 5 | --- |
| M 8 | Cementizia | 2 | --- | 1 | 8 | --- |
| M 12 | Cementizia | 1 | --- | --- | 3 | --- |



a)



b)

Malte di diverse proporzioni nella composizione, preventivamente sperimentate con le modalità riportate nella norma UNI EN 1015-11:2007, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione non risulti inferiore a quanto previsto in tab. 2 [fig. 2].

L'individuazione della classe di appartenenza della malta è importante ai fini della successiva determinazione della resistenza caratteristica della muratura.

Le aziende produttrici di malte indicano la classe di riferimento dei loro prodotti nel cartiglio della marcatura CE [fig. 3].

Fig. 2 - Esecuzione di prove sulle malte: a flessione (a) e compressione (b).

| |
|--|
|  01234 |
| Any Co Ltd, PO Box 21, B-1050 00 01234-CPD-00234 |
| EN 998-2 Malta da muratura a prestazione garantita per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali Resistenza a compressione: Categoria M 5 Resistenza a taglio iniziale: 0,15 N/mm ² (valore tabulato) Contenuto di cloruri: 0,07% Cl Reazione al fuoco: Classe A 1 Assorbimento d'acqua: 0,05 kg/(m ² · min ^{0,5}) Permeabilità al vapore acqueo: μ 15/35 Conducibilità termica: (λ _{10,dry}) 0,83 W/mK (valore tabulato) Durabilità (al gelo/disgelo): valutazione basata sulle disposizioni valide nel luogo di utilizzo previsto della malta |

Fig. 3 - Fac-Simile di cartiglio CE per una malta a prestazione garantita.

Le NTC non ammettono in alcun caso l'impiego, per muratura portante, di malte con resistenza $f_m < 2,5$ N/mm² (M 2,5). In particolare, per muratura da realizzare nelle zone 3, 2, 1 viene prescritto l'impiego di malta di allettamento con resistenza media non inferiore a 5 N/mm² (M 5).

Per muratura armata è sempre obbligatorio l'impiego di malte con resistenza media a compressione di almeno 10 N/mm² (M 10).

Classificazione elementi in laterizio per muratura portante

Per quanto riguarda gli elementi in laterizio, le NTC (§ 4.5.2.2) confermano la classificazione già introdotta dal D.M. 20/11/1987, e sintetizzata nella tab. 3.

Tab. 3 – Classificazione elementi in laterizio.

| Elementi | Percentuale di foratura φ | Area f della sezione normale del foro |
|-----------|----------------------------|---------------------------------------|
| Pieni | $\varphi \leq 15\%$ | $f \leq 9 \text{ cm}^2$ |
| Semipieni | $15\% < \varphi \leq 45\%$ | $f \leq 12 \text{ cm}^2$ |
| Forati | $45\% < \varphi \leq 55\%$ | $f \leq 15 \text{ cm}^2$ |

Per quanto attiene altri requisiti geometrici, non vengono stabiliti spessori minimi per i setti interni e le pareti esterne dei blocchi. Gli elementi possono essere rettificati sulla superficie di posa.

Elementi di laterizio con area lorda A della faccia dell'elemento maggiore di 300 cm² possono essere dotati di un foro di presa di area massima pari a 35 cm², mentre per area A superiore a 580 cm² sono ammessi due fori, ciascuno di area massima pari a 35 cm², oppure un unico foro di presa o per l'eventuale alloggiamento dell'armatura la cui area non superi 70 cm².

