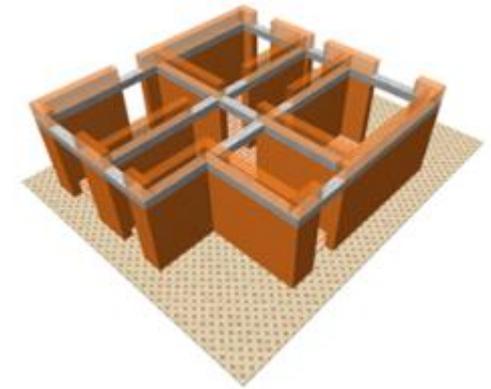
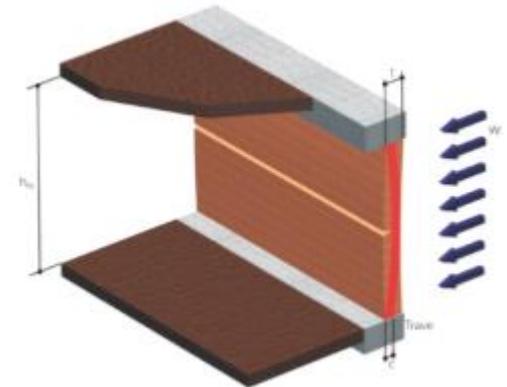


Murature in Laterizio: Comportamento strutturale

1. Muratura Portante in Laterizio



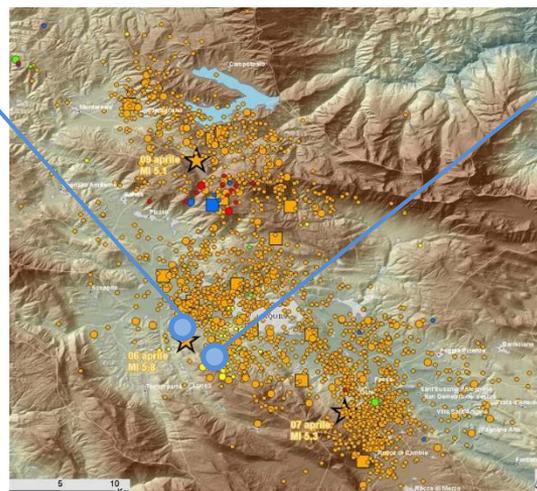
2. Muratura di Tamponamento



RICOGNIZIONI POST-TERREMOTO L'AQUILA 2009



Edificio in muratura portante
 Muratura ordinaria in blocchi
 lisci POROTON® Serie P800
 sp.30cm, copertura in c.a. .
 Non si è rilevato alcun tipo di
 lesione né danneggiamento
 strutturale.



Edificio in muratura portante
 Muratura ordinaria in blocchi
 lisci POROTON® Serie P800
 sp.30cm, copertura in legno.
 Non si è rilevato alcun tipo di
 lesione né danneggiamento
 strutturale

RICOGNIZIONI POST-TERREMOTO EMILIA 2012



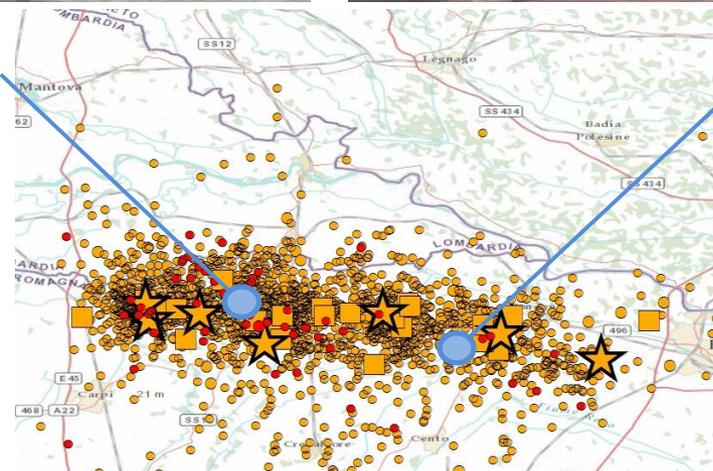
Mirandola (MO)

*Edificio in muratura portante
Muratura POROTON® Serie P800
Non si è rilevato alcun tipo di
lesione né danneggiamento.*



Finale Emilia (MO)

*Edificio in muratura portante
Muratura POROTON® Serie P800
Non si è rilevato alcun tipo di
lesione né danneggiamento.*



RICOGNIZIONI POST-TERREMOTO CENTRO ITALIA 2016

1. Edificio bifamiliare a 2 piani del 2012
Via della Spiga, Norcia (PG) - GPS: 42.77, 13.10
Muratura Ordinaria POROTON® - P800 liscio sp. 41 cm

Stato limite di riferimento	SLV	SLC
a _g -S suolo B	0.296 g	0.357 g
Evento sismico	24/08/16 [M _w 6.0]	30/10/16 [M _w 6.5]
Stima dell'accelerazione di picco al suolo	0.30 g	0.50 g
Distanza epicentrale	13.2 km	7.3 km

DANNO post 24/08/16:
nessun danno rilevato

DANNO post 30/10/16:
nessun danno rilevato



post-terremoto 24/08



post-terremoto 30/10

2. Edificio monofamiliare a 2 piani del 2015
Loc. Grotti, Norcia (PG) - GPS: 42.77, 13.14
Muratura Ordinaria POROTON® - P800 liscio sp. 45 cm

Stato limite di riferimento	SLV	SLC
a _g -S suolo B	0.296 g	0.356 g
Evento sismico	24/08/16 [M _w 6.0]	30/10/16 [M _w 6.5]
Stima dell'accelerazione di picco al suolo	0.36 g	0.58 g
Distanza epicentrale	11.2 km	5.6 km

DANNO post 24/08/16:
rottura del cornicione e leggerissima fessura tra cornicione e portafinestra

DANNO post 30/10/16:
leggero aggravio della fessura di cui alla precedente ricognizione



post-terremoto 24/08



post-terremoto 30/10

3. Edificio monofamiliare a 2 piani del 2011
Loc. Prato, Amatrice (RI) - GPS: 42.63, 13.30
Muratura Ordinaria POROTON® - P800 liscio sp. 30 cm

Stato limite di riferimento	SLV	SLC
a _g -S suolo B	0.298 g	0.358 g
Evento sismico	24/08/16 [M _w 6.0]	30/10/16 [M _w 6.5]
Stima dell'accelerazione di picco al suolo	0.60 g	0.38 g
Distanza epicentrale	9.3 km	26.8 km

DANNO post 24/08/16:
nessun danno rilevato

DANNO post 30/10/16:
nessun danno rilevato



post-terremoto 24/08



post-terremoto 30/10

4. Edificio bifamiliare a 3 piani del 2007
Loc. Collepagnuola, Amatrice (RI) - GPS: 42.63, 13.31
Muratura Ordinaria POROTON® - P800 liscio sp. 30 cm, con rives. est. in pietra sp. 20 cm

Stato limite di riferimento	SLV	SLC
a _g -S suolo B	0.298 g	0.358 g
Evento sismico	24/08/16 [M _w 6.0]	30/10/16 [M _w 6.5]
Stima dell'accelerazione di picco al suolo	0.58 g	0.37 g
Distanza epicentrale	9.9 km	27.3 km

DANNO post 24/08/16:
leggera fessura sul muro portante interno del piano terra, in corrispondenza dell'innesto dei gradini, che hanno creato un piano di fessurazione preferenziale

DANNO post 30/10/16:
leggero aggravio della fessura di cui alla precedente ricognizione



post-terremoto 24/08



post-terremoto 30/10

5. Edificio monofam. a 2 piani del 2000, accostato a preesistente edificio vecchio
Loc. Voceto, Amatrice (RI) - GPS: 42.63, 13.32
Muratura Ordinaria POROTON® - P800 liscio sp. 30 cm

Stato limite di riferimento	SLV	SLC
a _g -S suolo B	0.298 g	0.358 g
Evento sismico	24/08/16 [M _w 6.0]	30/10/16 [M _w 6.5]
Stima dell'accelerazione di picco al suolo	0.55 g	0.36 g
Distanza epicentrale	10.7 km	27.9 km

DANNO post 24/08/16:
nessun danno rilevato (l'edificio accostato è risultato fortemente danneggiato)

DANNO post 30/10/16:
nessun danno rilevato (l'edificio accostato è crollato)



post-terremoto 24/08



post-terremoto 30/10

6. Edificio monof. a 2 piani del 2002/2003, accostato a preesistente edificio recente
Loc. Voceto, Amatrice (RI) - GPS: 42.63, 13.32
Muratura Ordinaria POROTON® - P800 liscio sp. 30 cm

Stato limite di riferimento	SLV	SLC
a _g -S suolo B	0.298 g	0.358 g
Evento sismico	24/08/16 [M _w 6.0]	30/10/16 [M _w 6.5]
Stima dell'accelerazione di picco al suolo	0.55 g	0.36 g
Distanza epicentrale	10.7 km	27.9 km

DANNO post 24/08/16:
nessun danno rilevato

DANNO post 30/10/16:
nessun danno rilevato



post-terremoto 24/08



post-terremoto 30/10

7. Edificio bifamiliare di 3 piani del 2008
Loc. Collocetra, Amatrice (RI) - GPS: 42.63, 13.32
Muratura Ordinaria POROTON® - P800 liscio sp. 45 cm per il piano seminterrato
Muratura Ordinaria POROTON® - P800 liscio sp. 30 cm per i rimanenti due piani

Stato limite di riferimento	SLV	SLC
a _g -S suolo B	0.298 g	0.358 g
Evento sismico	24/08/16 [M _w 6.0]	30/10/16 [M _w 6.5]
Stima dell'accelerazione di picco al suolo	0.53 g	0.35 g
Distanza epicentrale	10.8 km	28.3 km

DANNO post 24/08/16:
nessun danno rilevato

DANNO post 30/10/16:
nessun danno rilevato



post-terremoto 24/08



post-terremoto 30/10

8. Edificio monofamiliare a 2 piani del 2008
Loc. Collocetra, Amatrice (RI) - GPS: 42.63, 13.32
Muratura Ordinaria POROTON® - P800 liscio sp. 30 cm

Stato limite di riferimento	SLV	SLC
a _g -S suolo B	0.298 g	0.358 g
Evento sismico	24/08/16 [M _w 6.0]	30/10/16 [M _w 6.5]
Stima dell'accelerazione di picco al suolo	0.53 g	0.35 g
Distanza epicentrale	10.8 km	28.3 km

DANNO post 24/08/16:
nessun danno rilevato

DANNO post 30/10/16:
nessun danno rilevato



post-terremoto 24/08



post-terremoto 30/10

9. Edificio monofamiliare a 2 piani del 2014
Loc. Collocetra, Amatrice (RI) - GPS: 42.63, 13.32
Muratura Armata POROTON® - P800 MA liscio sp. 30 cm

Stato limite di riferimento	SLV	SLC
a _g -S suolo B	0.298 g	0.358 g
Evento sismico	24/08/16 [M _w 6.0]	30/10/16 [M _w 6.5]
Stima dell'accelerazione di picco al suolo	0.53 g	0.35 g
Distanza epicentrale	10.8 km	28.3 km

DANNO post 24/08/16:
nessun danno rilevato

DANNO post 30/10/16:
nessun danno rilevato



post-terremoto 24/08



post-terremoto 30/10

Friuli (M6.4) 1976, 922 vittime



Irpinia (M6.9) 1980, 2800 vittime



- _ Muratura di scarsa qualità, generalmente in pietrame, cattiva coesione;
- _ Solai in legno di scarsa qualità, generalmente mal collegati con le pareti e disarticolati nel proprio piano;
- _ Mancanza di collegamenti efficaci tra i vari elementi strutturali;
- _ Mancanza di concezione strutturale antisismica.



