



ORDINE DEGLI
ARCHITETTI
PIANIFICATORI
PAESAGGISTI E CONSERVATORI
DI ROMA E PROVINCIA



MURATURE IN LATERIZIO DI NUOVA GENERAZIONE

Soluzioni Tecnologiche

2 ottobre 2024
15:00—18:00

3 CFP
ARRM3348



© Stefano Caracciolo - Casa della Memoria - Boscovich - architettura.chiusi

in collaborazione con



CONFINDUSTRIA CERAMICA
Raggruppamento Laterizi

LATERIZIO
Italiano

NTC e nuovo Eurocodice 6 per la progettazione delle costruzioni in muratura

Ing. Alfonsina A. Di Fusco – **CONFINDUSTRIA CERAMICA**

adifusco@confindustriaceramica.it

www.laterizio.it



L'industria ceramica italiana

[dati 2023]



252
Imprese

125	piastrelle
59	laterizi
29	sanitari
30	refrattari
9	stoviglieria
	ceramica tecnica



26.200+
Addetti

18.432
3.000
2.557
1.566
656



Produzione

373,7	milioni m ²
3,9	milioni t
3,0	milioni pezzi
252,5	migliaia t
9,9	migliaia t



7,6
miliardi di €
Fatturato

6.175 milioni €
650 milioni €
349 milioni €
345 milioni €
56 milioni €



L'industria dei laterizi italiana investe da sempre sulla **SICUREZZA SISMICA**, puntando su sistemi tecnologici e prodotti di ultima generazione, certificati nell'ambito di progetti di ricerca, sperimentazioni e studi scientifici.

Progetto europeo "ESECMASE" ENHANCED SAFETY AND EFFICIENT CONSTRUCTION OF MASONRY STRUCTURES IN EUROPE

Criteri di sicurezza per edifici antisismici
in muratura portante



La risposta sismica di molteplici tipologie di muratura, valutata attraverso numerose prove cicliche pseudo-dinamiche e test su tavola vibrante, simulando l'azione di terremoti di elevata intensità su modelli di edifici in scala reale, ha determinato nuovi fattori di struttura "q".

Progetto europeo "INSYSME" INNOVATIVE SYSTEMS FOR EARTHQUAKE RESISTANT MASONRY ENCLOSURES IN RC BUILDINGS

Potenziamento delle prestazioni sismiche
di tamponamenti e divisori in laterizio



Ottimizzazione del comportamento sismico delle pareti divisorie e da tamponamento (monostrato e pluristrato con rivestimento faccia a vista) delle strutture in cemento armato, attraverso sia lo sviluppo e l'applicazione di soluzioni innovative, sia la definizione di opportuni criteri di dimensionamento, linee guida e software per la progettazione.

Progetto europeo "DISWALL" DEVELOPING INNOVATIVE SYSTEMS FOR REINFORCED MASONRY WALLS

Sistemi innovativi per la muratura armata
soggetta ad azioni sismiche



Prove cicliche fuori piano e prove di compressione monoassiale hanno ampiamente confermato la validità dei nuovi sistemi costruttivi in laterizio per muratura armata in zona sismica, tra cui una soluzione con blocchi a fori orizzontali ed un'altra a fori verticali, ottimale per carichi fuori piano.

Molti dei risultati delle ricerche sono stati trasferiti nella normativa in vigore - **Norme Tecniche per le Costruzioni, EUROCODICI e Annessi tecnici EC** - e ne condizioneranno le revisioni e gli aggiornamenti a seguire.



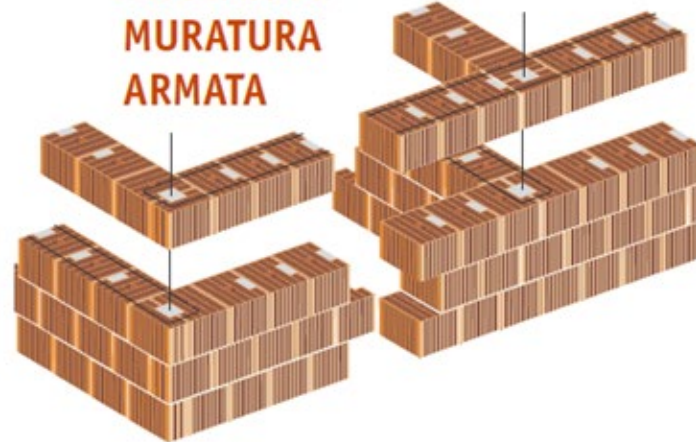
Nuove costruzioni di muratura

Strutturale

SISTEMA DI MURATURA ORDINARIA

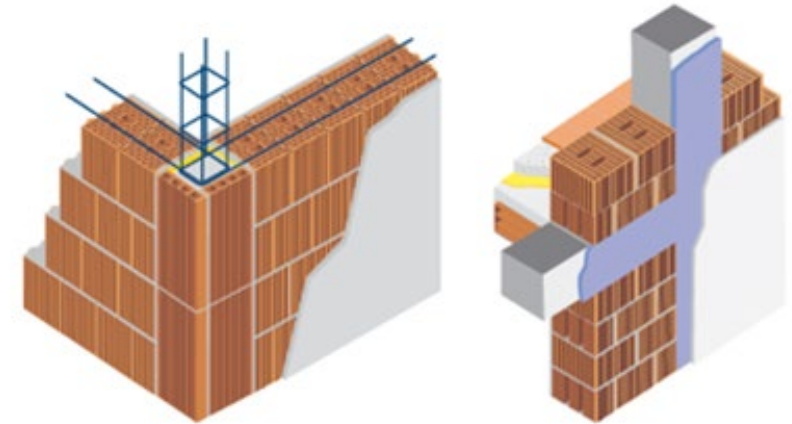


SISTEMA DI MURATURA ARMATA

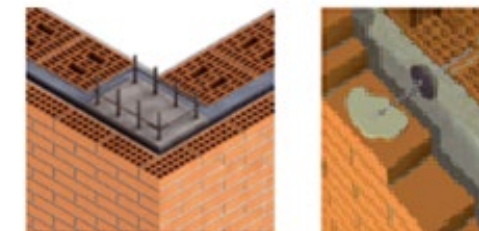


Tamponamento

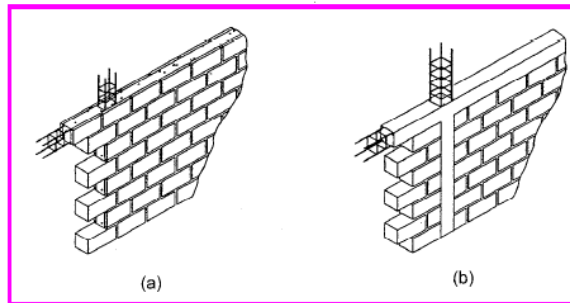
SISTEMA MONOSTRATO



SISTEMA PLURISTRATO



Novità 2018



New entry!

Muratura intelaiata o confinata



Costruzioni di muratura

Costruzioni civili

- § 4.5 **requisiti dei materiali** impiegati per la realizzazione delle **murature strutturali** e **criteri di progettazione** nei siti caratterizzati da sismicità molto bassa (zona 4)

Progettazione sismica

- § 7.2.3 criteri di progettazione di elementi strutturali secondari ed elementi costruttivi non strutturali
- § 7.3.6 rispetto dei requisiti nei confronti degli stati limite
- § 7.3.6.1 elementi strutturali (ST) - verifiche di rigidezza (RIG)
- § 7.8 **ulteriori prescrizioni**, condizioni e **metodologie di analisi** da applicare per **murature strutturali** da realizzare in **territori a più elevata sismicità (zone 3, 2 e 1)**;

§ 8 Costruzioni esistenti

Materiali e prodotti

- § 11.10 **iter di qualificazione e controllo degli** elementi resistenti (mattoni e blocchi) e delle malte, e procedure di **caratterizzazione meccanica** sia dei prodotti base, sia del sistema muratura nel suo complesso.

