



Il rapporto di snellezza delle **pareti** non portanti e la norma di applicazione estesa UNI EN 15254 -2

■ Paolo Mele

L'abstract

Nell'articolo viene discusso criticamente quanto la norma UNI EN 15254-2 relativa all'"Applicazione estesa dei risultati da prove di resistenza al fuoco. Pareti non portanti Parte 2: Blocchi di gesso e muratura" prevede per un utilizzo tecnicamente più consapevole dello strumento normativo. Considera anche l'aspetto della estrapolazione in altezza delle pareti non portanti prevede per un utilizzo tecnicamente più consapevole dello strumento normativo La norma. La norma muratura considera anche l'aspetto della estrapolazione in altezza delle pareti non portanti.

In ambito industriale e terziario, laddove si fa ricorso agli edifici prefabbricati, le maglie strutturali possono superare ampiamente il limite di 4 m di altezza per non citare la larghezza delle pareti. Per garantire la sicurezza statica, anche se le pareti non hanno funzione portante, è prassi ricorrere ad irrigidimenti orizzontali e verticali attraverso la tecnica costruttiva della muratura armata oppure intelaiata, realizzata mediante cordoli in cemento armato orizzontali e verticali¹, anche se la disciplina in materia non è trattata nelle norme tecniche vigenti mentre rientra nello scopo della UNI EN 1996-1-1 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata. >>>

pareti non portanti

Key:

- (i) Free end
(ii) Restrained

- (a) Type a wall
(b) Type b wall
(c) Type c wall
(d) Type d wall

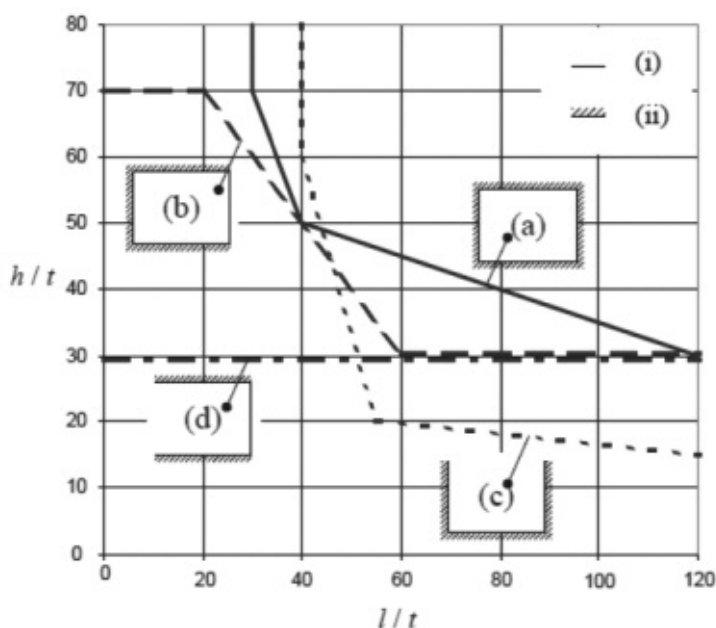


Figura 1 - Grafici Appendice B UNI EN 1996-3

Progettazione alla temperatura ordinaria

Consideriamo l'Eurocodice 6 parte 3 (Eurocodice 6 Progettazione delle strutture di muratura Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata) per trarre utili elementi di riflessione per quanto riguarda i muri interni ed i muri esterni non portanti.

Se si fa riferimento, in particolare, ai paragrafi:

- 4.6 Metodo di calcolo semplificato per la progettazione di pareti soggette a carichi laterali limitati ma senza carichi verticali.

- 4.7 Metodo di calcolo semplificato per la progettazione di pareti soggette a carichi laterali uniformi ma senza carichi verticali.

Si osserva che la norma propone due differenti approcci, rispettivamente ai muri interni ed esterni, attraverso due distinte appendici B e C, che sono applicabili nel rispetto dei seguenti limiti dimensionali:

- l'altezza libera (h) del muro non superi i 6,0 m;
- la lunghezza libera (l) della parete tra gli elementi strutturali che danno un vincolo laterale non superi i 12,0 m;
- lo spessore della parete, escluso qualsiasi intonaco, non sia inferiore a 50 mm;

oltre ad altre prescrizioni vincolanti per cui si rimanda alla norma specifica.