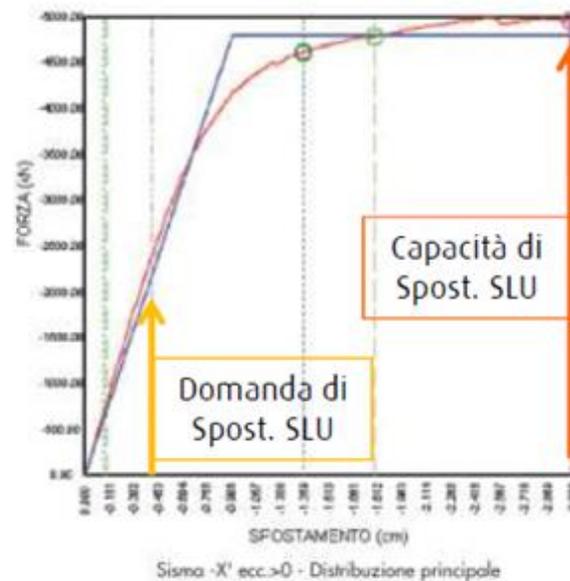
Come si ottengono queste prestazioni strutturali?

PROGETTO

Scelta della muratura

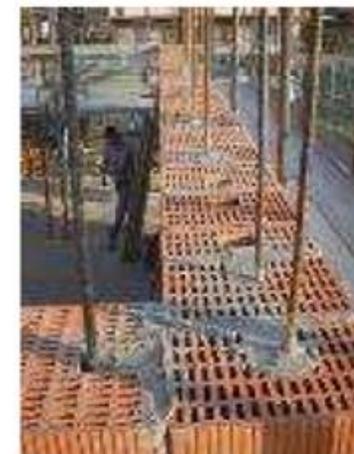


PROGETTO



CANTIERE

Regola d'arte



NORMATIVA NAZIONALE

- **DM 17/01/2018: “Norme tecniche per le costruzioni” (dette NTC 2018)**
- relativa Circolare M.Infr.Trasp. n° 7 del 21/01/2019

Entrando in vigore sono decadute:

- **DM 14/01/2008: “Norme tecniche per le costruzioni” (dette NTC 2008)**
- relativa Circolare M.Infr.Trasp. n° 617 del 02/02/2009
- **D.M.LL.PP. 20/11/87: “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”**
- relativa Circolare M.LL.PP. n° 30787 del 4/1/89
- **D.M.LL.PP. 16/1/96: “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”**
- relativa Circolare M.LL.PP. n° 65/AA.GG del 10/4/97
- **Ordinanza del P.C.M. 03/05/05, n. 3431: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”**
- in particolare Allegato 2: “Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici”

NORMATIVA EUROPEA

- **UNI EN 1996-1-1 (2006) EUROCODICE 6: “Progettazione delle strutture di muratura Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata”**
- **UNI EN 1998-1 (2005) EUROCODICE 8: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”**

NTC 2018, capitoli pertinenti le Costruzioni in Muratura:

CAPITOLO 4 > §4.5 Costruzioni di Muratura

- Requisiti dei materiali per muratura ordinaria ed armata
- Organizzazione strutturale
- Metodi di Analisi e Verifiche per azioni non sismiche
- Edificio semplice per azioni non sismiche

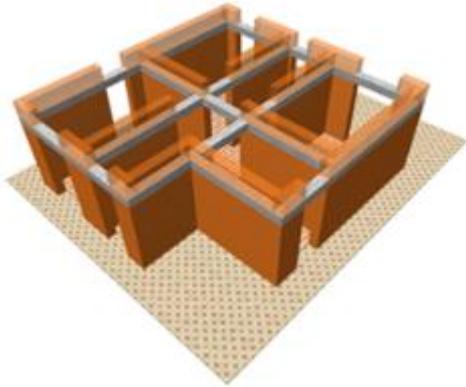
CAPITOLO 7 > §7.8 Costruzioni di Muratura

- Requisiti aggiuntivi per i materiali e per le costruzioni in muratura ord. e arm.
- Strutture miste con pareti in muratura ordinaria o armata
- Metodi di Analisi e Verifiche per azioni sismiche

CAPITOLO 11 > §11.10 Muratura Portante

- Elementi e Malte per muratura
- Determinazione dei Parametri meccanici della muratura

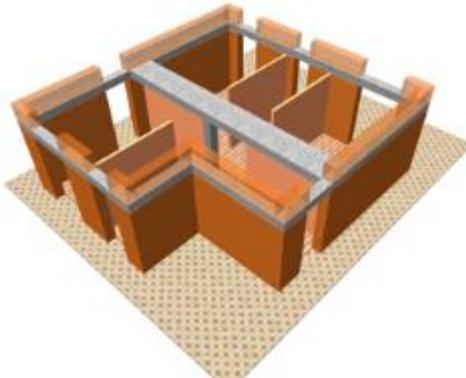
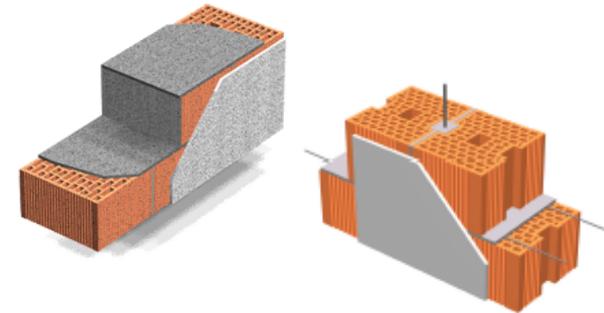
I **Tamponamenti** rientrano nella categoria di **Elementi non Strutturali**, si applicano dunque:
§7.2.3 I criteri di progettazione per gli elementi strutturali "secondari" ed elementi non strutturali



- **Struttura in Muratura Portante**

- **Tipologie di muratura portante:**

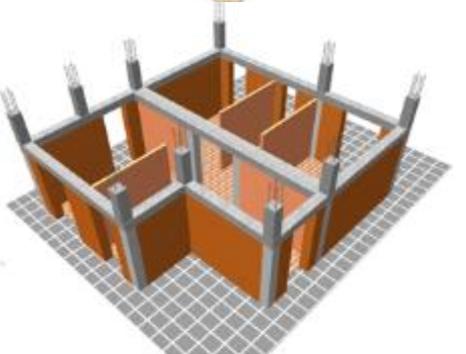
- muratura portante ordinaria
 - muratura portante armata



- **Struttura Mista con pareti in m. portante ord. o arm.**

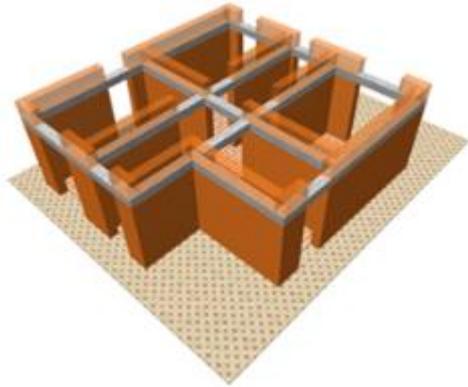
“...è consentito utilizzare strutture di diversa tecnologia per sopportare i carichi verticali, purché la resistenza all’azione sismica sia integralmente affidata agli elementi di identica tecnologia.”

“...In casi in cui si ritenesse necessario considerare la collaborazione delle pareti in muratura e dei sistemi di diversa tecnologia nella resistenza al sisma, quest’ultima deve essere verificata utilizzando i metodi di analisi non lineare.” (§7.8.5 NTC)

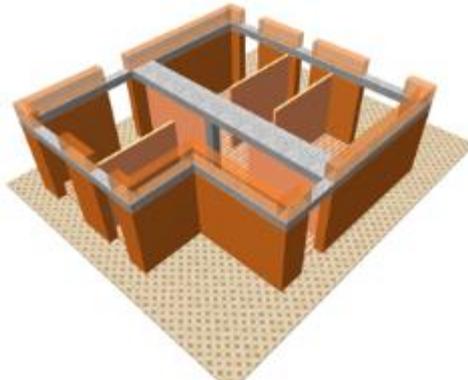


- **Struttura Portante a Telaio in cemento armato**

In questo caso la Muratura non riveste ruoli strutturali ne per i carichi verticali ne per quelli orizzontali, funge da **Tamponamento** del telaio.



- Struttura in Muratura Portante

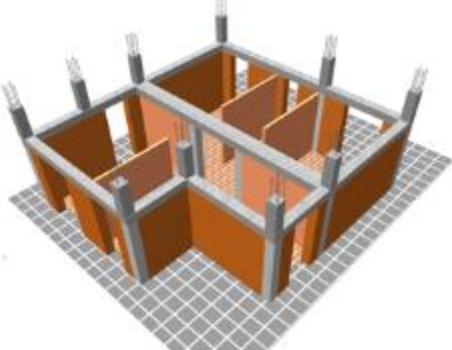


- Struttura Mista con pareti in muratura portante ord. o arm.



Principali VANTAGGI:

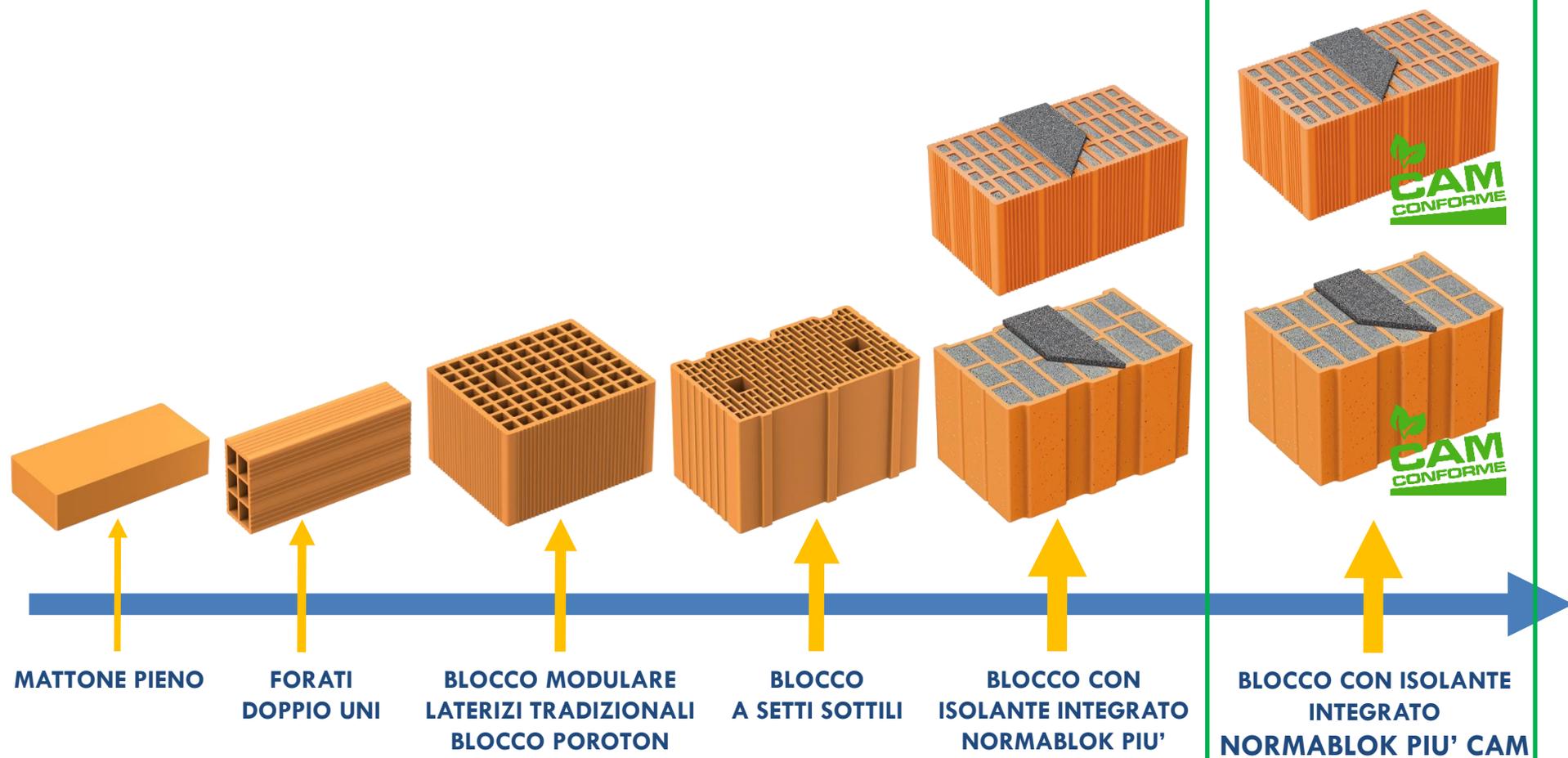
- Eliminazione dei ponti termici dovuti ai pilastri
- Economicamente vantaggioso
- Non richiede mano d'opera specializzata



- Struttura Portante a Telaio in cemento armato con muratura di tamponamento

NORMABLOK PIU'

L'evoluzione del laterizio



NORMABLOK PIU' La produzione



NORMABLOK PIU' Una gamma completa per ogni esigenza costruttiva



Normablok Più High Performance

Blocchi isolanti in laterizio con polistirene additivato con grafite per tamponature monostrato performanti e sicure sismicamente.



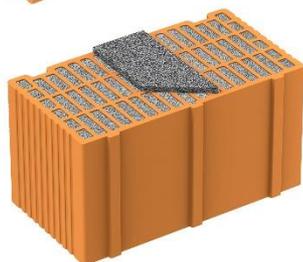
Normablok Più Muratura Armata

Blocchi isolanti in laterizio con polistirene additivato con grafite per murature armate portanti in tutte le zone sismiche.



Normablok Più Ponti Termici

Blocchi isolanti in laterizio con polistirene additivato di grafite per la correzione dei ponti termici di pilastri e travi



Normablok Più All Round

Blocchi isolanti in laterizio con polistirene additivato di grafite disponibili con e senza incastro per murature portanti e di tamponamento.

Le NTC 2018 al § 4.5.2.2 (come il D.M.'87) classificano gli elementi in laterizio in **tre categorie**, sulla base della percentuale di foratura (φ) e dell'area media della sezione normale di ogni singolo foro (f):

Elementi	Perc. Foratura	Area max singolo foro	Spessore min (da § 4.5.4)
Pieni	$\varphi \leq 15\%$	$f \leq 9 \text{ cm}^2$	150 mm
Semipieni	$15\% < \varphi \leq 45\%$	$f \leq 12 \text{ cm}^2$	200 mm
Forati	$45\% < \varphi \leq 55\%$	$f \leq 15 \text{ cm}^2$	240 mm

$A > 300 \text{ cm}^2$, foro di presa di maggiori dimensioni $\leq 35 \text{ cm}^2$

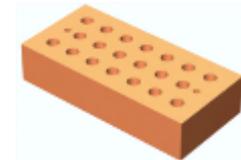
$A > 580 \text{ cm}^2$, 2 fori di presa con area di ogni foro $\leq 35 \text{ cm}^2$

oppure 1 foro di presa con area $\leq 70 \text{ cm}^2$

Non sono soggetti a tale limitazione i fori che verranno riempiti di cls o malta.

- spessore minimo dei setti interni 7 mm
- spessore minimo dei setti esterni 10 mm

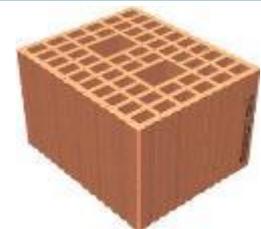
Mattone



POROTON® P800



POROTON® P700



§ 11.10.2 – NTC 2018:

"Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione f_m ".

"Per l'impiego in **muratura portante** non è ammesso l'impiego di malte con resistenza $f_m < 2,5 \text{ N/mm}^2$ ".



> **Tab. 11.10.II - 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/mm² dichiarata dal fabbricante

> **Tab. 11.10.V - Corrispondenza tra classi di resistenza e composizione in volume delle malte**

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	–

DANESI

MTM10

NUOVA malta termica

Per murature portanti e di tamponamento
in tutte le zone sismiche

Esempio di malta a prestazione garantita



VANTAGGI

RESISTENZA MECCANICA

Malta premiscelata di allestimento di Classe M10 a prestazione garantita, con resistenza a compressione superiore a 10 MPa (100 kg/cm²), adatta anche alla realizzazione di murature portanti in zona sismica.

ISOLAMENTO TERMICO

DANESI MTM10 ha una conducibilità termica certificata di 0,24 W/mK. Il suo impiego permette di eliminare i ponti termici generati dai giunti di malta tradizionale, migliorando del 15% la prestazione termica globale della parete.

Dati riportati sul retro del sacco

CE	Prodotto da: DiaSen srl Zona Ind. Berbentina, 5 60041 Sassoferrato (AN) - ITALY	
	DATI FISICI/TECNICI	
EN 998-2	Aspetto	Polvere grigia
	Granulometria	da 0 a 0,6 mm
	Acqua d'impasto	40%
	Tempo di applicazione	1 ora
	Massa volumica apparente (materiale in polvere)	970 kg/m ³
	Massa volumica del prodotto impastato	ca 1300 kg/m ³
	Massa volumica del prodotto indurito	ca 1050 kg/m ³
	Conducibilità termica (UNI EN 1745)	$\lambda = 0,24 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
	Resistenza media a flessione (UNI EN 1015-2:2007)	$> 4 \text{ N/mm}^2$
	Resistenza alla compressione (UNI EN 1015-2:2007)	$> 10 \text{ N/mm}^2$
Durabilità	NPD	
Reazione al fuoco (EN 13501 - 1:2002)	Euroclasse A1	

RESISTENZA A FLESSIONE

Estratto certificato di prova

ID Provino	Data prova	Data getto	Massa (g)	B (mm)	H (mm)	L (mm)	Resistenza a flessione (N/mm ²)	Resistenza media (N/mm ²)
024210/02/04	07/12/10	08/11/10	341,6	40,30	40,15	159,81	2,20	2,6
024210/02/05	07/12/10	08/11/10	344,0	40,12	40,17	159,72	2,30	
024210/02/06	07/12/10	08/11/10	346,5	40,54	40,21	159,75	3,20	

RESISTENZA A COMPRESIONE

ID Provino	Massa (g)	Resistenza a compressione (N/mm ²)	Resistenza media (N/mm ²)	Risultati scartati
024210/02/04 A	157,9	17,85	19,5	---
024210/02/04 B	183,9	19,50		
024210/02/05 A	153,9	20,15		
024210/02/05 B	190,2	19,60		
024210/02/06 A	173,6	19,65		
024210/02/06 B	172,7	20,25		

Tipologie di Giunto Verticale:

- giunto verticale riempito (con blocchi lisci);
- giunto verticale a secco (con blocchi ad incastro);
- giunto verticale parzialmente riempito (con blocchi con tasca di dimensione almeno pari al 40% dello spessore del blocco);

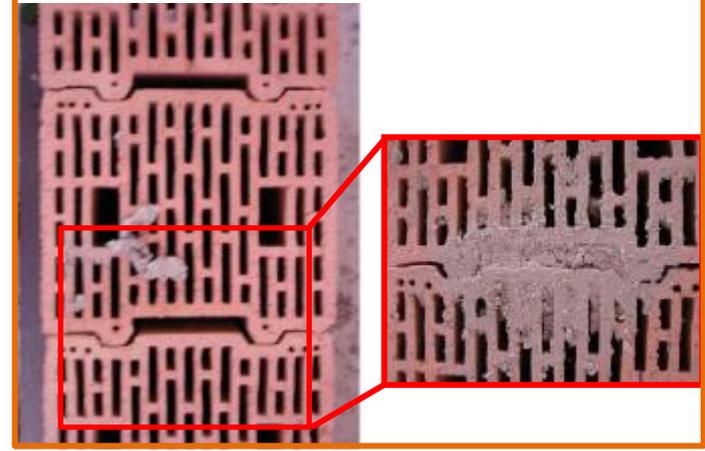
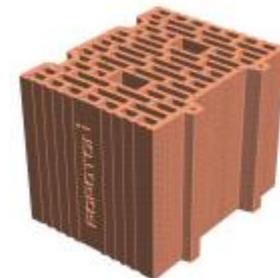
Blocco Liscio



Blocco ad Incastro



Blocco con tasca



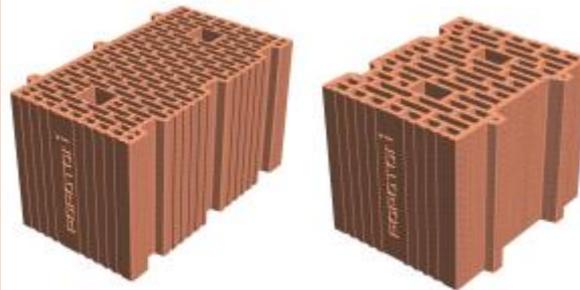
Tipologie di Giunto Orizzontale:

- giunto normale di spessore tra 5 e 15 mm;
- giunto sottile di spessore tra 0,5 e 3 mm (con blocchi rettificati).

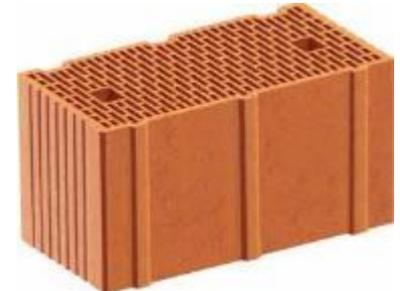
Blocco Liscio



**Blocco ad Incastro
con o senza tasca**



**Blocco ad Incastro Rettificato
con o senza tasca**



4.5. COSTRUZIONI DI MURATURA

4.5.1. DEFINIZIONI

Formano oggetto delle presenti norme le costruzioni con struttura portante verticale realizzata con sistemi di muratura in grado di sopportare azioni verticali ed orizzontali, collegati tra di loro da strutture di impalcato, orizzontali ai piani ed eventualmente inclinate in copertura, e da opere di fondazione.