Costruzioni di muratura

Strutturale

§ 4.5 affronta in generale i requisiti dei materiali impiegati per la realizzazione delle murature e specificati i criteri di progettazione validi nei siti caratterizzati da sismicità molto bassa (zona 4)

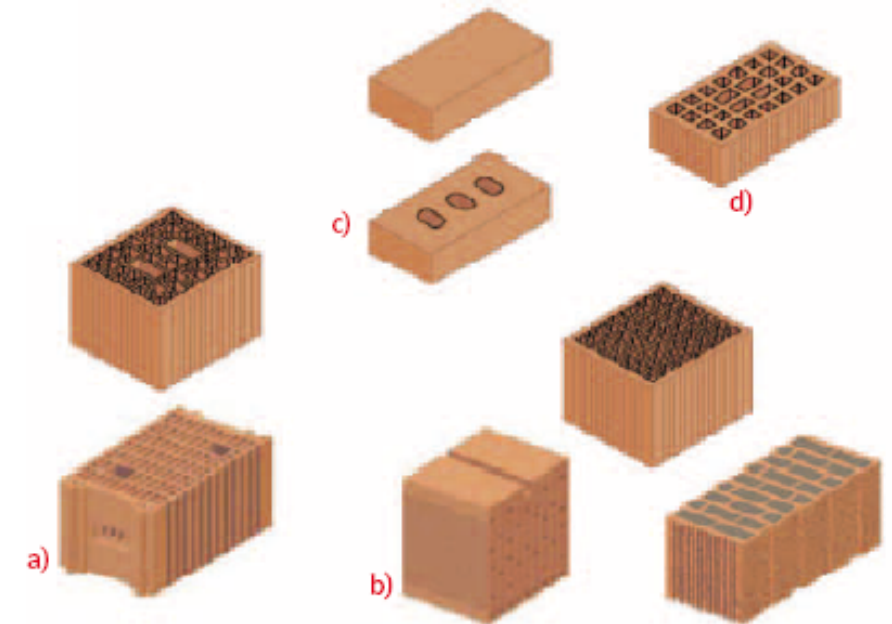
4.5.2. Materiali

4.5.2.2 ELEMENTI RESISTENTI IN MURATURA

Denominazione degli elementi da muro in funzione della **PERCENTUALE**

DI FORATURA (rapporto tra la superficie complessiva dei fori e la superficie totale della sezione di estrusione dell'elemento stesso):

- PIENO: elemento (mattono o blocco) con foratura $\leq 15\%$;
- SEMIPIENO: elemento con foratura $> 15\%$ e $\leq 45\%$;
- FORATO: elemento con foratura $> 45\%$ e $\leq 55\%$.



Esempi di mattoni e blocchi di laterizio per murature: a) blocco semipieno (percentuale di foratura superiore al 15% e inferiore o uguale al 45%); b) blocco forato (percentuale di foratura superiore al 45% e inferiore o uguale al 55%); c) mattone pieno (percentuale di foratura inferiore o uguale al 15%); d) mattone semipieno (percentuale di foratura superiore al 15% e inferiore o uguale al 45%).



Novità 2018

4.5.2. Materiali

4.5.2.2 ELEMENTI RESISTENTI IN MURATURA

➤ **limiti sugli spessori dei setti** per gli elementi resistenti (come già presenti nel vecchio DM '87 e nell'ultima versione dell'Annesso nazionale dell'EC6)

Lo spessore minimo dei setti interni (distanza minima tra due fori) è il seguente:

<u>elementi in laterizio</u> e di silicato di calcio:	<u>7 mm;</u>
elementi in calcestruzzo:	18 mm;

Spessore minimo dei setti esterni (distanza minima dal bordo esterno al foro più vicino al netto dell'eventuale rigatura) è il seguente:

<u>elementi in laterizio</u> e di silicato di calcio:	<u>10 mm;</u>
elementi in calcestruzzo:	18 mm;

Per i valori di adesività malta/elemento resistente si può fare riferimento a indicazioni di normative di riconosciuta validità.



4.5.2. Materiali

4.5.2.3 MURATURE

Le murature costituite dall'assemblaggio organizzato ed efficace di elementi e malta possono essere a singolo paramento, se la parete è senza cavità o giunti verticali continui nel suo piano, o a paramento doppio. In questo ultimo caso, qualora siano presenti le connessioni trasversali previste dall'Eurocodice UNI EN 1996-1-1, si farà riferimento agli stessi Eurocodici UNI EN 1996-1-1, oppure, in assenza delle connessioni trasversali previste dall'Eurocodice, si applica quanto previsto al § 4.6.

Novità 2018

L'uso di giunti di malta sottili (spessore compreso tra 0.5 mm e 3 mm) e/o di giunti verticali a secco va limitato ad edifici con numero di piani fuori terra non superiore a quanto specificato al § 7.8.1.2 ed altezza interpiano massima di 3.5 m.

Tra i sistemi costruttivi ammessi dalle nuove norme rientra anche la muratura eseguita con **elementi rettificati ad incastro e giunto verticale "a secco"**, a condizione che i giunti orizzontali di malta sottile – secondo § 8.1.5(1) dell'Eurocodice 6, con spessore compreso tra i 0,5 e 3 mm – rispondano alla Specifica Tecnica Europea di riferimento UNI EN 998-2.

La realizzazione di strutture in muratura con **giunto verticale "a secco"** deve considerarsi ammissibile esclusivamente in zona classificata a sismicità "molto bassa", ponendo attenzione anche al numero di piani dell'edificio: a favore della sicurezza, questi non dovranno essere più di due dal piano campagna.



4.5.4. Organizzazione strutturale

Lo **spessore minimo** per le murature portanti non potrà essere inferiore a:

- 15 cm per murature in **elementi pieni** artificiali
- 20 cm per murature in **elementi semipieni** artificiali
- 24 cm per murature in **elementi forati** artificiali

Il rapporto fra altezza di interpiano e spessore del muro (**snellezza**) non dovrà in nessun caso essere superiore a **20**.

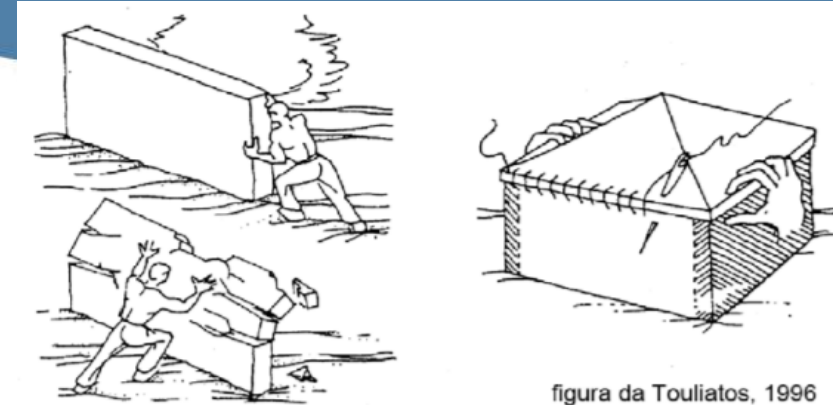


figura da Touliatos, 1996

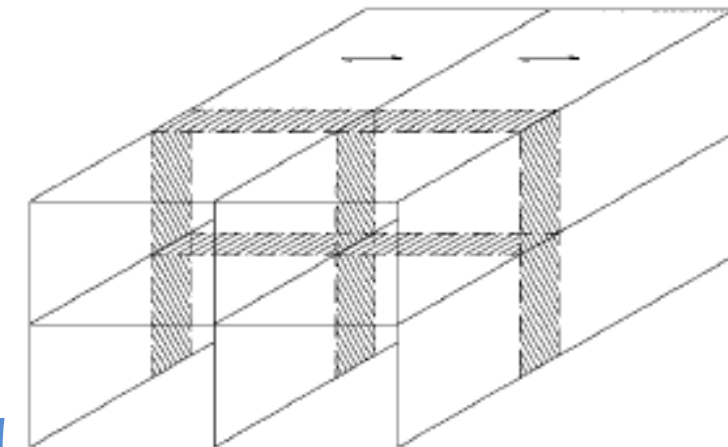
Comportamento d'insieme «scatolare»

4.5.5. Analisi strutturale

Le analisi per la valutazione della risposta possono essere di 3 tipi:

- “SEMPLIFICATA”
- “LINEARE”
- “NON LINEARE”

Per costruzioni realizzate in **zona a più bassa sismicità** vengono impiegati i primi due metodi, ed esclusivamente il primo se rispettate le condizioni di **“edificio semplice”**.





4.5.6.4 Verifiche semplificate

Criteri per il progetto, in presenza di azioni non sistemiche, con verifica estesa (**edificio o costruzione "semplice"**) e con limitazione della tensione verticale media di piano:

Accelerazione di picco del terreno $a_g S^{(\dagger)}$		$\leq 0,07g$	$\leq 0,10g$	$\leq 0,15g$	$\leq 0,20g$	$\leq 0,25g$	$\leq 0,30g$	$\leq 0,35g$	$\leq 0,40g$	$\leq 0,45g$	$\leq 0,50g$
Tipo di struttura	Numero piani										
Muratura ordinaria	1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
	2	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	6,0%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	7,0%
	3	4,5%	4,5%	5,0%	6,0%	6,5%	7,0%	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%	5,5%	6,0%	6,5%	6,5%

^(\dagger) S_T si applica solo nel caso di strutture di Classe d'uso III e IV (v. § 2.4.2)

S_T coefficiente di amplificazione topografica

- a) le pareti strutturali della costruzione siano continue dalle fondazioni alla sommità;
- b) nessuna altezza interpiano sia superiore a 3,5 metri;
- c) il numero di piani in muratura non sia superiore a 3 (entro e fuori terra) per costruzioni in muratura ordinaria ed a 4 per costruzioni in muratura armata;
- d) la planimetria dell'edificio sia inscritta in un rettangolo con rapporti fra lato minore e lato maggiore non inferiore a 1/3;
- e) la snellezza della muratura, secondo l'espressione [4.5.1], non sia in nessun caso superiore a 12;
- f) il carico variabile per i solai non sia superiore a 3,00 kN/m².
- g) **devono essere rispettate le percentuali minime, calcolate coperta rispetto alla superficie totale in pianta dell'edificio, di sezione resistente delle pareti, calcolate nelle due direzioni ortogonali, specificate in Tab. 7.8.II.**

La verifica si intende soddisfatta se risulta:

$$\sigma = N / (0,65 A) \leq f_k / \gamma_M \quad [4.5.12]$$

E' stato inserito il **requisito g)**, che puntualizza la necessità di **rispettare le percentuali minime**, specificate in tab. 7.8.II (capitolo sulle costruzioni soggette ad azione sismica), **di sezione resistente delle pareti nelle due direzioni ortogonali**, calcolate con riferimento alla superficie totale in pianta dell'edificio.