Ulteriori prescrizioni per elementi da impiegarsi nelle zone 3, 2, 1

Oltre ai requisiti precedentemente esposti definiti nel § 4.5.2.2. delle NTC (riferiti a costruzioni da edificarsi in zona 4), gli elementi da utilizzare per strutture in muratura in zone 3, 2, 1 devono verificare le seguenti condizioni aggiuntive (NTC, § 7.8.1.2):

- percentuale volumetrica degli eventuali vuoti non superiore al 45% (quindi impiegabili solo blocchi pieni o semipieni);
- eventuali setti disposti parallelamente al piano del muro continui e rettilinei; le uniche interruzioni ammesse sono quelle in corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature;
- resistenza caratteristica a rottura degli elementi nella direzione portante (f_{bk}) non inferiore a 5 N/mm²;
- resistenza caratteristica a rottura degli elementi nella direzione perpendicolare a quella portante ossia nel piano di sviluppo della parete ($\overline{f_{bk}}$) non inferiore a 1,5 N/mm² [fig. 4].

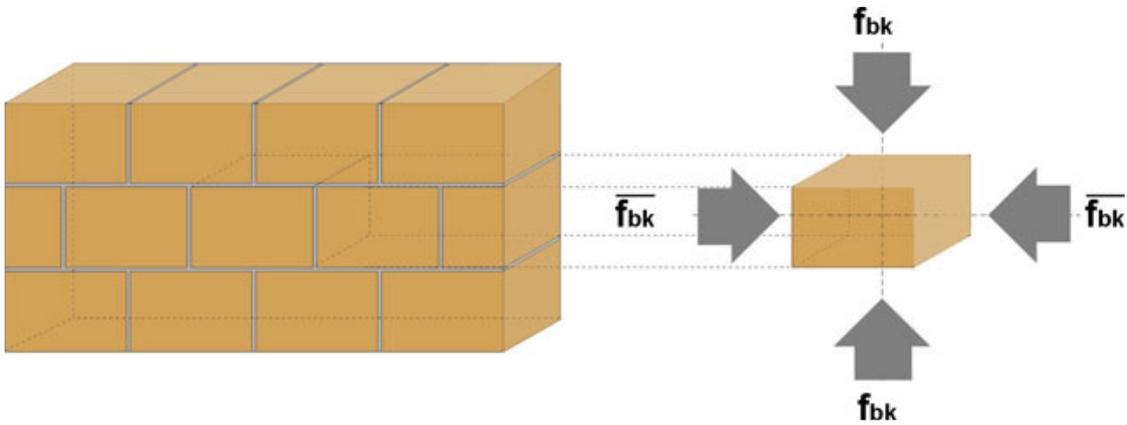


Fig. 4 - Resistenza a compressione in direzione verticale (f_{bk}) ed in direzione ortogonale al piano di posa nel piano del muro ($\overline{f_{bk}}$) di un blocco in laterizio.

La malta di allettamento per la muratura ordinaria deve avere resistenza media non inferiore a 5 N/mm² ed i giunti verticali devono essere riempiti con malta.

Resistenza a compressione dei blocchi

La conoscenza della resistenza a compressione dei blocchi è essenziale per una corretta valutazione delle caratteristiche meccaniche della muratura. Essa viene fornita dal produttore, nell'ambito degli adempimenti della marcatura CE, seguendo le modalità di prova riportate nella UNI EN 772-1:2002 [fig. 5].