Tab. 4.5.Ia - *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	$45\% < \varphi \leq 55\%$	$f \leq 15 \text{ cm}^2$

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

elementi in laterizio e di silicato di calcio: 7 mm;
 elementi in calcestruzzo: 18 mm;



Rettificato a SETTI SOTTILI



**Blocchi P800 e P700
a SETTI SOTTILI**



**Blocchi STRANIERI
RIEMPITI DI ISOLANTE**

> **La muratura è definita dalle seguenti caratteristiche meccaniche:**

- resistenza caratteristica a compressione (f_k)
- resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali (f_{vk0})
- modulo di elasticità normale ($E = 1000 f_k$)
- modulo di elasticità tangenziale ($G = 0,4 E$)

Resistenze di progetto analisi non sismiche:

- per verifica a pressoflessione ($f_d = f_k / \gamma_M$)
- per verifica a taglio ($f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$)



> **Coefficiente parziale di sicurezza (γ_M) per analisi non sismiche:**

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	3,0

γ_M per azioni non sismiche (Tab. 4.5.II)

> **La muratura è definita dalle seguenti caratteristiche meccaniche:**

- resistenza caratteristica a compressione (f_k)
- resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali (f_{vk0})
- modulo di elasticità normale ($E = 1000 f_k$)
- modulo di elasticità tangenziale ($G = 0,4 E$)

Resistenze di progetto analisi non sismiche:

- per verifica a pressoflessione ($f_d = f_k / \gamma_M$)
- per verifica a taglio ($f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$)



> **Coefficiente parziale di sicurezza per analisi sismiche** (riduzione 20% γ_M statico, cmq ≥ 2):

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,0
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,0	2,16
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,0	2,4

γ_M per azioni sismiche (§7.8.1.1)

La Classe di esecuzione 1 si attribuisce infatti quando, oltre ai controlli previsti per la Classe 2 (supervisione del lavoro/capocantiere e controllo ispettivo del lavoro/direttore dei lavori), sono previste le seguenti operazioni di controllo:

- controllo e valutazione in loco delle proprietà della malta e del calcestruzzo;
- dosaggio dei componenti della malta "a volume" con opportuni contenitori di misura e controllo delle operazioni di miscelazione, oppure uso di malta premiscelata certificata dal produttore.

CONSIDERAZIONE: le NTC 2018 rendono obbligatoria la Classe di Esecuzione 1. Perciò $\gamma_M=2$ per la progettazione alle azioni sismiche, indipendentemente da categoria blocco e tipo di malta.

Come confermato dalla Circolare n.7 del 21/01/2019.

> **Coefficiente parziale di sicurezza per analisi sismiche** (riduzione 20% γ_M statico, cmq ≥ 2):

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,0
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,0	2,16
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,0	2,4
γ_M per azioni sismiche (§7.8.1.1)		

RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA MURATURA

DETERMINAZIONE TABELLARE

Le NTC (§11.10.3.1.2) riportano una tabella per la stima del valore di resistenza caratteristica a compressione della muratura (f_k) a partire dal valore di resistenza caratteristica a compressione del blocco (f_{bk}) e del tipo di malta utilizzata.

Metodo valido murature realizzate con elementi pieni e semipieni posati con giunti orizzontali e verticali ordinari (continui e spessi 5-15mm).

Tabella 11.10.V - Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm^2)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm^2	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	--

$$f_{bk} = 0,8 f_m$$

Classe di Malta che può essere a Prestazione Garantita o a Composizione Prescritta

RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA MURATURA

DETERMINAZIONE TABELLARE

Metodo valido murature realizzate con elementi pieni e semipieni posati con giunti orizzontali e verticali ordinari (continui e spessi 5-15mm).

Tabella 11.10.V - Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm^2)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm^2	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
$f_{bk} = 12 N/m^2$ → 10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	--

$$\frac{6,7 - 5,3}{15 - 10} = \frac{f_k - 5,3}{12 - 10} \Rightarrow f_k - 5,3 = \frac{6,7 - 5,3}{15 - 10} \cdot (12 - 10) \Rightarrow f_k = 5,86 N/mm^2$$

RESISTENZA A TAGLIO DELLA MURATURA

DETERMINAZIONE TABELLARE

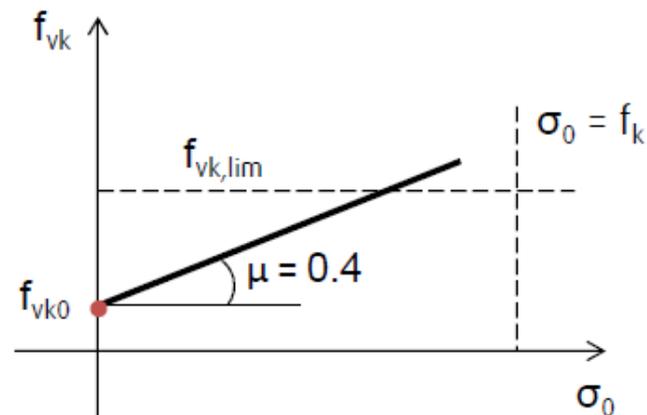
Le NTC (§11.10.3.2.2) riportano una tabella per la stima del valore di resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di compressioni (f_{vk0}) in funzione del tipo di giunto orizzontale, della classe di malta e con limitazioni di impiego in relazione alla resistenza dei blocchi. I valori forniti valgono per blocchi in laterizio pieni, semipieni e forati.

Tab. 11.10.VIII - Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali f_{vk0} (valori in N/mm^2)

Elementi per muratura	f_{vk0} (N/mm^2)		
	Malta ordinaria di classe di resistenza data	Malta per strati sottili (giunto orizzontale $\geq 0,5$ mm e ≤ 3 mm)	Malta alleggerita
Laterizio	M10 - M20	0,30*	0,15
	M2,5 - M9	0,20	
	M1 - M2	0,10	

* valore valido per malte di classe M10 o superiore e resistenza dei blocchi $f_{bk} \geq 5,0$ N/mm^2

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_0 \leq f_{vk,lim}$$



CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Percentuale di foratura [%]: P800 - ($\varphi \leq 45\%$)

Tipologia di blocco: liscio

Resistenza a compressione del blocco:

resistenza caratteristica, f_{bk} [N/mm²]: 8,5

resistenza media, f_{bm} [N/mm²]: 10,63

Resist. a compr. orizzontale del blocco:

resistenza caratteristica, f'_{bk} [N/mm²]: 2,2

resistenza media, f'_{bm} [N/mm²]: 3,14

CARATTERISTICHE DELLA MALTA

Classe della malta: M5

Giunto: NON interrotto



La valutazione delle caratteristiche meccaniche delle murature può essere fatta tramite un applicativo (**APP2**) realizzato da POROTON® ed utilizzabile collegandosi al sito www.poroton.it

APP2 fornisce i parametri meccanici e di deformabilità delle varie tipologie di muratura POROTON® nuove ed esistenti, utili per lo svolgimento delle analisi e verifiche strutturali previste dalle NTC.

(**APP2** si basa sulle NTC e sull'EC6)

PROPRIETÀ MECCANICHE DELLA MURATURA

RESISTENZE CARATTERISTICHE per analisi statiche lineari

Resist. caract. a compressione, f_k [N/mm ²]:	4,34
Resist. caract. a compr. in direzione orizz. (nel piano della parete), f_{hk} [N/mm ²]:	0,81
Resist. caract. a taglio in assenza di carichi verticali, f_{vk0} [N/mm ²]:	0,20
Resist. caract. a taglio, f_{vk} [N/mm ²]:	$f_{vk0} + 0,4 \sigma_n$
Valore max res. caract. a taglio, $f_{vk,lim}$ [N/mm ²]:	0,69

RESISTENZE MEDIE per analisi statiche non-lineari

Resist. media a compressione, f_m [N/mm ²]:	5,43
Resist. media a compr. in dir. orizzontale (nel piano della parete), f_{hm} [N/mm ²]:	1,16
Resist. media a taglio in assenza di carichi verticali, f_{vm0} [N/mm ²]:	0,29
Resist. media a taglio, f_{vm} [N/mm ²]:	$f_{vm0} + 0,4 \sigma_n$
Valore max res. media a taglio, $f_{vm,lim}$ [N/mm ²]:	0,99

Parametri di deformabilità della muratura non fessurata

Modulo elasticità norm. secante, E [N/mm ²]:	4340
Modulo elasticità tang. secante, G [N/mm ²]:	1736
Modulo di Poisson, ν [adim.]:	$E/2G-1=0,25$

Parametri meccanici della muratura per Edifici Esistenti

Resist. media a compressione, f_m [N/mm ²]:	4,00
Resist. media a taglio iniziale, τ_0 [N/mm ²]:	0,30
Resist. media a trazione per fessurazione diagonale, f_t [N/mm ²]:	0,45
Modulo elasticità norm. medio, E [N/mm ²]:	4500

Muratura POROTON® idonea per l'impiego come muratura portante in tutte le zone sismiche (si ricorda che gli spessori minimi consentiti per la muratura portante in blocchi semipieni - P800 - sono 20 cm per la zona 4 e 24 cm per tutte le altre zone). Questa muratura può essere impiegata anche come tamponatura.

I valori delle resistenze della muratura sono distinti tra **caratteristici** e **medi**, in funzione dell'analisi strutturale da condurre. Il passaggio da un valore all'altro avviene tramite il coefficiente 0.7, come da NTC 2008; solo per la resistenza a compressione si adotta un coefficiente 0.8 desunto dai dati sperimentali relativi alle murature POROTON®.

La **resistenza a compressione** viene calcolata secondo le NTC 2008 per il caso di blocchi semipieni ($\varphi \leq 45\%$) e giunti orizzontali e verticali riempiti di malta ordinaria; negli altri casi viene applicato l'EC6.

La **resistenza a compressione in direzione orizzontale** viene calcolata secondo le indicazioni dell'EC6.

La **resistenza a taglio in assenza di carichi verticali** viene calcolata in tutti i casi secondo le indicazioni fornite dall'EC6, e si utilizza anche per la verifica del taglio nelle fasce di piano (cfr. §7.8.2.2.4, NTC 2008).

La **resistenza a taglio** viene calcolata con il criterio attritivo (coefficiente d'attrito $\mu = 0.4$), come proposto dalle NTC 2008 e dall'EC6.

Il valore massimo imposto come **limite alla resistenza a taglio**, viene desunto dall'EC6 in quanto più restrittivo di quello proposto dalle NTC 2008.

Il valore di resistenza a compressione normalizzata del blocco, necessario laddove si utilizza l'EC6, viene assunto, a favore di sicurezza, pari alla resistenza media dello stesso.

I **moduli di elasticità secanti** sono calcolati secondo NTC 2008.

I **parametri meccanici per edifici esistenti** sono ricavati dalla Circolare N.617 del 2/2/2009, assumendo un LC1, essi vengono riportati per le sole casistiche ivi previste. Negli

Cap. 7 (NTC 2018) - PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE

7.0. GENERALITÀ

Il presente capitolo disciplina la progettazione e la costruzione delle nuove opere soggette anche all'azione sismica. Le sue indicazioni sono da considerarsi aggiuntive e non sostitutive di quelle riportate nei Capitoli 4, 5 e 6; si deve inoltre far sempre riferimento a quanto indicato nel Capitolo 2, per la valutazione della sicurezza, e nel Capitolo 3, per la valutazione dell'azione sismica.