Novità 2018



4.5.6.2 Verifiche agli stati limite ultimi

Le verifiche di sicurezza agli SLU sono:

- ✓ presso flessione per carichi laterali (resistenza e stabilità fuori dal piano);
- ✓ presso flessione nel piano del muro;
- ✓ taglio per azioni nel piano del muro;
- ✓ carichi concentrati;
- ✓ flessione e taglio per le travi di accoppiamento.

$$f_d = f_k / \gamma_M$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$$

Nelle verifiche di sicurezza secondo gli stati limite ultimi, le resistenze di progetto saranno valutate a partire dal valore di **resistenza caratteristica** diviso per il **coefficiente parziale di sicurezza γ_M** ricavato dalla tabella 4.5.II

Valori del coefficiente γ_M in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti (tabella 4.5.II - NTC)

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,5
muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,5	3

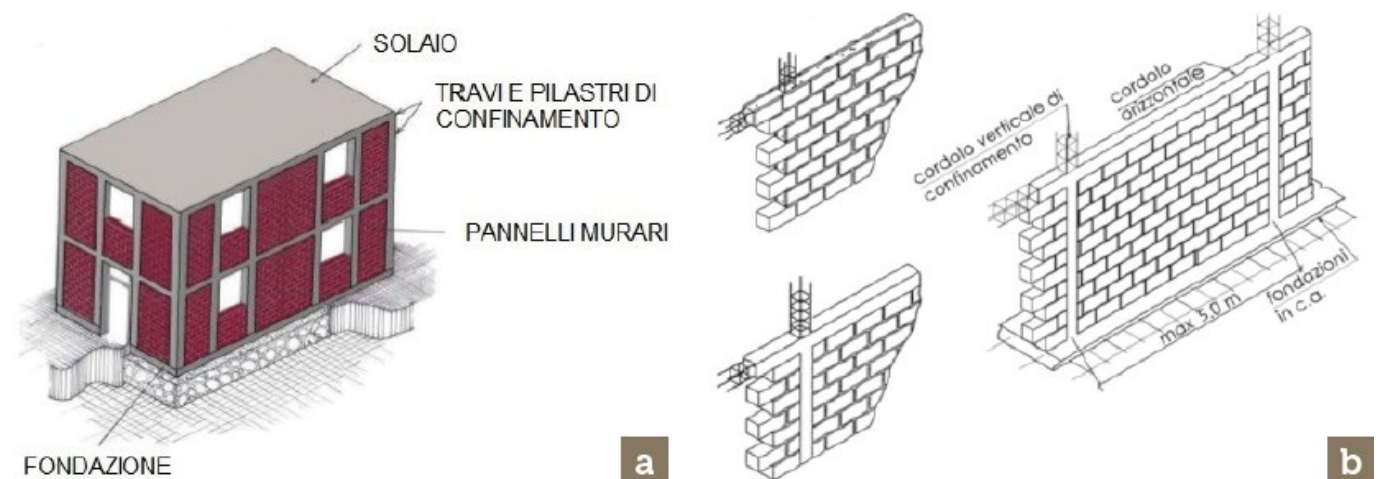
Novità 2018

4.5.8. Muratura confinata

New entry!

La muratura confinata è un muratura costituita da elementi resistenti artificiali pieni e semipieni, dotta di elementi di confinamento in calcestruzzo armato o muratura armata. Il progetto della muratura confinata può essere svolto applicando integralmente quanto previsto negli Eurocodici strutturali ed in particolare nelle norme della serie EN 1996 e EN 1998 con le relative appendici nazionali.

La muratura confinata è la vera novità: anche Italia si potranno progettare e realizzare edifici con questa tecnologia costruttiva caratterizzata da pannelli murari confinati da elementi in calcestruzzo armato o muratura armata, con getto in opera finale.



Edificio in muratura confinata: (a) struttura d'insieme e (b) dettagli costruttivi.



Costruzioni di muratura

Strutturale

§ 7.8 specifica ulteriori prescrizioni, condizioni e metodologie di analisi da applicare per murature da realizzare in territori a più elevata sismicità (zone 3, 2 e 1)

Novità 2018

7.8.1. Regole generali

7.8.1.1 PREMESSA

Le costruzioni di muratura devono essere realizzate nel rispetto di quanto contenuto nelle presenti Norme Tecniche ai §§ 4.5 e 11.10. Il rispetto di tali requisiti consente di classificare le costruzioni in muratura come moderatamente dissipative e quindi appartenenti alla classe di duttilità CD"B".

Importante riconoscimento: gli edifici in muratura, anche quelli in muratura ordinaria (non armata), posseggono, a livello di sistema strutturale, una **capacità deformativa in campo non lineare** e una **capacità dissipativa**

I coefficienti parziali di sicurezza per la resistenza del materiale forniti nel Capitolo 4 possono essere ridotti del 20% e comunque fino ad un valore non inferiore a 2.

$$f_d = f_k / \gamma_M$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$$

Come tutti gli altri sistemi costruttivi, i **coefficienti parziali di sicurezza** risultano maggiorati rispetto alla versione del 2008 e molto più alti di quelli previsti dagli Eurocodici.



7.8.1. Regole generali

7.8.1.2 MATERIALI

Per le costruzioni caratterizzate, allo SLV, da $a_g S > 0,075g$ (ovvero nelle **zone sismiche classificate 3, 2 e 1 con livello di pericolosità “basso”, “medio” e “alto”**), gli elementi resistenti, oltre a quanto indicato al capitolo 4.5, devono essere assicurati i seguenti requisiti:

- percentuale volumetrica degli eventuali vuoti, non superiore al 45% del volume totale del blocco;
- 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 nella direzione portante (f_{bk}), calcolata sull'area al lordo delle forature, non inferiore a 5 MPa o, in alternativa, resistenza media normalizzata nella direzione portante (f_b) non inferiore a 6 MPa ;
- resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante ossia nel piano di sviluppo della parete (\bar{f}_{bk}), calcolata nello stesso modo, non inferiore a 1,5 MPa.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$
4	$\leq 0,05g$

Novità 2018

*I limiti ed i requisiti nelle NTC2008 erano definiti in funzione delle zone sismiche, nelle **NTC2018** si fa invece riferimento ai valori di **accelerazione di ancoraggio dello spettro elastico $a_g S$ allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)***

S, amplificazione stratigrafica e topografica

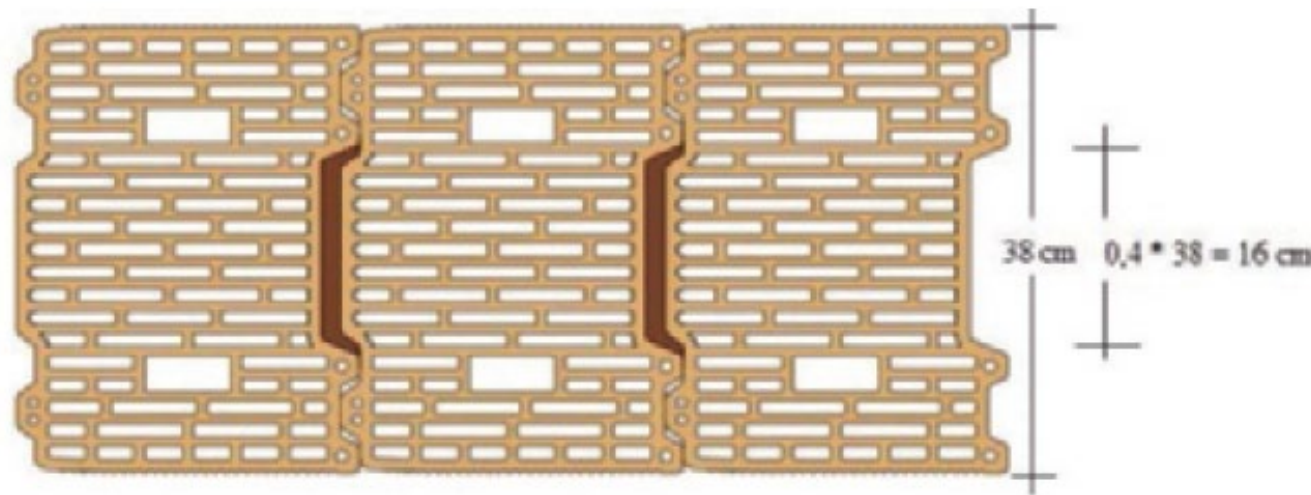
7.8.1. Regole generali

7.8.1.2 MATERIALI

Novità 2018

In merito alle **tasche di malta** dei sistemi di muratura con blocchi ad incastro, viene precisato che il riempimento del giunto verticale dovrà essere eseguito per tutta la sua altezza e per una larghezza non inferiore al 40% dello spessore della muratura; come stabilito dall'Eurocodice 6 al § 8.1.5(3).