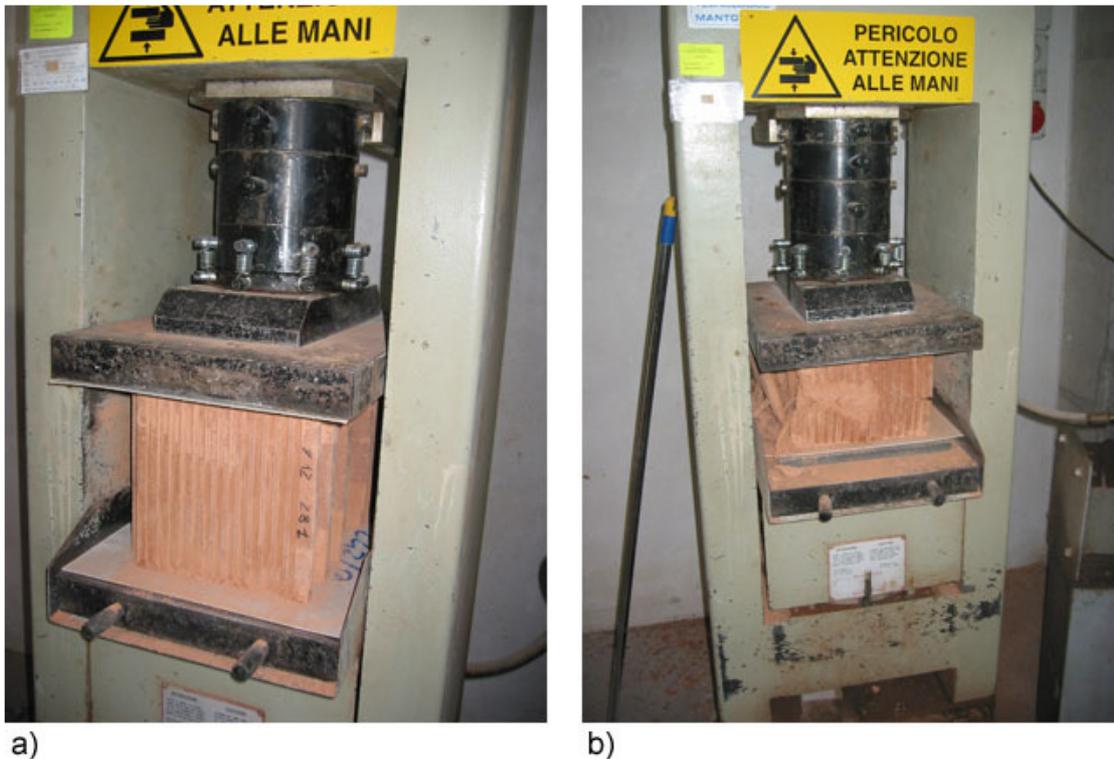


Fig. 5 - Prova a compressione su blocco in laterizio: il blocco nella pressa (a) ed al termine della prova (b).

Normalmente i valori di resistenza riportati nel cartiglio CE si riferiscono (se non diversamente indicato) alla resistenza media a compressione. La procedura di controllo di accettazione in cantiere prevede invece il confronto delle resistenze rilevate con la resistenza caratteristica a compressione f_{bk} .

La Circolare 02/02/2009 n. 617, esplicativa delle NTC, riporta (Circolare, § C11.10.1.1.1) alcune indicazioni utili per la valutazione di f_{bk} , che si riportano testualmente di seguito.

Estratto dalla Circolare 02/02/2009, n. 617, § C11.10.1.1.1

"Si definisce resistenza caratteristica quella resistenza al di sotto della quale ci si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

La resistenza di rottura a compressione di un singolo elemento è data dalla seguente espressione:

$$f_{bi} = N / A$$

in cui:

N = carico di rottura applicato in direzione ortogonale al piano di posa;

A = area lorda della sezione normale alla direzione di carico.

Il valore della resistenza caratteristica f_{bk} si ricava dalla formula seguente, applicata ad un numero minimo di 30 elementi:

$$f_{bk} = f_{bm} (1 - 1,64 \delta)$$

in cui:

f_{bm} = media aritmetica della resistenza dei singoli elementi f_{bi} ;

$$\delta = \frac{s}{f_{bm}} = \text{coefficiente di variazione};$$

s = stima dello scarto quadratico medio;

$$s = \sqrt{\frac{\sum_n (f_{bm} - f_{bi})^2}{n-1}} \quad (n = \text{numero degli elementi provati})$$

Il valore della f_{bk} non è accettabile per $\delta > 0,2$.

...

La resistenza caratteristica a compressione in direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura (richiamata nel § 7.8.1.2 delle NTC ed ivi contraddistinta dal simbolo $\overline{f_{bk}}$) sarà dedotta da quella media $\overline{f_{bm}}$ mediante la relazione:

$$\overline{f_{bk}} = 0,7 \overline{f_{bm}}$$

In cui la resistenza media $\overline{f_{bm}}$ sarà ricavata da prove su almeno sei campioni."