Per quanto riguarda i muri interni - Appendice B - è possibile desumere che la norma suggerisce solo una verifica allo stato limite di esercizio, così come pubblicata nell'Appendice F della Eurocodice 6 Progettazione delle strutture di muratura Parte 1-1: Regole

generali per strutture di muratura armata e non armata.

Questa considerazione nasce dal semplice confronto tra i grafici riportati nell'Appendice F della UNI EN 1996-1-1 e la fig. B.1 della UNI EN 1996-3.

Nel caso dei muri esterni si applica l'Appendice C, che presenta un'ampia casistica rappresentata da una serie di grafici, di cui, solo a titolo di esempio, si riportano quelli relativi ad elementi per muratura in calcestruzzo vibrocompresso.

Analizzando i grafici, è possibile desumere che, in questo caso, la norma suggerisce una verifica allo stato limite ultimo, applicando il metodo basato sull'utilizzo dei coefficienti di momento flettente del par. 6.3 della UNI EN 1996-1-1, poiché è necessario considerare le resistenze a flessione della muratura f_{xd} .

Se ne deduce, in estrema sintesi, che per elementi non portanti, purché l'altezza del muro non superi 6 m e siano rispettati i limiti dimensionali ed i vincoli in esso citati, l'Eurocodice valuta non necessario organizzare una verifica allo stato limite ultimo che tenga conto degli effetti del secondo ordine questo giustifica anche il fatto che sia adottata l'espressione altezza della parete h e non si faccia riferimento alla altezza effettiva h_{ef} .

È interessante anche far notare che, in entrambi i casi, la norma considera accettabile un rapporto h/t (rapporto altezza spessore della muratura) pari a 40 purché siano rispettati i limiti della lunghezza libera della parete - l - identificati dalle curve di riferimento.

Verifica di Resistenza al fuoco

Laddove sia necessario affrontare una verifica di resistenza al fuoco normalizzata per le murature non portanti - tramezzi e tamponature - in linea di principio sono previsti tre distinti approcci:

- Metodo tabellare
- Metodo sperimentale
- Metodo analitico

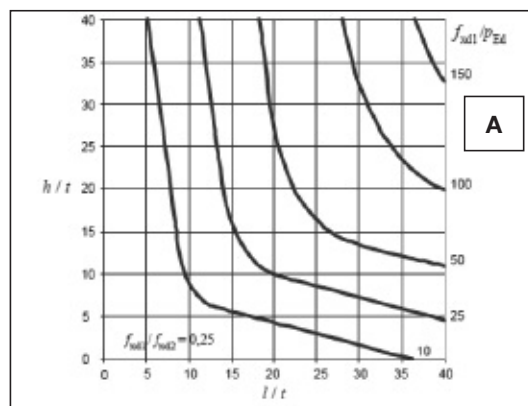


Figure C.3 - Thickness and size limitation of non-bearing walls with lateral loading
Wall type a - $f_{xd1} / f_{xd2} = 0,25$

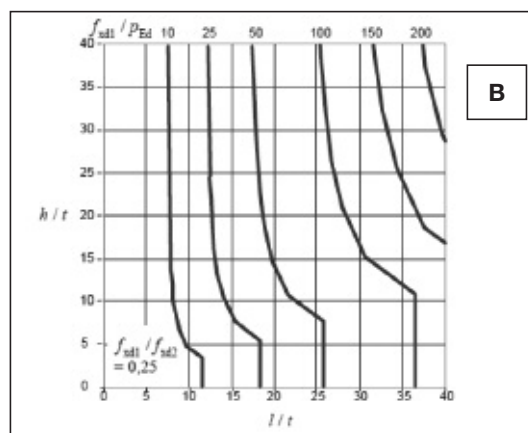


Figure C.6 - Thickness and size limitation of non-bearing walls with lateral loading
Wall type b - $f_{xd1} / f_{xd2} = 0,25$