In tal modo, **i giunti verticali** possono essere considerati riempiti.



Sezione dell'allineamento dei blocchi ad incastro con "tasca riempita di malta" per un'estensione pari al 40% dello spessore del blocco.



7.8.1. Regole generali

7.8.1.2 MATERIALI

L'uso di giunti sottili (spessore compreso tra 0.5 mm e 3 mm) è consentito esclusivamente per edifici caratterizzati allo *SLV*, da $a_g S \leq 0,15 g$, con le seguenti limitazioni:

- altezza massima, misurata in asse allo spessore della muratura: 10,5 m se $a_g S \leq 0,075 g$; 7 m se $0,075 g < a_g S \leq 0,15 g$;
- numero dei piani in muratura da quota campagna: ≤ 3 per $a_g S \leq 0,075 g$; ≤ 2 per $0,075 g < a_g S \leq 0,15 g$.

Novità 2018

L'uso di giunti verticali non riempiti è consentito esclusivamente per edifici caratterizzati, allo *SLV*, da $a_g S \leq 0,075 g$, costituiti da un numero di piani in muratura da quota campagna non maggiore di due e altezza massima, misurata in asse allo spessore della muratura di 7 m.

Condizioni troppo restrittive e ritenute immotivate per le costruzioni di muratura rettificata!

Oltre alla considerevole validazione sperimentale, è dimostrato che costruzioni edificate nel cratere sismico emiliano hanno superato egregiamente la prova terremoto resistendo senza alcun danno alle scosse del 2012.

E' stato presentato - in fase di revisione delle NTC - uno specifico dossier sulla validità dei sistemi costruttivi in laterizio rettificato

	Indirizzo	Tipologia di fabbricato	Anno di costruzione	Coordinate geografiche ¹		$a_g S$ di progetto ² (g)		PGA stimata ³ (g)		Distanza epicentrale (km)		
				Latitudine N	Longitudine E	SLD suolo D	SLV suolo D	20/05/2012 MS.9	29/05/2012 MS.8	20/05/2012 MS.9	29/05/2012 MS.8	
Pr 1	Via Ronchi Cavezzo MODENA	Palazzina per civile abitazione	nr	44,8353	11,0070	0,09	0,27	0,20*	0,28*	8,5	6,5	
Pr 2	Via Lograzzi Massa Finalese MODENA	Palazzina per civile abitazione	2008	44,8393	11,2141	0,09	0,27	0,30*	0,28*	6,0	9,5	
Pr 3	Via Casoni Sopra, 6 Finale Emilia MODENA	Villa unifamiliare	2009	44,7992	11,1965	0,10	0,28	0,20*	0,28*	10,0	9,5	
Pr 4	Lott. Garibaldi Poggio Rusco MANTOVA	Palazzina per civile abitazione	2012	44,9781	11,1179	0,07	0,19	0,25*	0,20*	13,0	14,0	
Pr fv 5	Via dei Gelsi Cento FERRARA	Palazzina per civile abitazione	2012	44,7135	11,2731	0,10	0,28	0,15*	0,08	20,0	21,0	
Pr 6	Lott. Belgioso Revere MANTOVA	Complesso residenziale	2011	45,0530	11,1311	0,07	0,16	0,10*	0,12*	19,0	22,0	
Pr 7	Via Primaria Castello d'Argile BOLOGNA	Palazzina per civile abitazione	2010	44,6915	11,3315	0,11	0,28	0,10	0,12*	23,0	26,0	

Fig 1 Ricognizione post-sisma Emilia 2012: mappa di inquadramento e tabella con dati di rilievo e valori elaborati, relativi agli edifici moderni in laterizio con struttura in "muratura rettificata".



7.8.1. Regole generali

7.8.1.4 CRITERI DI PROGETTO E REQUISITI GEOMETRICI

- Le **piante** devono essere quanto più possibile compatte e simmetriche rispetto ai due assi ortogonali.
- Le **pareti strutturali**, al lordo delle aperture, devono 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 l'azione sismica, devono essere assorbite per mezzo di idonei elementi strutturali.
- I **solai** devono assolvere funzione di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali e di vincolo nei confronti delle azioni fuori del piano delle pareti, pertanto devono essere ben collegati ai muri e garantire un adeguato funzionamento a diaframma.
- La **distanza massima tra due solai** successivi non deve essere superiore a 5 m.

t : spessore della parete al netto dell'intonaco
ho: altezza di libera inflessione della parete
h' altezza massima delle aperture adiacenti alla parete
l: lunghezza della parete

Novità 2018

Tab. 7.8.I – Requisiti geometrici delle pareti resistenti al sisma

Tipologie costruttive	t_{\min}	$(\lambda=h_0/t)_{\max}$	$(l/h')_{\min}$
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata	300 mm	10	0,5
Muratura ordinaria, realizzata con elementi artificiali	240 mm	12	0,4
Muratura armata, realizzata con elementi artificiali	240 mm	15	Qualsiasi
Muratura confinata	240 mm	15	0,3
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata, in siti caratterizzati, allo SLV, da $a_g S \leq 0.15g$	240 mm	12	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali semipieni, in siti caratterizzati, allo SLV, da $a_g S \leq 0.075 g$	200 mm	20	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali pieni, in siti caratterizzati, allo SLV, da $a_g S \leq 0.075 g$	150 mm	20	0,3

*I requisiti geometrici nelle NTC2008 erano definiti in funzione delle zone sismiche, nelle nuove NTC2018 si fa riferimento ai valori di **accelerazione di ancoraggio dello spettro elastico $a_g S$** allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)*



7.8.1.5 Metodi di analisi

7.8.1.5.2 ANALISI LINEARE STATICA

Novità 2018

Accelerazione adimensionalizzata

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot [1.5 \cdot (1 + Z/H) - 0.5] \geq \alpha \cdot S$$

dove:

α è il rapporto tra accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo tipo A per lo stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g ;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

Z è la quota del baricentro dell'elemento, a partire dal piano di fondazione

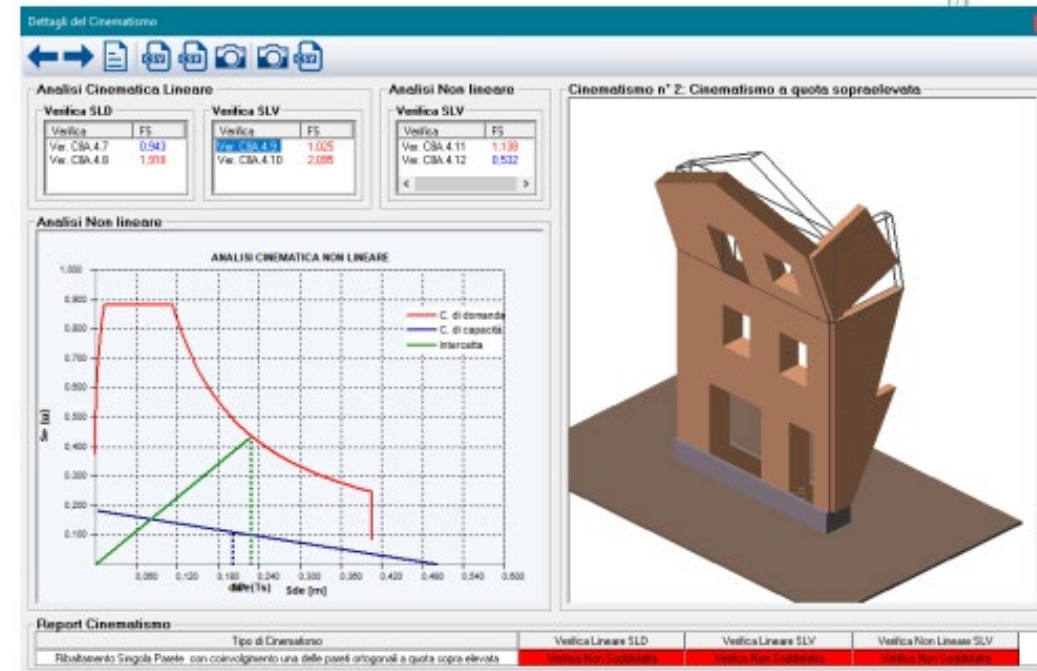
H è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione

L'azione sismica ortogonale $\Rightarrow S_a/q_a$

L'analisi elastica lineare, mediante il **fattore di struttura q** ed il rispetto di un'indispensabile ridistribuzione delle azioni, permette un calcolo accurato, caratterizzato da risultati generalmente più che cautelativi.