Prove di accettazione

Come anticipato in precedenza, altra novità delle nuove norme tecniche è l'obbligo posto a carico del Direttore dei Lavori di far eseguire ulteriori prove di accettazione sugli elementi per muratura portante pervenuti in cantiere, prove che sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 (NTC, § 11.10.1.1).

Il controllo di accettazione in cantiere ha lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore ed afferiscono alla resistenza a compressione del materiale.

In base alle indicazioni delle norme (NTC, § 11.10.1.1.1), tale controllo sarà effettuato su almeno tre campioni costituiti ognuno da tre elementi da sottoporre a prova di compressione.

Per ogni campione siano f_1 , f_2 , f_3 la resistenza a compressione dei tre elementi con

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1 + f_2 + f_3)/3 \geq 1,20 f_{bk}$$

$$f_1 \geq 0,90 f_{bk}$$

dove f_{bk} è la resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore.

Ai fini del controllo di accettazione, laddove il produttore indichi nella marcatura CE la resistenza media a compressione f_{bm} (come spesso avviene) e non la resistenza caratteristica f_{bk} , in prima approssimazione si potrà considerare il valore dedotto con la seguente relazione:

$$f_{bk} = 0,7 f_{bm}$$

Materiali diversi

È opportuno rimarcare che i materiali per muratura trattati dalle NTC sono esclusivamente elementi e blocchi in laterizio, e calcestruzzo, conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771 (NTC, § 11.10.1).

L'impiego di materiali non tradizionali o non trattati nelle NTC è subordinato all'ottenimento di apposita autorizzazione del Servizio Tecnico Centrale su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, autorizzazione che deve riguardare l'utilizzo del materiale nelle specifiche tipologie strutturali proposte sulla base di procedure definite dal Servizio Tecnico Centrale (NTC, Punto 4.6).

Pertanto l'utilizzo di materiali diversi da quelli trattati nelle NTC, in mancanza della specifica autorizzazione richiesta dalle norme, espone il tecnico alle responsabilità conseguenti.

Blocchi POROTON® per muratura portante

I blocchi POROTON® sono elementi in laterizio che rientrano a tutti gli effetti tra i materiali trattati dalle NTC.

Le tipologie impiegabili per la realizzazione di murature portanti sono, in relazione alle specifiche precedentemente esposte, le seguenti:

POROTON® in zona 4: in questi casi il riferimento generale per quanto attiene le caratteristiche fisico-geometriche dei materiali per muratura portante da utilizzare è esclusivamente il **§ 4.5.2 delle NTC**, che prevede in sintesi che si possano impiegare, con riferimento alla gamma POROTON®:

- elementi semipieni: percentuale foratura $15\% < \varphi \leq 45\%$ (**POROTON® 800 e 800 MA**)
- elementi forati: percentuale foratura $45\% < \varphi \leq 55\%$ (**POROTON® 700**)

I suddetti elementi potranno essere lisci, ad incastro, con isolante integrato o rettificati.

Nel caso di progettazione in zona 4, gli spessori minimi degli elementi da considerare, ai fini di realizzare una muratura portante, sono i seguenti:

- elementi semipieni (**POROTON® 800**): spessore minimo muratura 20 cm
- elementi forati (**POROTON® 700**): spessore minimo muratura 24 cm

POROTON® in zone 3, 2, 1: laddove si ricada in zone 3, 2, 1 è necessario fare **riferimento**, per la scelta dei materiali per muratura portante, alle ulteriori prescrizioni riportate nel **§ 7.8.1.2 delle NTC**.