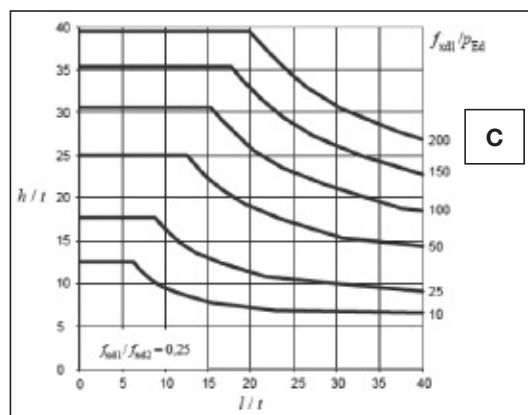


Figure C.9 - Thickness and size limitation of non-bearing walls with lateral loading
Wall type c - $f_{xd1} / f_{xd2} = 0,25$

Figura 2 - Grafici Appendice C UNI EN 1996-3



I primi due metodi coprono una ampia casistica di situazioni pratiche, ma con un notevole vincolo sul limite di altezza della parete che non può essere superiore a 4 m.

Circa l'ultimo metodo un modello di calcolo semplificato è pubblicato nell'appendice C dell'Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio. Il metodo è, a rigore, applicabile ad elementi con funzione portante (REI) e non ad elementi con funzione di separazione (EI) e si basa, con opportuni adattamenti, sul metodo del fattore di riduzione Φ esposto nelle verifiche allo stato limite ultimo a temperatura ordinaria del par. 6.3 della UNI EN 1996-1-1.

In questo contesto è però interessante far notare che il metodo, per sua natura, considera gli effetti del secondo ordine, ed introduce il contributo della eccentricità in condizioni di incendio - thermal bowing - rappresentato dall'effetto dell'incurvarsi della parete verso il lato esposto all'incendio, fenomeno osservabile anche nel metodo sperimentale della UNI EN 1364-1 Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Parte 1: Muri.

Come conseguenza del metodo è opportuno anche evidenziare che la resistenza ai carichi verticali della parete, per un'eccentricità della parete a metà altezza, pari a metà dello spessore della parete (0,5 t), è nulla.

Il modello di calcolo del "thermal bowing" consente di quantificare il fenomeno che, nel metodo tabellare e sperimentale, viene implicitamente trascurato, partendo dal presupposto che sia remota la possibilità che si inneschino fenomeni di instabilità delle pareti alte 4 m in condizioni di incendio.

La norma di applicazione estesa UNI EN 15254-2

Applicazione estesa dei risultati da prove di resistenza al fuoco Pareti non portanti Parte 2: Blocchi di gesso e muratura

Alla luce di quanto sopra esposto assume più chiarezza quanto la norma di applicazione estesa UNI EN 15254-2 recita al par. 5.1.4 il cui testo in lingua originale è:

- (1) "If the wall is tested with 3 m height, the height may be extrapolated up to a slenderness (height ratio h/t) of 40 or a maxi-

mum height of 8 m for classifications E, EI or E-W, the lower value applying, if the deflection of the tested specimen in mid height is smaller than half of the thickness of the wall. For greater tested deflections in mid height, the maximum slenderness is restricted to the tested slenderness”

- (4) Test results are valid for all wall lengths (l).

Che può essere tradotto come:

- (1) Se la parete è provata con altezza di 3 m, è concesso di estrapolare l'altezza fino a una snellezza (rapporto di altezza h / t) di 40 o un'altezza massima di 8 m per le classificazioni E, EI o EW, se l'eccentricità del campione di prova a metà altezza è inferiore alla metà dello spessore della parete. Per maggiori eccentricità provate a metà altezza, la massima snellezza è limitata alla snellezza provata.

- (4) I risultati delle prove sono validi per tutte le lunghezze della parete (l).

In considerazione che l'espressione “may” non è una raccomandazione (a cui si associa l'espressione “should”) ma un permesso nel contesto normativo², e che la norma UNI EN 15254-2 non può essere in contrasto con la EN 1996-1-2, a




**BOCCIOLONE
ANTINCENDIO**



SICUREZZA A PORTATA DI **MANO!**

Z.I. Roccapietra - 13019 Varallo (VC) Italia
 Tel. +39 0163 568811 Fax +39 0163 322022
www.bocciolone.com - info@bocciolone.com