La condizione ultima nell'analisi lineare è solo un limite convenzionale e non rappresenta la "rottura" del pannello murario che possiede ancora «capacità deformativa» residua in grado di sopportare ulteriori sollecitazioni esterne.

PRO_SAM





7.3.6 Rispetto dei requisiti nei confronti degli stati limite

7.3.6.1 ELEMENTI STRUTTURALI (ST)

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT(**)			DUT(**)		

Novità 2018

Verifiche di rigidezza RIG (ST)

- c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria
 $qd_r \leq 0,0020 \cdot h$
- d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata
 $qd_r \leq 0,0030 \cdot h$
- e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata
 $qd_r < 0,0025 \cdot h$

Riduzione dei [7.3.13]
valori limite degli SPOSTAMENTI INTERPIANO!
[7.3.14]

[7.3.15]

dove:

- d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,
- h è l'altezza del piano.

q è il fattore di comportamento per lo SL considerato (generalmente posto pari a 1.0 nelle verifiche agli SLE)

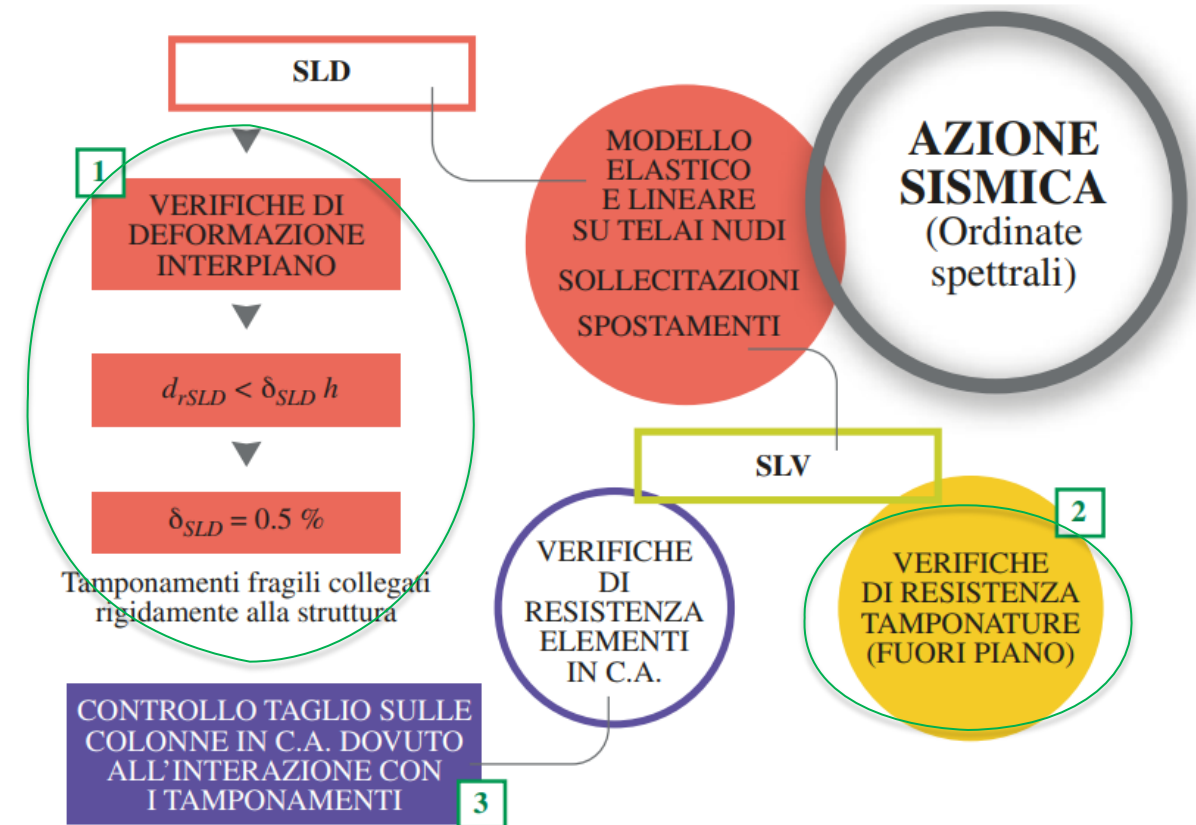
Costruzioni di muratura

Tamponamento

Verifiche di sicurezza relative alle “MURATURE NON STRUTTURALI”



1. **Verifiche di sicurezza in termini di spostamento (SLO/SLD) degli elementi strutturali**
2. **Verifiche di sicurezza in termini di resistenza (SLV/SLC) degli elementi non strutturali**
3. **Analisi e verifiche di sicurezza in termini di resistenza a taglio per interazione tamponature/telaio**



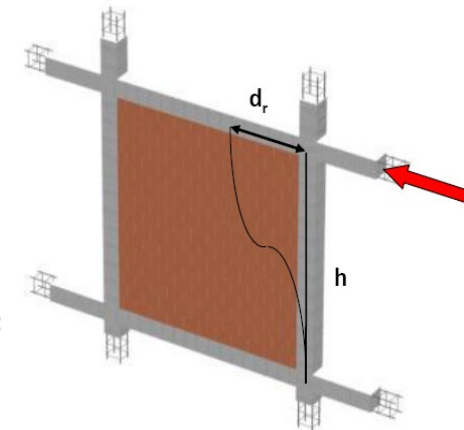
7.3.6 Rispetto dei requisiti nei confronti degli stati limite

7.3.6.1 ELEMENTI STRUTTURALI

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, **elementi non strutturali** e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(*)			DUT ^(*)		

Verifiche di sicurezza in termini di SPOSTAMENTO



Verifiche di rigidezza RIG (NS)

Per le CU I e II ci si riferisce allo SLD (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$qd_r \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

Per le **CU III e IV** ci si riferisce allo SLO (Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti indicati.

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{rp} , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$

7.3.6.2 ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS)

Verifiche di stabilità STA (NS)

Per gli elementi non strutturali devono essere adottati magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l'azione della F_a (v. § 7.2.3) corrispondente allo SL e alla CU considerati.



7.2.3. Criteri di progettazione di elementi strutturali secondari ed elementi costruttivi non strutturali

ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI

⇒ Per elementi costruttivi non strutturali s'intendono quelli con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone.

⇒ La capacità degli elementi non strutturali, compresi gli eventuali elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare (v. § 7.3.6). Quando l'elemento non strutturale è costruito in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda e progettare la capacità in accordo a formulazioni di comprovata validità ed è compito del direttore dei lavori verificarne la corretta esecuzione; quando invece l'elemento non strutturale è assemblato in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda, è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire elementi e sistemi di collegamento di capacità adeguata ed è compito del direttore dei lavori verificarne il corretto assemblaggio.

La domanda sismica sugli elementi non strutturali può essere determinata applicando loro una forza orizzontale F_a definita come segue:

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a \quad [7.2.1]$$

dove

F_a è la forza sismica orizzontale distribuita o agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale, nella direzione più sfavorevole, risultante delle forze distribuite proporzionali alla massa;

S_a è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1);

W_a è il peso dell'elemento;

q_a è il fattore di comportamento dell'elemento.

⇒ In assenza di specifiche determinazioni, per S_a e q_a può farsi utile riferimento a documenti di comprovata validità.