Le prescrizioni aggiuntive rispetto a quanto precedentemente riportato sono le seguenti:

- gli elementi devono essere pieni o semipieni (percentuale foratura $\varphi \leq 45\%$) (solo **POROTON® 800 e 800 MA**);
- i setti disposti parallelamente al piano del muro devono essere continui e rettilinei (salvo le interruzioni ammesse in corrispondenza dei fori di presa);
- resistenza caratteristica a compressione degli elementi in direzione verticale $f_{bk} \geq 5 \text{ N/mm}^2$ ed ortogonale nel piano del muro $\overline{f_{bk}} \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$;
- giunti verticali riempiti con malta;
- resistenza media a compressione della malta non inferiore a 5 N/mm^2 (10 N/mm^2 per muratura armata).

In base a tali prescrizioni aggiuntive, nel caso di progettazione nelle zone 3, 2, 1 è d'obbligo, qualora si valuti l'impiego di elementi ad incastro e/o rettificati, essendo solitamente gli elementi rettificati, per loro specificità, elementi ad incastro, verificare in particolare quanto segue:

- gli elementi siano semipieni (percentuale foratura $\varphi \leq 45\%$);
- i setti disposti parallelamente al piano del muro siano continui e rettilinei;
- gli elementi presentino tasche di dimensione almeno pari al 40% della larghezza dell'elemento stesso da riempire completamente di malta in modo da realizzare giunti verticali conformi, per quanto applicabile, a quanto previsto nell'Eurocodice 6 (EN 1996-1-1, paragrafo 8.1.5 (3)).

Nel caso di progettazione nelle zone 3, 2, 1 lo spessore minimo degli elementi per muratura portante deve essere di 24 cm.

Blocchi POROTON® per muratura di tamponamento

Per muratura di tamponamento è ammesso l'impiego di tutte le tipologie di elementi della gamma POROTON® senza prescrizioni su percentuali di foratura, disposizioni dei setti e tipologie di giunti.

Per ulteriori specifiche sulle tipologie della gamma POROTON® si rimanda al sito www.poroton.it, alla sezione "I prodotti".

Conclusioni

La valutazione delle caratteristiche meccaniche di una muratura è un aspetto da non sottovalutare e che richiede innanzitutto la conoscenza dei materiali impiegati e della loro resistenza.

In questo contesto, nella prossima Newsletter POROTON® si approfondirà e completerà l'argomento analizzando come si determinano le caratteristiche meccaniche di una muratura, sempre con riferimento alle nuove NTC, a partire dalle caratteristiche degli elementi che le compongono.

Si deve tenere presente che blocchi in laterizio di diversa origine, ancorché con analoghi parametri fisico-geometrici, possono presentare resistenze meccaniche diverse, in relazione alle caratteristiche della materia prima (argilla) che li caratterizza. Di conseguenza è importante che il calcolatore delle opere strutturali disponga di dati di resistenza meccanica corrispondenti a quelli dei materiali (blocchi e malte) che effettivamente verranno impiegati nella realizzazione di murature portanti, al fine di una corretta valutazione delle caratteristiche meccaniche della muratura.

Va rammentato inoltre l'obbligo per il Direttore dei Lavori di eseguire prove di accettazione sugli elementi per muratura portante forniti in cantiere e di verificarne la congruenza con i dati dichiarati dal produttore.

Ai fini del calcolo strutturale, dati di resistenza di carattere generale possono essere considerati per eseguire valutazioni approssimate o di massima, non potendo tuttavia prescindere, per un calcolo e verifica esatti, dalla conoscenza dei parametri meccanici degli specifici materiali impiegati nell'opera.

Il Consorzio POROTON® Italia e le ditte produttrici associate sono a disposizione per fornire indicazioni più precise sulla resistenza meccanica dei prodotti POROTON® in relazione alle diverse tipologie disponibili, al fine di supportare ed indirizzare i tecnici che utilizzano blocchi POROTON® alla scelta dei materiali più idonei per la realizzazione di murature portanti nelle diverse condizioni di operatività.