Le costruzioni caratterizzate, nei confronti dello SLV , da $a_g S \leq 0,075g$, in cui S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2, e a_g è l'accelerazione orizzontale massima per il suddetto SLV su sito di riferimento rigido, possono essere progettate e verificate come segue:

- si considera la combinazione di azioni definita nel § 2.5.3, applicando, in due direzioni ortogonali, il sistema di forze orizzontali definito dall'espressione [7.3.7] assumendo $F_h = 0,10 W \lambda$ per tutte le tipologie strutturali, essendo λ definito al §7.3.3.2;
- si richiede la sola verifica nei confronti dello SLV ;
- si utilizza in generale una "progettazione per comportamento strutturale non dissipativo", quale definita nel § 7.2.2; qualora si scelga una "progettazione per comportamento strutturale dissipativo", quale definita nel § 7.2.2, si possono impiegare, in classe di duttilità CD"B", valori unitari per i coefficienti γ_{Rd} di cui alla Tab. 7.2.I;
- ad eccezione del caso di edifici fino a due piani, considerati al di sopra della fondazione o della struttura scatolare rigida di cui al § 7.2.1, gli orizzontamenti devono rispettare i requisiti di rigidezza e resistenza di cui al § 7.2.2.



**DEROGA ALLE REGOLE AGGIUNTIVE IMPOSTE PER LA
PROGETTAZIONE SISMICA**

Nelle nuove NTC 2018 i limiti ed i requisiti definiti in funzione delle zone sismiche (per es. per l'applicazione del metodo semplificato per basse sismicità, per le limitazioni all'impiego di giunti di malta sottili e all'uso di giunti verticali a secco, per i requisiti geometrici delle pareti resistenti, per le costruzioni semplici), sono stati sostituiti da limiti in termini di

valori di accelerazione di ancoraggio dello spettro elastico $a_g S$ allo Stato Limite SLV

mentre i riferimenti delle NTC 2008 alla zona sismica 4 sono stati sostituiti da un valore di $a_g S$ pari a $0,075g$.

zona sismica 4 \neq zone con $a_g S \leq 0,075g$ allo SLV

La determinazione di $a_g S$ non è immediata, come lo era la zona sismica 4.

a_g si ricava dalla mappa di pericolosità su suolo rigido (suolo A)
 $S = S_S \cdot S_T$ dove S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica
 S_T coefficiente di amplificazione topografica

Tab. 3.2.IV - Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S
A	<u>1,00</u>
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq \underline{1,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq \underline{1,50}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq \underline{1,80}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq \underline{1,60}$

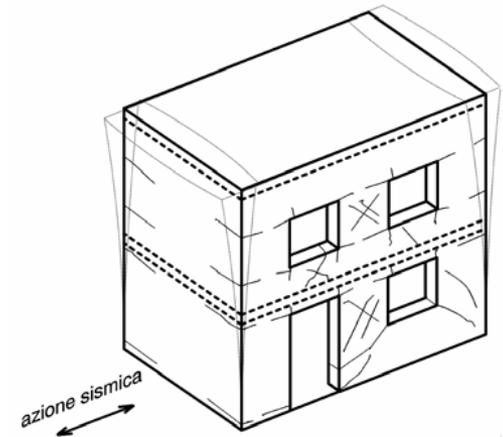
Tab. 3.2.V - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	<u>1,0</u>
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	<u>1,2</u>
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	<u>1,2</u>
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	<u>1,4</u>

Per $a_g S \leq 0,075g$ è possibile quindi seguire le sole regole/requisiti fornite per azioni non sismiche al § 4.5 NTC 2018:

- blocchi con percentuale di foratura $\varphi \leq 55\%$;
- spessore minimo dei muri portanti:
200 mm per murature in blocchi semipieni ($15 < \varphi \leq 45\%$, P800)
240 mm per murature in blocchi forati ($45 < \varphi \leq 55\%$, P700);
- comportamento “scatolare” d’insieme della struttura;
- collegamento tra fondazione e struttura in elevazione in genere realizzato mediante cordolo in c.a., la prima elevazione può essere realizzata con pareti in c.a.
- snellezza della parete: $\lambda = h_0/t \leq 20$;
- le pareti murarie resistenti alle azioni orizzontali devono avere $L \geq 0.3 \cdot H$ ($L \geq 0.3 \cdot 2.7 = 0.8$ m).

tratto da Macchi, Magenes, 2002



$$t = 0.3 \text{ m} \gg h_0 = 20 \cdot 0.3 = 6 \text{ m}$$

h_0 è la lunghezza libera di inflessione: $h_0 = \rho \cdot h$

h : altezza interpiano; ρ fattore che considera l'efficacia dei muri ortogonali

ρ spesso è =1, e si può assumere 1 per rimanere a favore di sicurezza.

Cap. 7 (NTC 2018) - PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE

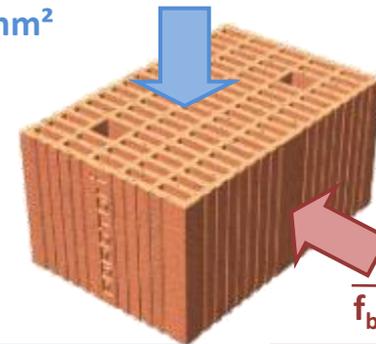
> Requisiti aggiuntivi per i materiali §7.8.1.2

Requisiti aggiuntivi richiesti agli elementi:

- foratura blocchi $\varphi \leq 45\%$ (cioè blocchi pieni o semipieni, P800)
- eventuali setti disposti parallelamente al piano del muro continui e rettilinei; le uniche interruzioni ammesse sono in corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature



$f_{bk} \geq 5 \text{ N/mm}^2$



$\bar{f}_{bk} \geq 1.5 \text{ N/mm}^2$

- Resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante (f_{bk}), calcolata sull'area al lordo delle forature, non sia inferiore a 5 N/mm^2
- Resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante, nel piano di sviluppo della parete (\bar{f}_{bk}), calcolata nello stesso modo, non sia inferiore a $1,5 \text{ N/mm}^2$



> Requisiti aggiuntivi per i materiali §7.8.1.2

Requisiti aggiuntivi richiesti alla malta e ai giunti di malta:

- La malta di allettamento dovrà avere resistenza media non inferiore a **5 N/mm²** (10 N/mm² per muratura armata)
- I giunti verticali devono essere riempiti con malta.

> Requisiti geometrici aggiuntivi §7.8.1.4

Tabella 7.8.II – *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 ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata, in siti ricadenti in zona 3 e 4	240 mm	12	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali semipieni, in siti ricadenti in zona 4	200 mm	20	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali pieni, in siti ricadenti in zona 4	150 mm	20	0,3

$$t = 0.3 \text{ m} \gg h_0 = 12 \cdot 0.3 = 3.6 \text{ m}$$

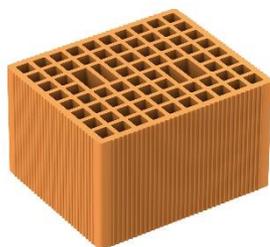
$$t = 0.3 \text{ m} \gg h_0 = 15 \cdot 0.3 = 4.5 \text{ m}$$

Tipo di blocco	Liscio	Incastro con Tasca	Incastro	Rettificato ad Incastro con Tasca	Rettificato ad Incastro	by POROTON Setti nel piano del muro, rettilinei e continui
Tipo di giunto verticale	Normale	Tasca di malta ($\geq 40\%$)	A secco	Tasca di malta ($\geq 40\%$)	A secco	
Tipo di giunto orizzontale	Normale	Normale	Normale	Sottile	Sottile	
$a_{gS} \leq 0,075 \text{ g}$	SI $\leq 55\%$	SI $\leq 55\%$	SI $\leq 55\%$ ≤ 2 piani	SI $\leq 55\%$ ≤ 3 piani	SI $\leq 55\%$ ≤ 2 piani	Requisito non richiesto
$a_{gS} \leq 0,150 \text{ g}$	SI $\leq 45\%$	SI $\leq 45\%$	NO	SI $\leq 45\%$ ≤ 2 piani	NO	Requisito richiesto
$a_{gS} > 0,150 \text{ g}$	SI $\leq 45\%$	SI $\leq 45\%$	NO	NO	NO	Requisito richiesto

Blocchi impiegabili per muratura portante

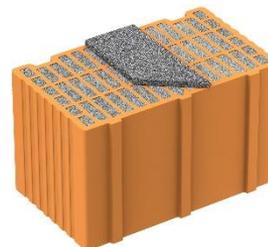
blocchi semipieni $\phi \leq 55\%$, spessore minimo 240 mm

POROTON® P700



sp. 25-30 cm

Normablok Più incastro



sp. 25-31-35-40-45 cm

POROTON® P800



sp. 25-30-40 cm

Normablok® Più S40



sp. 40 cm

Blocchi impiegabili per muratura portante

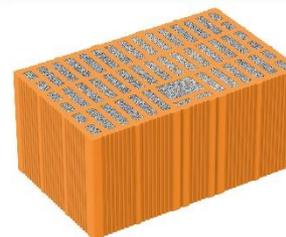
blocchi semipieni $\phi \leq 45\%$, spessore minimo 240 mm

POROTON® P800



sp. 25-30 cm

Normablok Più M.A.



sp. 40 cm

POROTON® P800 M.A.



sp. 25-30-40 cm

Normablok® Più S40

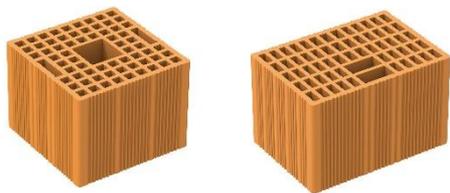


sp. 40 cm

Blocchi impiegabili per muratura armata

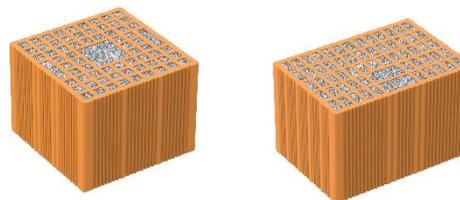
blocchi semipieni $\phi \leq 45\%$, spessore minimo 250 mm

POROTON® P800 M.A.



sp. 25-30 cm

Normablok Più M.A.



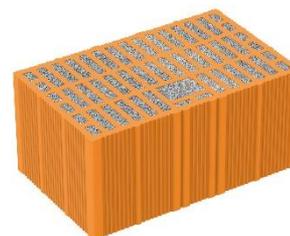
sp. 25-30cm

POROTON® P800 M.A.



sp. 40 cm

Normablok® Più S40 M.A.