**Verifiche di sicurezza in termini di
RESISTENZA**

Norme Tecniche per le Costruzioni

D.M. 17/1/2018




CONFINDUSTRIA CERAMICA

11.1 Generalità

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:


- *identificati* univocamente a cura del fabbricante,
- *qualificati* sotto la responsabilità del fabbricante

A) materiali e prodotti per i quali sia disponibile, per l'uso strutturale previsto, una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della "Dichiarazione di Prestazione" e della Marchatura CE, prevista al Capo II del Regolamento UE 305/2011;

 15 9999CPR	Marchio di conformità costituito dal simbolo CE dato nella Direttiva 93/68/EEC Ultime due cifre dell'anno in cui è stata apposta la marcatura CE per la prima volta Numero di identificazione dell'organismo notificato Nome o marchio identificativo e indirizzo del produttore Numero della specifica tecnica armonizzata Numero di riferimento della DoP Codice unico di identificazione del prodotto-tipo Uso previsto
"La Società" SpA - Stabilimento di produzione Roma Via A. Torlonia, 15 - 00161 Roma Italia UNI EN 771-1:2015 007CPR 007Later P (elemento per muratura "protetta")	Informazioni sulle caratteristiche essenziali del prodotto da costruzione Etichettatura tipo per la marcatura CE di un elemento in laterizio da muro, ai sensi della UNI EN 771-1.
Categoria I Dimensioni LxSxH = 450mm x 250mm x 250mm Tolleranze dimensionali: T1+ Resistenza alla compressione: media 13 N/mm ² (facciabase) Stabilità dimensionale, spostamento dovuto all'umidità: NPD Forza di adesione: 0,3 N/mm ² Contenuto di sali solubili attivi: S0 Reazione al fuoco: Euroclasse A1 Assorbimento di acqua: NPD Coefficiente di diffusione del vapore acqueo: μ=10 Densità secca lorda min.: 800 kg/m ³ Conduttività termica: 0,21 W/mK (λ _{10, dry, unit, P3}) Durabilità al gelo-disgelo: Fo Sostanze pericolose: NPD	

DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE - N° 007CPR

1. Codice di identificazione unico del prodotto-tipo: 007Later
2. Numero di tipo (1): 007Later
3. Uso previsto del prodotto da costruzione, conforme a "P" elemento per uso nella muratura protetta
4. Nome e indirizzo del fabbricante: "La Società" SpA - Stabilimento di produzione Roma
Via A. Torlonia, 15 - 00161 Roma Italia
5. Non applicabile
6. Sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione: 2+
7. L'organismo notificato: Organismo di certificazione ed ispezione 9999CPR
8. Non applicabile
9. Prestazione dichiarata:

CARATTERISTICHE ESSENZIALI		PRESTAZIONE	SPECIFICA ARMONIZZATA	
Dimensioni	Lunghezza	450 mm	UNI EN 771-1:2015	
	Larghezza	250 mm		
	Altezza	250 mm		
Tolleranza dimensionale		T1+		
Range		R1+		
Configurazione		Percentuale di vuoti		45%
		Spessore min. setti int.		7 mm
		Spessore min. setti est.		10 mm
		Area foro presa		26 cm ²
Resistenza a compressione	Categoria	I		
	Valore medio	13 N/mm ²		
	Valore caratteristico	10 N/mm ²		
	Valore normalizzato	18 N/mm ²		
	Direzione del carico	Perpendicolare alla faccia di posa		
Forza di adesione	Valore tabulato EN 998-2	0,3		
Contenuto di sali solubili	Categoria	S0		
Reazione al fuoco	Euroclasse	A1		
Assorbimento d'acqua		NPD		
Permeabilità al vapore d'acqua	μ	10		
Densità secca lorda	Min	800 kg/m ³		
	Max	900 kg/m ³		
Conduttività termica	(λ _{10, dry, unit, P3})	0,21 W/mK		
Resistenza al gelo-disgelo		Fo		
Sostanze pericolose		NPD		

10. La prestazione del prodotto di cui ai punti 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata di cui al punto 9. Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.

Firmato a nome e per conto del fabbricante
Roma, 14/06/2013

Sergio Rossi, Direttore generale

MURATURE IN LATERIZIO DI NUOVA GENERAZIONE



11.1 Generalità

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

Muratura portante

§ 11.10 definisce l'**iter di identificazione, qualificazione e controllo** degli elementi resistenti (mattoni e blocchi) e delle malte e le procedure di **caratterizzazione meccanica** sia dei *prodotti* base, sia del *sistema muratura* nel suo complesso.

- eliminazione conflitti con gli **standard di prodotto** e le **norme armonizzate europee**
- correzione della definizione di **Categoria I e II** di appartenenza dei blocchi per muratura
- riferimento alle **resistenze normalizzate** (in linea con Eurocodici) oltre alle **caratteristiche**
- esplicitati i **criteri di accettazione in cantiere**, con prove obbligatorie per tutti gli elementi resistenti
- anche per le **malte l'accettazione è obbligatoria**
- specificata la **resistenza a taglio** per la muratura con giunti verticali a secco ed introdotta una tabella più coerente per la stima della resistenza a taglio f_{vk0}

Novità 2018



Novità 2022

Obiettivi principali generali dell'ultima generazione di Eurocodici:

- allineare ai più recenti progressi tecnico-scientifici e all'evoluzione dell'industria delle costruzioni;
- migliorare la facilità d'uso, "ease of use", delle norme;
- ridurre il numero di parametri da determinarsi a livello nazionale, "NDP".

Nuova organizzazione dei capitoli della EN1996-1-1

1. Scope – Scopo e campo di applicazione
2. Normative references - Riferimenti normativi
3. Terms, definitions and symbols – Terminologia, definizioni e simboli
4. Basis of design – Criteri generali di progettazione
5. Materials - Materiali
6. Durability - Durabilità
7. Structural analysis – Analisi strutturale
8. Ultimate limit states – Stati limite ultimi
9. Serviceability limit states – Stati limite di esercizio
10. Detailing – Particolari costruttivi
11. Execution - Esecuzione

Eurocodice 6

UNI EN 1996 Parte 1-1

“Progettazione delle strutture di muratura. Regole generali per strutture di muratura armata e non armata”,

Nuova organizzazione in capitoli della EN1996-1-1

5. Materials - Materiali

Table 5.1 — Geometrical requirements for GROUPING OF MASONRY UNITS

Novità 2022

^a Group 1 and 1S units may contain indentations, for example frogs, grip holes or grooves in the bed face, if such indentations are to be filled with mortar in the finished wall.

^b In the case of conical holes, or cellular holes, the mean value of the thickness of the webs and the shells is to be used.

	Materials and limits for masonry units								
	Group 1S (all materials) ^a	Group 1 (all materials) ^a	Units	Group 2		Group 3		Group 4	
				Vertical holes		Horizontal holes			
Volume of all holes (% of the gross volume)	≤ 5	≤ 25	clay	> 25; ≤ 55		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 70	
			calcium silicate	> 25; ≤ 55		not used		not used	
			concrete ^b	> 25; ≤ 60		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 50	
Volume of any hole (% of the gross volume)	No requirement	≤ 12,5	clay	each of multiple holes ≤ 2 gripholes up to a total of 12,5		each of multiple holes ≤ 2 gripholes up to a total of 12,5		each of multiple holes ≤ 30	
			calcium silicate	each of multiple holes ≤ 15 gripholes up to a total of 30		not used		not used	
			concrete ^b	each of multiple holes ≤ 30 gripholes up to a total of 30		each of multiple holes ≤ 30 gripholes up to a total of 30		each of multiple holes ≤ 25	
Declared values of thickness of webs and shells (mm)	Not relevant	Not relevant	clay	web	shell	web	shell	web	shell
			calcium silicate	≥ 5	≥ 10	not used		not used	
			concrete ^b	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Declared value of combined thickness of webs and shells (% of the overall width)	No requirement	No requirement	clay	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
			calcium silicate	≥ 20		not used		not used	
			concrete ^b	≥ 18		≥ 15		≥ 45	



Novità 2022

Aspetti più importanti della revisione per sistemi costruttivi:

MURATURA ORDINARIA

- ✓ metodo semplificato per il **calcolo dell'eccentricità trasversale** (fuori piano) dei carichi verticali;
- ✓ verifiche per carichi prevalentemente verticali: **fattori di riduzione della capacità Φ_m** e *new* **verifica semplificata nel caso di eccentricità sia longitudinale che trasversale**;
- ✓ verifiche per carichi combinati verticali/orizzontali: *new* **verifica per pressoflessione nel piano e fuori piano** on termini di confronto tra **momento agente e momento resistente**, considerando anche gli effetti del second'ordine con **fattori di riduzione della capacità Φ_m e Φ_M** ;
- ✓ verifiche per carichi prevalentemente laterali (orizzontali fuori piano) su **murature non portanti**: **criterio di resistenza a meccanismo ad “arco verticale”** per la verifica fuori piano, applicabile, per es., alle tamponature e tramezze.