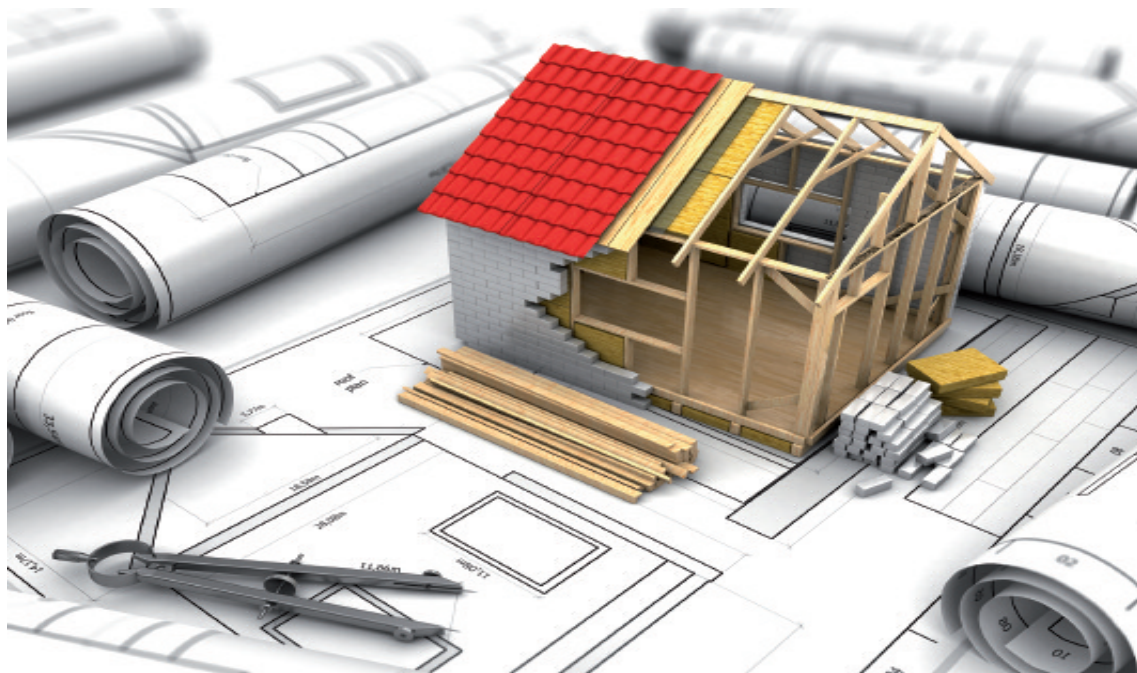
cui rimanda espressamente³, questa possibilità introdotta nella norma di applicazione estesa merita una qualche riflessione.

È semplice osservare che questo approccio, unitamente al porre il limite $h/t = 40$, è in linea con quello adottato nei metodi di calcolo semplificato della UNI EN 1996-3.

Per analogia con il metodo semplificato adottato nella progettazione a temperatura ordinaria, sembra che la norma valuti non necessario considerare effetti del secondo ordine sino ad un limite massimo di altezza pari ad 8 m anziché 6 m.

Quando si applica il metodo di prova pubblicato nella UNI EN 1634-1 è plausibile, per pareti molto snelle, che l'altezza efficace in prova sia circa 2,7 m a causa delle condizioni di vincolo anziché 2,1 m (i.e. si sono formate delle cerniere alla base ed alla estremità superiore della parete, mentre un estremo irrigidito è ancora efficace).

Pertanto per limitare l'eccentricità, aumentando l'altezza della parete, sarebbe necessario intervenire sul passo degli irrigidimenti ⁴.



Ne consegue che l'effetto del "thermal bowing", che comunque si verifica in caso di incendio dovrebbe essere trascurabile.

In base al modello di "thermal bowing" (cfr. UNI EN 1996-1-2 C.3.a) è facile dimostrare che:

$$e_{\Delta\theta 1} = \Delta\theta 2 (h_{ef1} / h_{ef2})^2$$

Dove:

$e_{\Delta\theta}$ = eccentricità dovuta alla variazione di temperatura attraverso la muratura;

h_{ef} = altezza effettiva della muratura.

Accettare il limite di eccentricità in prova di 0,5 t significa che per una parete di 8 m si può teoricamente arrivare ad eccentricità dell'ordine di $3,5 \div 4,4$ t.