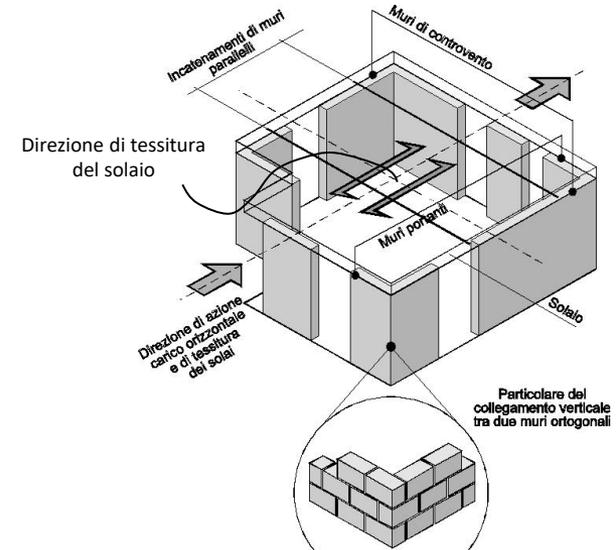


sp. 40 cm

ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE (4.5.4)

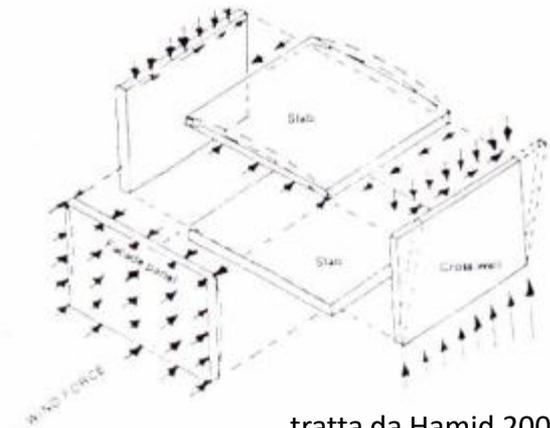
- Struttura tridimensionale "scatolare"
 - a) muri portanti
 - b) muri di controvento
 - c) solai in grado di ripartire i carichi orizzontali

*“Ai fini di un adeguato comportamento statico e dinamico dell’edificio, tutte le pareti devono assolvere, per quanto possibile, sia la **funzione portante che di controventamento.**”*



tratta da Righetti, Bari, 1999

- Collegamenti tra gli elementi
 - a) collegamenti verticali tra muri ortogonali
 - b) collegamenti orizzontali tra muri e solai (cordoli)
 - c) collegamenti tra murature parallele (incatenamenti con corree)
 - d) collegamenti tra fondazione e muratura in elevazione (cordoli)

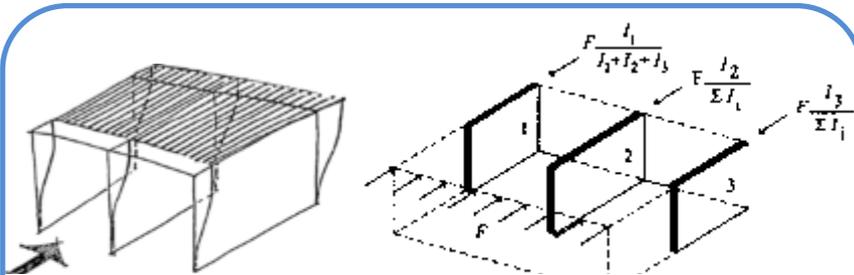


tratta da Hamid 2009

ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE

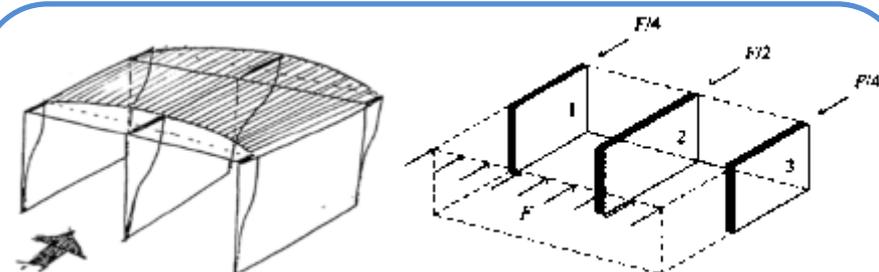
Il ruolo del diaframma orizzontale:

Diaframma RIGIDO:



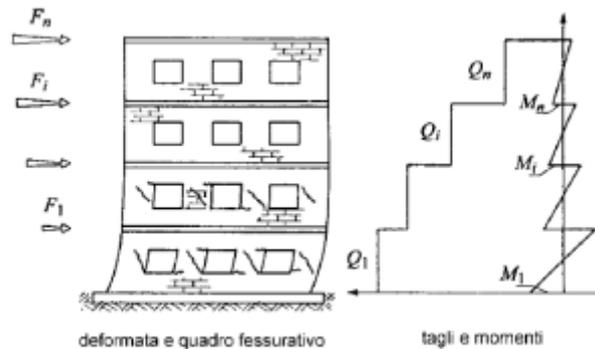
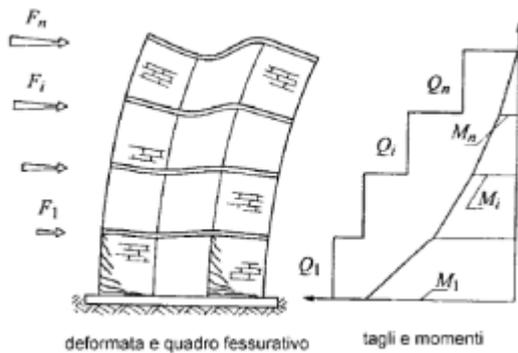
Le azioni orizzontali si ripartiscono in funzione della rigidezza delle pareti.

Diaframma FLESSIBILE:



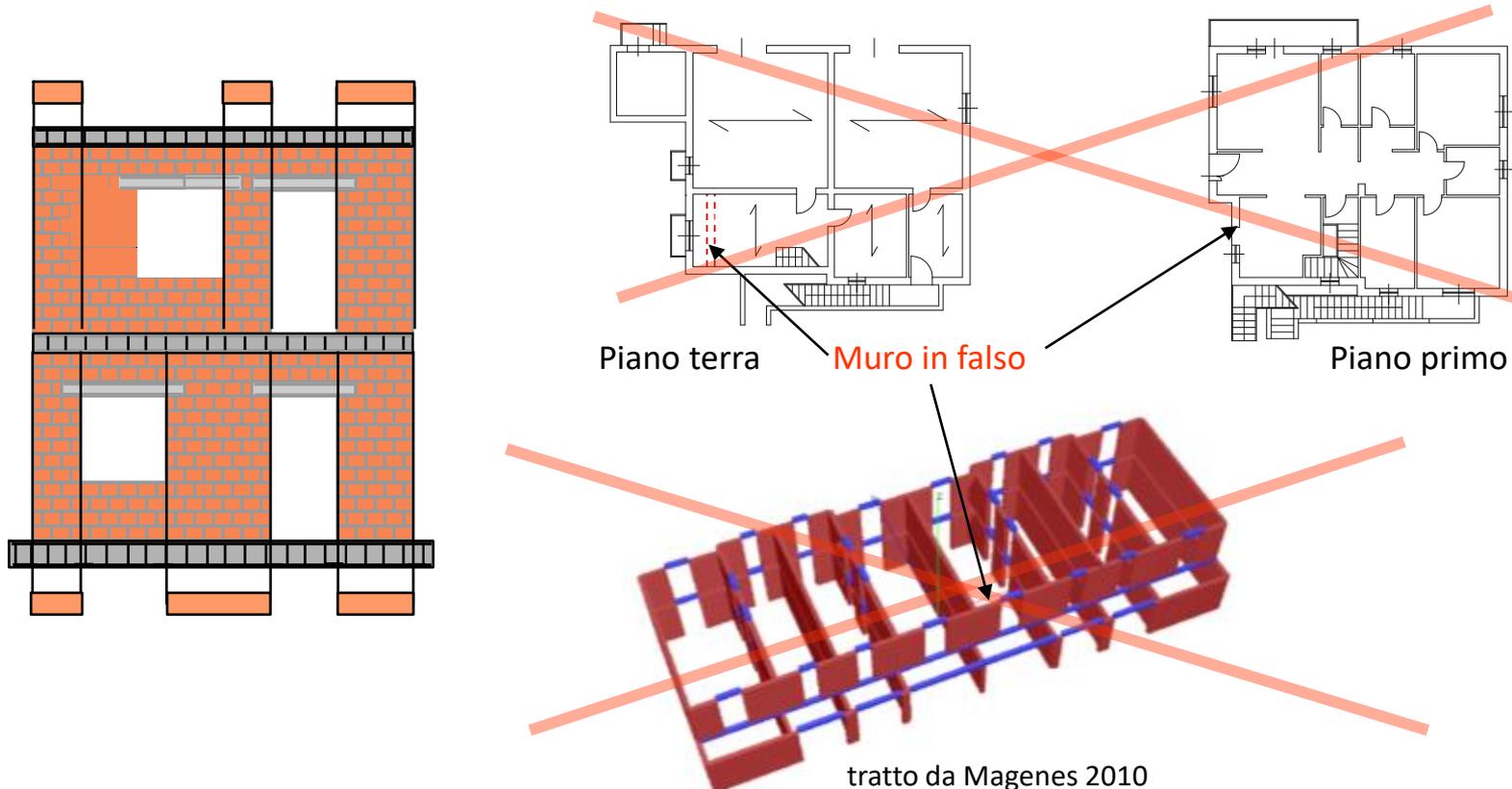
Le azioni orizzontali si ripartiscono secondo le aree di influenza dei carichi verticali.

Accoppiamento dovuto a solai/cordoli e fasce murarie:



Criteri di Progetto e Requisiti Geometrici (7.8.1.4)

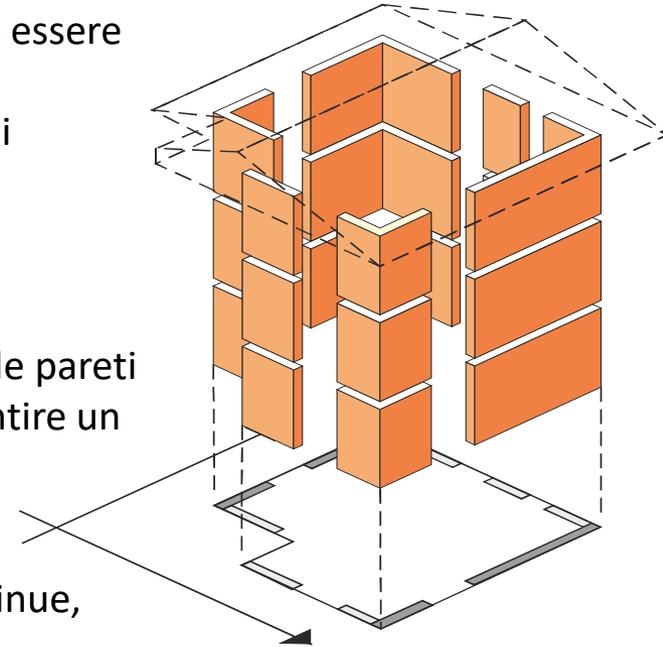
- Le piante delle costruzioni debbono essere quanto più possibile compatte e simmetriche;
- Le pareti strutturali, al lordo delle aperture, dovranno avere continuità in elevazione fino alla fondazione, evitando pareti in falso;