MURATURA ARMATA

- ✓ **criteri base, metodi di progettazione e formule di verifica.**

MURATURA confinata

- ✓ dai principi di calcolo ai **criteri** e **verifiche di resistenza.**



Novità 2022

Aspetti più importanti della revisione per sistemi costruttivi:

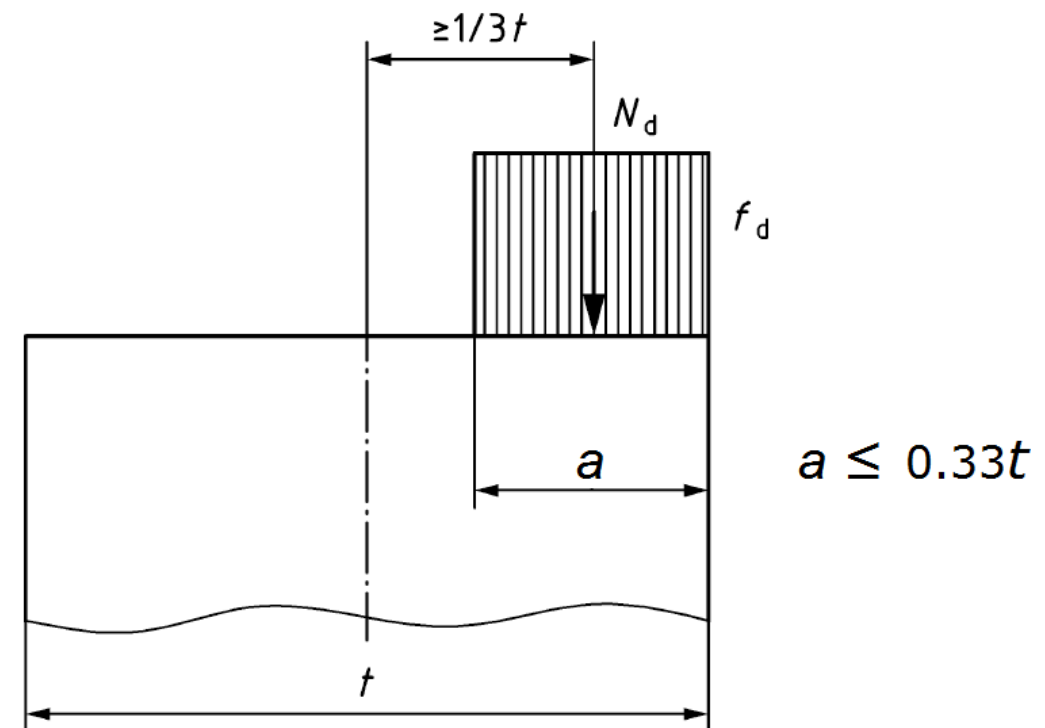
MURATURA ORDINARIA

- ✓ metodo semplificato per il **calcolo dell'eccentricità trasversale** (fuori piano) dei carichi verticali;

Se l'eccentricità $e_i \geq 0.33t$
con t spessore della muratura

⇒ criterio alternativo, quando l'azione assiale $N_{sd} \leq 0.33t f_d$
con f_d resistenza a compressione di calcolo della muratura.

L'eccentricità e_i può essere calcolata in base alla minima larghezza di appoggio a necessaria per resistere al carico verticale applicato, valutata considerando uno “STRESS BLOCK” rettangolare con tensione massima pari alla resistenza a compressione di calcolo della muratura, larghezza comunque non superiore a $0.33t$ dal lembo esterno del muro.





Novità 2022

Aspetti più importanti della revisione per sistemi costruttivi:

MURATURA ORDINARIA

- ✓ verifiche per carichi prevalentemente verticali: **fattori di riduzione della capacità Φ_m** e *new* **verifica semplificata nel caso di eccentricità sia longitudinale che trasversale;**

Verifica semplificata in termini di forza assiale totale N_{Ed} sulla sezione

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Phi l t f_d = \Phi A f_d$$

dove:

l è la lunghezza in pianta

t è lo spessore della sezione

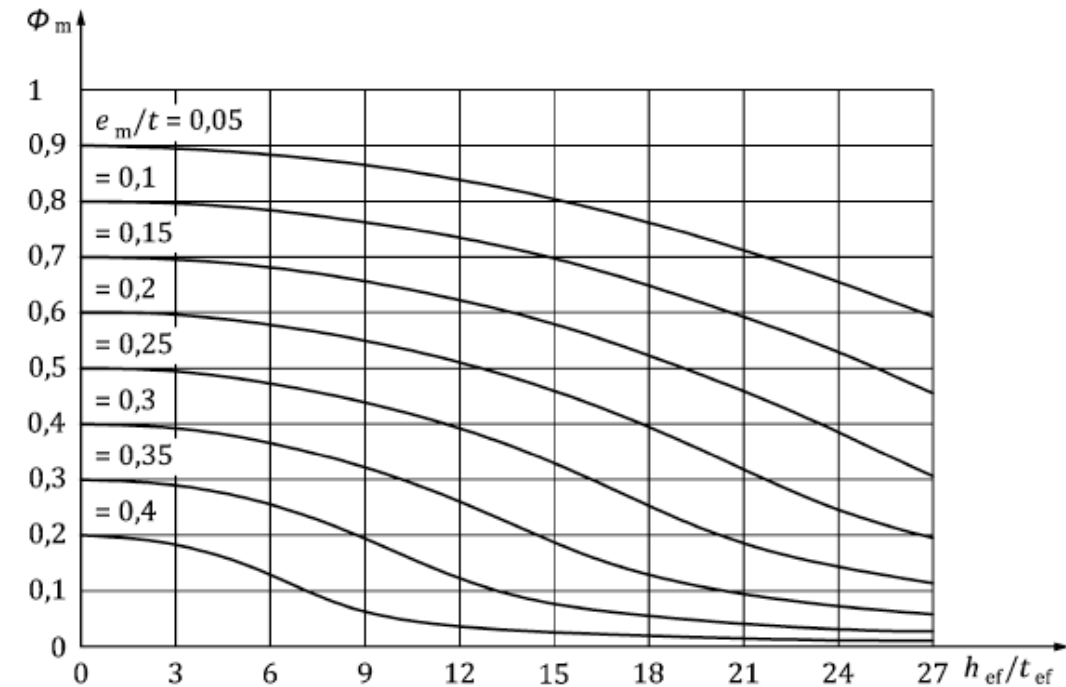
f_d è la resistenza a compressione di calcolo

Φ è il corrispondente fattore di riduzione della capacità,

ottenuto $\Phi = \Phi_l \Phi_t$

con Φ_l longitudinale e Φ_t trasversale

n.b.: simile a quanto previsto dalla Circolare alle NTC 2018



Valori di Φ_m in funzione della snellezza fuori piano (h_{ef}/t_{ef}) per differenti eccentricità e_m/t ($E=1000fk$).



Novità 2022

Aspetti più importanti della revisione per sistemi costruttivi:

MURATURA ORDINARIA

- ✓ verifiche per carichi combinati verticali/orizzontali: *new* **verifica a pressoflessione nel piano e fuori piano** con termini di confronto tra **momento agente e momento resistente**, considerando anche gli effetti del second'ordine con **fattori di riduzione della capacità Φ_m e Φ_M** ;

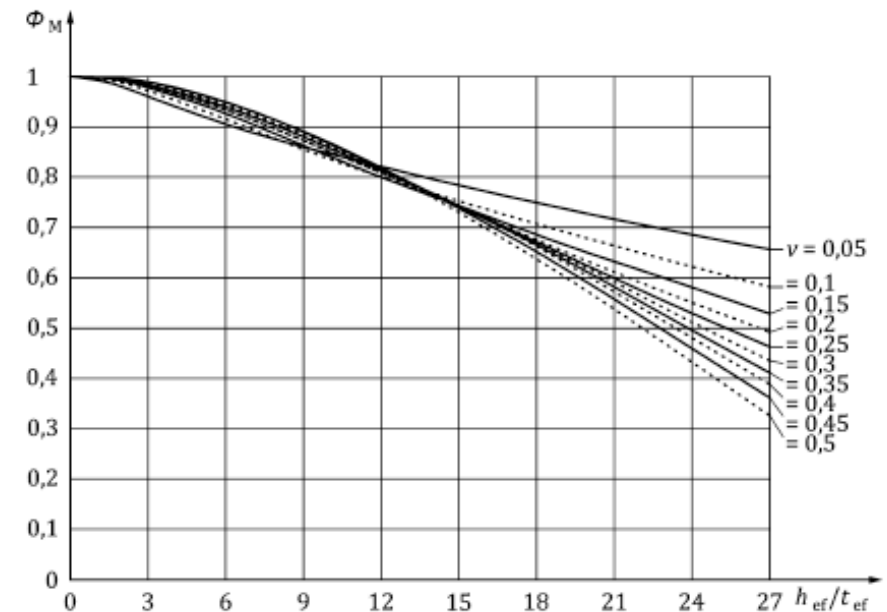
$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = \Phi_M \frac{N_{Ed} t}{2} \left(1 - \frac{N_{Ed}}{t \eta_f f_d} \right) \geq 0$$

in cui:

M_{Ed} e M_{Rd} sono rispettivamente momento agente e momento resistente;

η_f è un coefficiente che dipende dalla legge sforzi-deformazioni della muratura in compressione;

n.b.: nelle NTC 2018 η_f è pari a 0.85 per tutti i tipi di muratura, mentre nella EN1996-1-1 dipende da tipo di blocchi.



Valori di Φ_M in funzione della snellezza fuori piano (h_{ef}/t_{ef}) per differenti carichi assiali normalizzati $v = N_{Ed}/(A_f d)$ per $E = 1000 f_k$

Aspetti più importanti della revisione per sistemi costruttivi:

MURATURA ORDINARIA

- ✓ verifiche per carichi prevalentemente laterali (orizzontali fuori piano) su **murature *non strutturali***: + **criterio di resistenza a meccanismo ad “arco verticale”** per la verifica fuori piano, applicabile, per es., alle tamponature e tramezze.