Consideriamo il metodo del fattore di riduzione Φ : il modello teorico alla base del metodo è un'asta soggetta ad un carico all'estremità con imperfezioni e fessurazione non uniformemente distribuita lungo tutta l'altezza, e non di un'asta, con le medesime caratteristiche, soggetta a carichi distribuiti (ossia peso proprio).

NOTA:

È opportuno anche ricordare che, in base alla teoria, il fenomeno dell'instabilità euleriana per aste soggette a carichi distribuiti anziché concentrati alla estremità, ed in assenza di imperfezioni geometriche (eccentricità) e fessurazioni, è provato che comporta un carico critico oltre tre volte superiore⁵.

Se ipotizzassimo, per assurdo, di adottare tale modello per una parete EI se ne potrebbe desumere che essa non avrebbe più risorse in base alla espressione del coefficiente di riduzione Φ .

Poiché allo stato attuale un modello di calcolo specifico per pareti EI in caso di incendio non è disponibile si deduce che la valutazione della norma UNI EN 15254-2 non può essere attualmente supportata da valutazioni analitiche proprie, ma si affida alla considerazione che comunque il fenomeno dell'instabilità è meno critico su elementi di pareti non portanti almeno in base ai modelli teorici in condizioni di temperatura ordinaria.

Tutto questo senza considerare l'effetto del fattore parziale di sicurezza del materiale γ_m che, in linea di principio è compreso tra 1,5 e 3, in funzione della Categoria degli elementi per muratura e della Classe di esecuzione⁶ in condizione di temperatura ordinaria ed assume il valore 1 in caso di incendio, ma che è difficile quantificare considerando che il modello adottato nella verifica a temperatura ordinaria, se non considera gli effetti del secondo ordine, non è necessariamente lo stesso da adottare in caso di incendio.

Non da ultimo si deve inoltre considerare che, nella realtà, pareti di spessore di 200 mm nella prova di resistenza al fuoco difficilmente raggiungono nel test elevati valori di eccentricità, e che per pareti più snelle in $\Delta\theta$ prova la norma di applicazione estesa riduce l'altezza limite di 8 m.

Se i vincoli possono contribuire al controllo della eccentricità sia in condizione di temperatura ordinaria che in caso di incendio non si può che dedurre che la norma pre-

suma che nella realtà esista un grado di vincolo talmente efficace da limitare l'eccentricità per effetto della differenza di temperatura nella sezione, congettura che risponde all'esperienza del generale buon comportamento degli edifici in muratura in molti incendi reali.

La garanzia dell'esistenza di un progetto a temperatura ordinaria non è sufficiente, se la natura dei vincoli non dà certezza della loro efficacia in condizione di incendio e se non sono stati intrapresi dei provvedimenti per cautelarsi dall'effetto delle azioni indirette⁷.

Concludendo, in breve, il rapporto di applicazione estesa pubblicato da un ente di certificazione è una base che non prescinde dalla buona norma, per pareti superiori a 4 m di altezza, di considerare che:

- 1) deve esistere un progetto a temperatura ordinaria delle pareti con elevata snellezza;
- 2) siano stati adottati opportuni accorgimenti per garantire l'efficacia dei vincoli in condizione di incendio.

Note

- 1 Si veda ad esempio Codice di pratica della posa dei blocchi in calcestruzzo Vol. 2 Assobeton
- 2 Cfr. ISO/IEC DIR 2 ISO/IEC Directives Part 2 Principles and rules for the structure and drafting of ISO and IEC documents
- 3 Cfr. 5.1.4 (2)
- 4 In teoria in condizioni di incastro perfetto l'eccentricità per un effetto di un gradiente termico lineare sarebbe nullo ma questa condizione limite non sembra verosimile in condizione di incendio anche perché il solaio tende anche esso a deformarsi.
- 5 Cfr. Leone Corradi Dell'Acqua Meccanica delle strutture la valutazione della capacità portante McGraw Hill Italia srl par 15.3.3. e segg.
- 6 L'Appendice Nazionale adotta valori di γ_m compresi tra 2 e 3.
- 7 A questo proposito è bene sapere che alcune soluzioni sono proposte nell'Appendice E della norma UNI EN 1996-1-2.