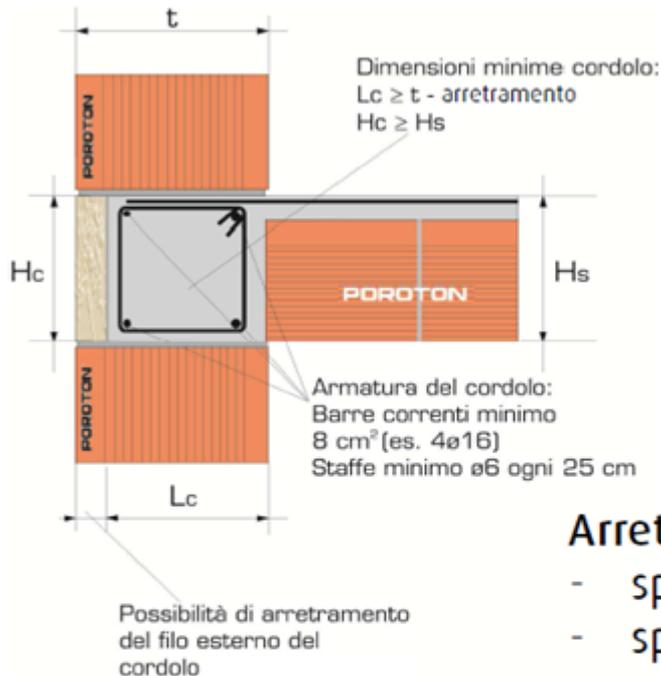
tratto da Magenes 2010

Criteri di Progetto e Requisiti Geometrici (7.8.1.4)

- 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. (Diaframma RIGIDO)
- Le strutture di fondazione devono essere realizzate in c.a., continue, senza interruzioni in corrispondenza di aperture nelle pareti soprastanti.
Qualora sia presente un piano cantinato o seminterrato in pareti di c.a. 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.
- La distanza massima tra due solai successivi non deve essere superiore a 5 m.



Requisiti Geometrici e Regole di Dettaglio PER AZIONI SISMICHE - §7.8.6



- Ad ogni piano deve essere realizzato un **cordolo continuo in c.a.** all'intersezione tra solai e pareti, con dimensioni ed armature ben definite.

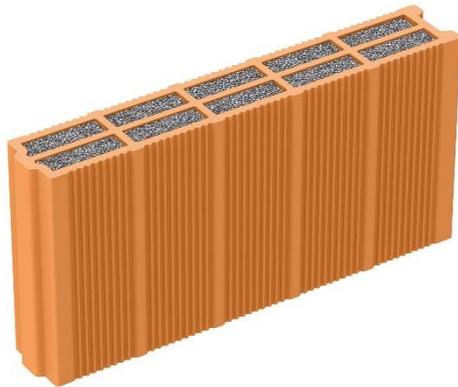
Arretramento dal filo esterno consentito: ●

- sp. ≤ 30 cm, ≤ 6 cm e $\leq 0.25 \cdot t$
- sp. > 30 cm, $\leq 0.20 \cdot t$ (che è maggiore di 6 cm)

Esempi:

Muratura sp. 20 cm:	arretramento max = $0.25 \cdot 20 = 5$ cm	= <u>5</u> cm
Muratura sp. 24 cm:	arretramento max = $0.25 \cdot 24 = 6$ cm	= <u>6</u> cm
Muratura sp. 30 cm:	arretramento max = $0.25 \cdot 30 = 7.5$ cm	= <u>6</u> cm
Muratura sp. 35 cm:	arretramento max = $0.20 \cdot 35 = 7$ cm	= <u>7</u> cm
Muratura sp. 40 cm:	arretramento max = $0.20 \cdot 40 = 8$ cm	= <u>8</u> cm
Muratura sp. 45 cm:	arretramento max = $0.20 \cdot 45 = 9$ cm	= <u>9</u> cm

NORMABLOK PIU' PONTI TERMICI



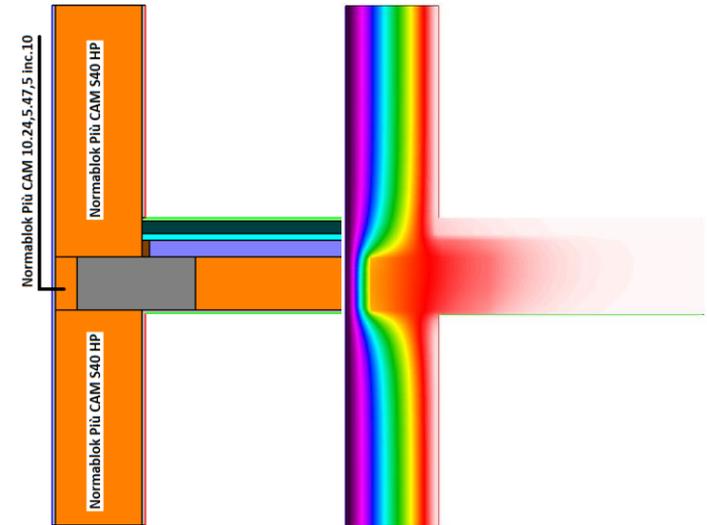
Normablok Più spessore 8 cm

Normablok Più spessore 10 cm

Normablok Più spessore 12 cm

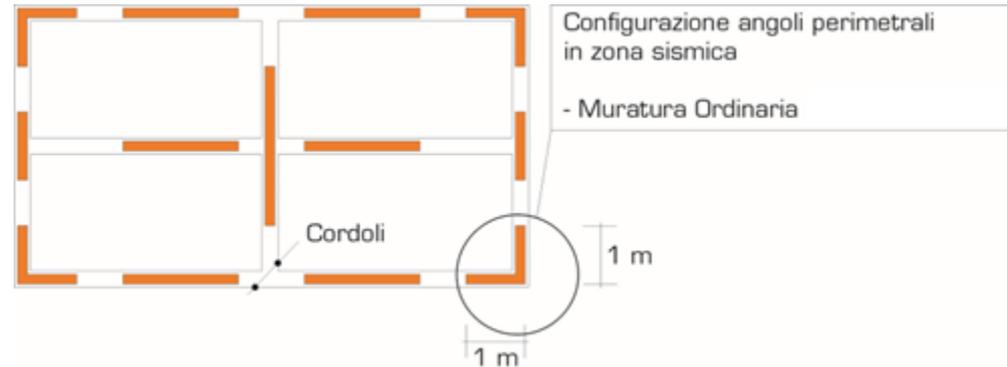
Nel caso di nuove costruzioni, i blocchi della linea Normablok Più Ponti Termici sono la soluzione ottimale per **la correzione dei ponti termici strutturali dovuti a travi, cordoli, pilastri e setti in calcestruzzo armato.**

Oltre a garantire un corretto isolamento termico degli elementi strutturali, i blocchi Normablok Più CAM Ponti Termici consentono di realizzare una continuità di materiale (il laterizio) sulla facciata, a vantaggio delle successive fasi di intonacatura.



> Regole di Dettaglio per la progettazione sismica §7.8.6

*“In corrispondenza di incroci d’angolo tra due pareti perimetrali sono prescritte, su entrambe le pareti, zone di parete muraria di lunghezza **non inferiore a 1 m**, compreso lo spessore del muro trasversale.”*



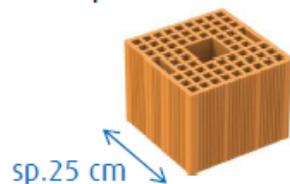
> Altezza massima dei nuovi edifici - §7.2.2

La sola limitazione per le costruzioni in muratura, riguarda la **muratura non armata**, ricadente in **zona 1**, per la quale è fissata un’**altezza massima pari a 2 piani** dal piano di campagna.

Per le altre zone non esiste un limite di altezza, fintantoché la verifica è soddisfatta.

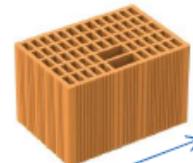
> Coefficiente parziale di sicurezza per progetto sismico è $\gamma_M=2$, §7.8.1.1

Blocco ad «H»
per MA POROTON®

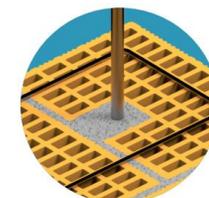
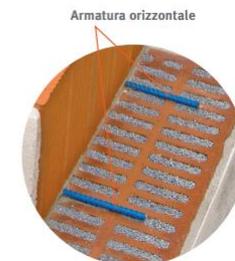
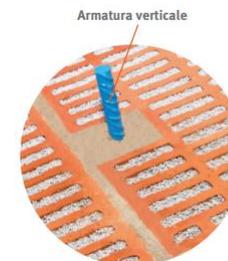


sp. 25 cm

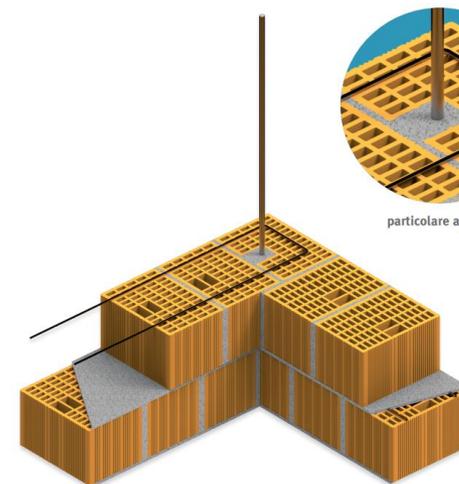
Blocco «Brite»
per MA POROTON®



sp. 30-40 cm



particolare angolo



Armature Orizzontali



ferri "diritti" giuntati alle estremità



di tipo tralicciato



ferri "diritti" con forchetta alle estremità

Blocchi per muratura armata:

- semipieni ($\varphi \leq 45\%$)

Malta:

- classe malta $\geq M10$
- classe conglomerato cementizio $\geq C12/15$
(nel caso si adotti per riempimento dei vani verticali)