Resistenza laterale in termini di forza per unità di area:

$$q_{lat,d} = 0,8f_d \left(\frac{r_a t_w}{l_a^2} \right) = 0,8f_d \left(\frac{0,9t_w^2 - d_a t_w}{l_a^2} \right)$$

dove:

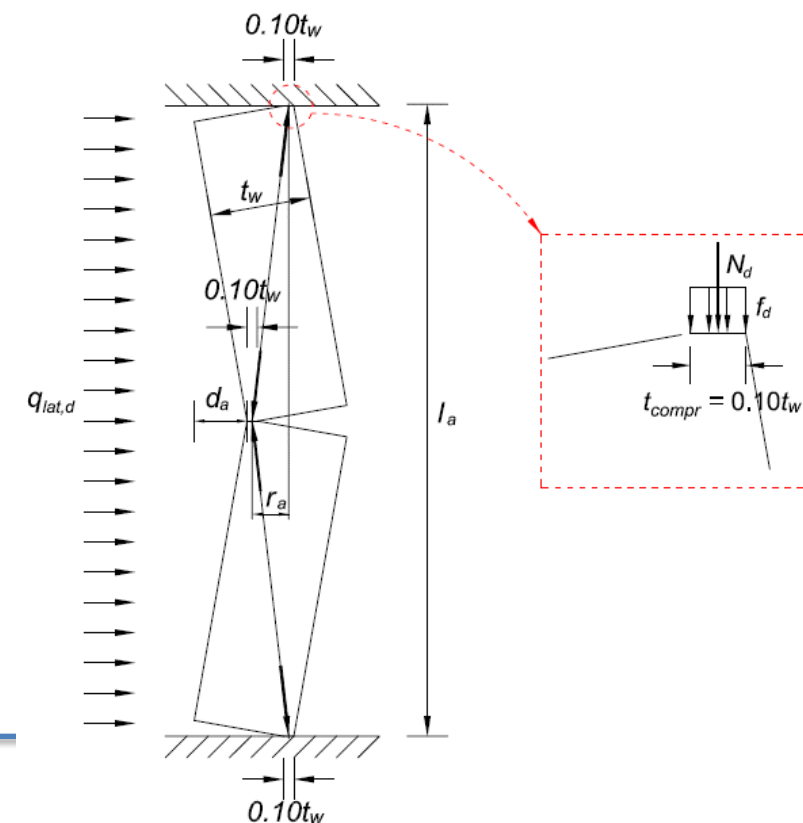
f_d è la resistenza di progetto in compressione nella direzione considerata

t_w è lo spessore del muro

d_a è l'inflessione dell'arco per l'azione fuori piano, che può essere a 0 per snellezze ≤ 20

l_a è la lunghezza o altezza del muro compresa tra gli appoggi

n.b.: q va incrementata di un fattore pari a 1,5 per elementi resistenti del Gruppo 1 (es. murature di mattoni pieni in laterizio).



Aspetti più importanti della revisione per sistemi costruttivi:

MURATURA ARMATA

✓ criteri base, metodi di progettazione e formule di verifica.

⇒ modifiche della **verifica a taglio**, della limitazione della **resistenza a taglio complessiva** (taglio-compressione)

⇒ trattazione degli **effetti del secondo ordine** per *snellezza* > 12 :

- ✓ nuovi valori, più ampi, di *snellezza limite* (= 40)
- ✓ corretto il *metodo di calcolo* più razionale, basato sull'analisi sezionale secondo la legge momento-curvatura

$$M_{Ed} = M_{1Ed} + N_{Ed}e_2$$

Momento agente di calcolo M_{Ed} valutato sulla base del momento del primo ordine M_{1Ed} e di un momento del second'ordine dato da $N_{Ed}e_2$ e l'eccentricità del second'ordine e_2

Prove sperimentali su pareti alte in muratura armata soggette a effetti geometrici del second'ordine (progetto europeo DISWall)



Novità 2022



Aspetti più importanti della revisione per sistemi costruttivi:

MURATURA confinata

✓ dai principi di calcolo ai **criteri** e **verifiche di resistenza**.

⇒ la **verifica ai carichi prevalentemente verticali** si effettua con gli stessi criteri per la MO, considerando, nella lunghezza del muro, anche gli elementi di confinamento (cordoli verticali in c.a.)

⇒ la **resistenza a taglio** della MC:

$$V_{Rd} = f_{vd} t d$$

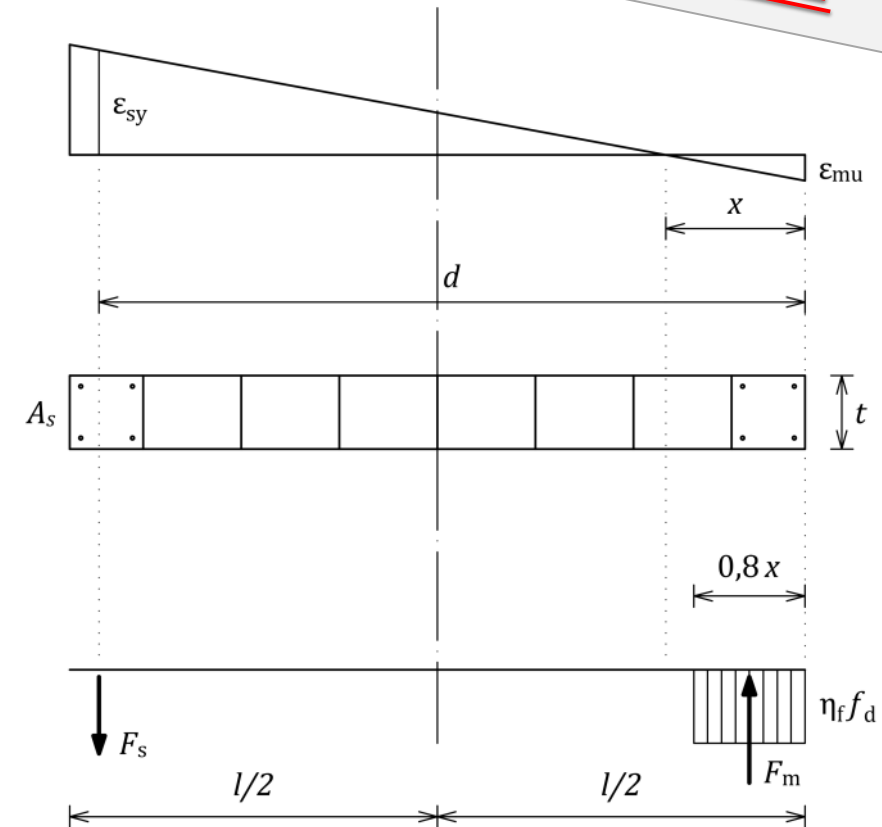
dove f_{vd} è la resistenza a taglio della MO, con lunghezza reagente è pari all'altezza utile d della sezione stessa e t spessore del setto

⇒ per la **verifica a pressoflessione nel piano**, il momento resistente:

$$M_{Rd} = A_s f_{yd} (d - 0,4x) + N_{Ed} \left(\frac{l}{2} - 0,4x \right)$$



Novità 2022



Ipotesi di calcolo per la resistenza allo SLU di un setto in MC



BIBLIOGRAFIA:

- ❖ *Paolo Morandi, Guido Magenes (2017) Le murature strutturali nelle nuove NTC - Costruire in Laterizio n.171, p.60/69*
<http://www.laterizio.it/cil/normative/360-le-murature-strutturali-nelle-nuove-ntc.html>
- ❖ *Alfonsina Di Fusco (2016) La muratura non strutturale nella revisione delle NTC - Costruire in Laterizio n.166, p.52/60*
<https://www.laterizio.it/cil/normativa/251-la-muratura-non-strutturale-nella-revisione-delle-ntc.html>
- ❖ *Alfonsina Di Fusco (2017) Standard per la resistenza a compressione - Laterizi d'Italia n.3, p.27/31*
- ❖ *Alfonsina Di Fusco (2017) Norma di prodotto UNI EN 771-1:2015 - Laterizi d'Italia n.3, p.22/26*
- ❖ *Paolo Morandi, Riccardo R. Milanesi, Guido Magenes (2020) Criteri di progettazione sismica delle tamponature in muratura di laterizio: indicazioni nelle NTC2018 Costruire in Laterizio n.183, p.60/68*
<https://laterizio.it/cil/normativa/571-criteri-di-progettazione-sismica-delle-tamponature-in-muratura-di-laterizio-indicazioni-nelle-ntc2018.html>
- ❖ *Paolo Morandi, Francesca da Porto, Guido Magenes (2024) Il nuovo Eurocodice 6 per la progettazione delle strutture in muratura – INGENIO web*

GRAZIE per l'attenzione!