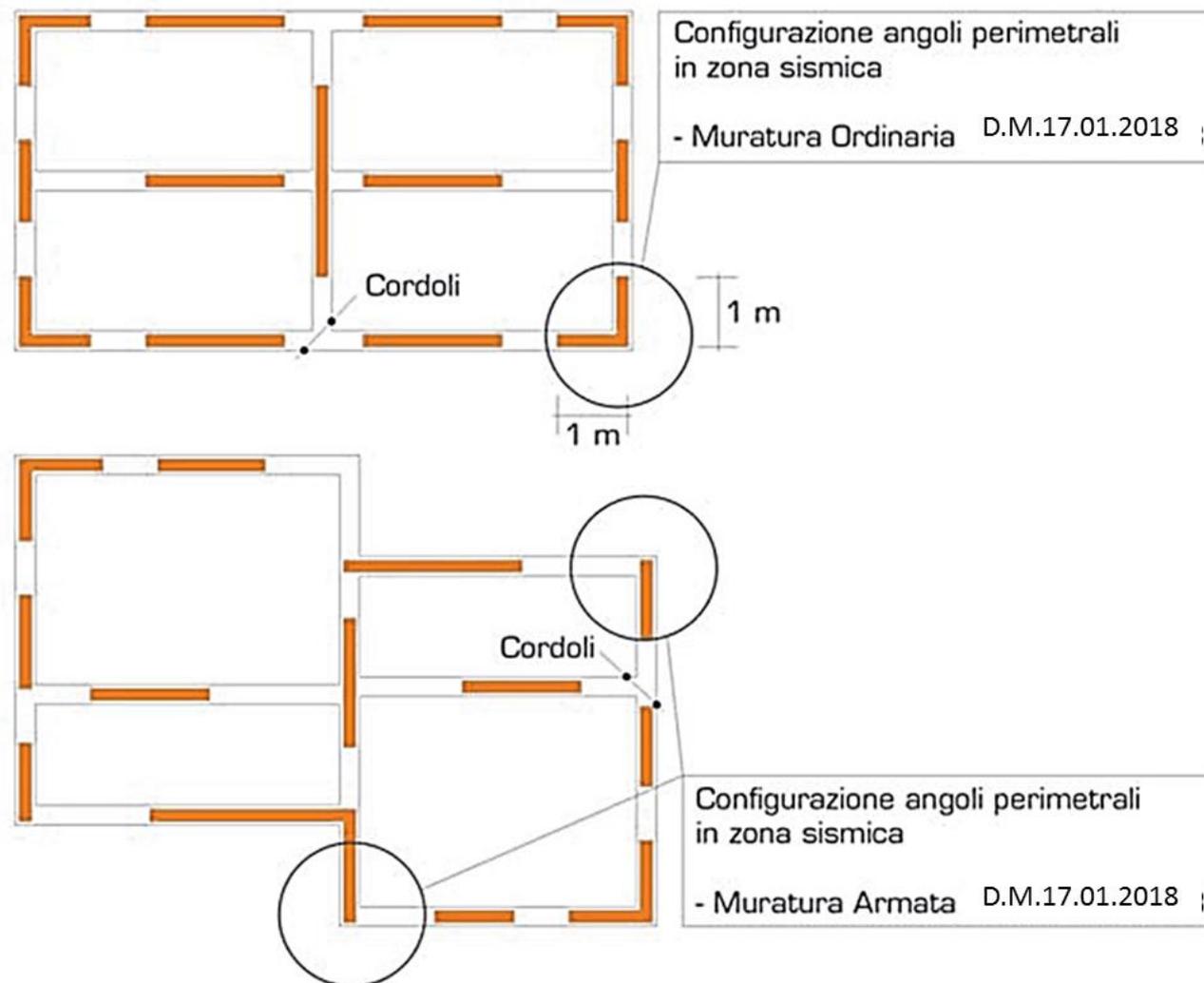
Alloggiamento Armatura:

- arm. orizzontale nei giunti di malta
- arm. verticale in apposite cavità di dimensioni tali che sia inscrivibile un cilindro di almeno 6cm di diametro

Armature ($\gamma_s = 1,15$):

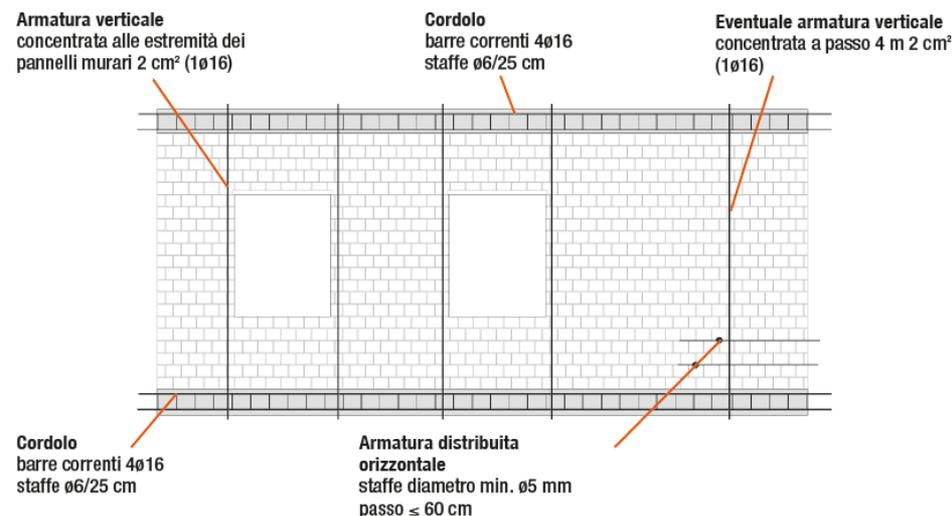
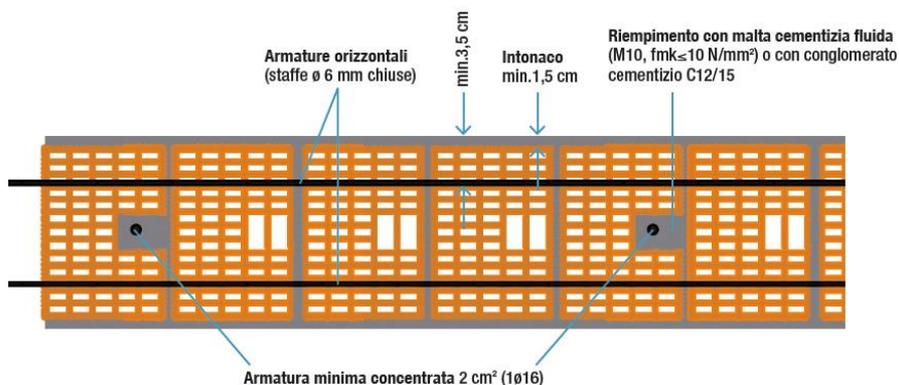
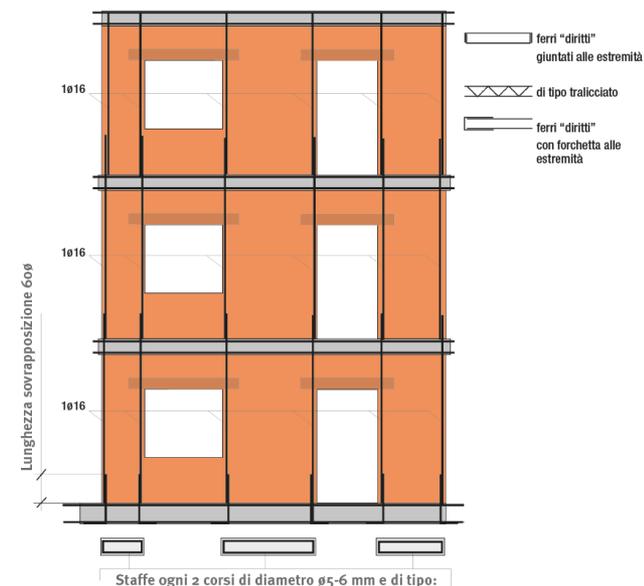
- barre ad aderenza migliorata
- acciaio tipo B450A e B450C
(per le armature orizzontali è ammesso anche l'impiego di armature a traliccio elettrosaldato)

Confronto Muratura Armata – Muratura Ordinaria



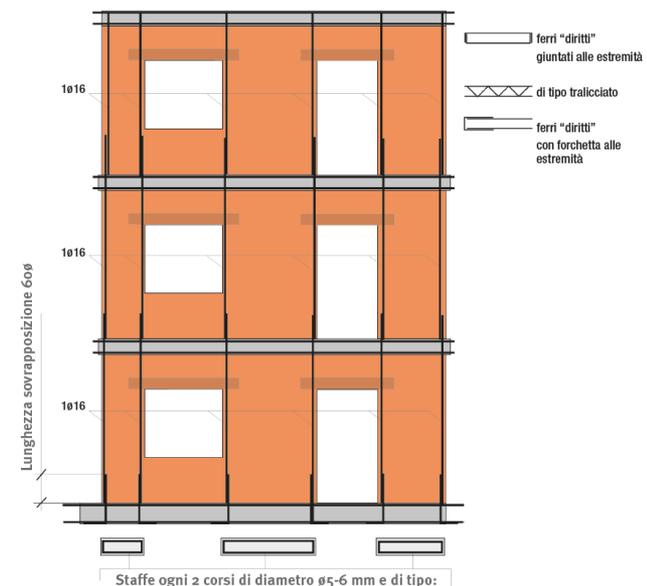
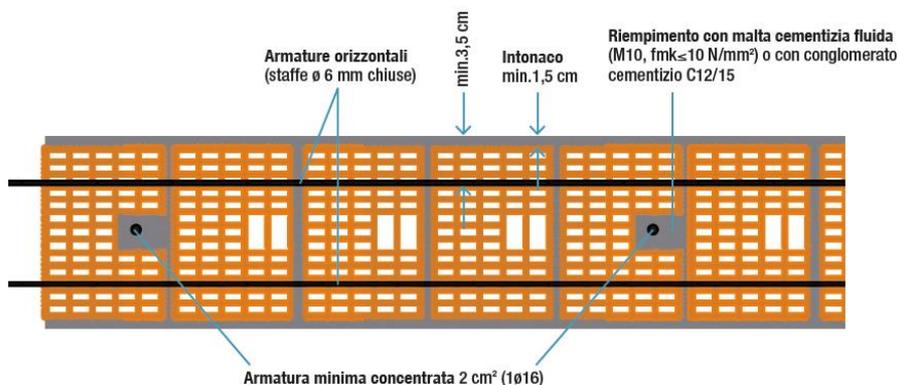
Armature verticali:

- 2 cm^2 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%.
- 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.
- Per quanto riguarda le armature verticali conviene non utilizzare diametri eccessivamente elevati (si consiglia al massimo $\varnothing 20 \text{ mm}$.) 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).



Armature orizzontali:

- Le barre di armatura devono avere un diametro minimo di 5 mm. Nelle pareti che incorporano armatura nei letti di malta al fine di fornire un aumento della resistenza ai carichi fuori piano, per contribuire al controllo della fessurazione o per fornire duttilità, l'area totale dell'armatura non deve essere minore dello 0,03% dell'area lorda della sezione trasversale della parete (cioè 0,015% per ogni faccia nel caso della resistenza fuori piano).
- Qualora l'armatura sia utilizzata negli elementi di muratura armata per aumentare la resistenza nel piano, o quando sia richiesta armatura a taglio, la percentuale di armatura orizzontale, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, non potrà essere inferiore allo 0,04% né superiore allo 0,5%, e non potrà avere interasse superiore a 60 cm.
- 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.



Armatura verticale concentrata alle estremità dei pannelli murari 2 cm² (1 \varnothing 16)

Cordolo barre correnti 4 \varnothing 16 staffe \varnothing 6/25 cm

Eventuale armatura verticale concentrata a passo 4 m 2 cm² (1 \varnothing 16)

Cordolo barre correnti 4 \varnothing 16 staffe \varnothing 6/25 cm

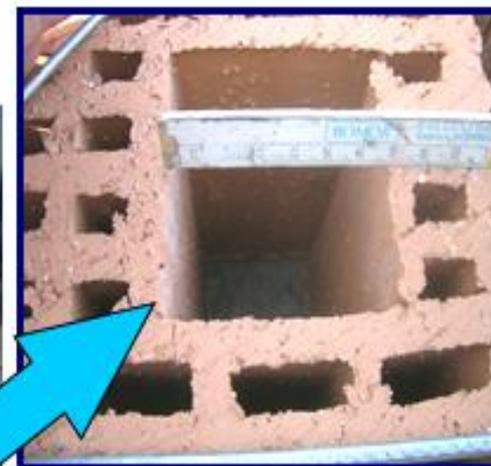
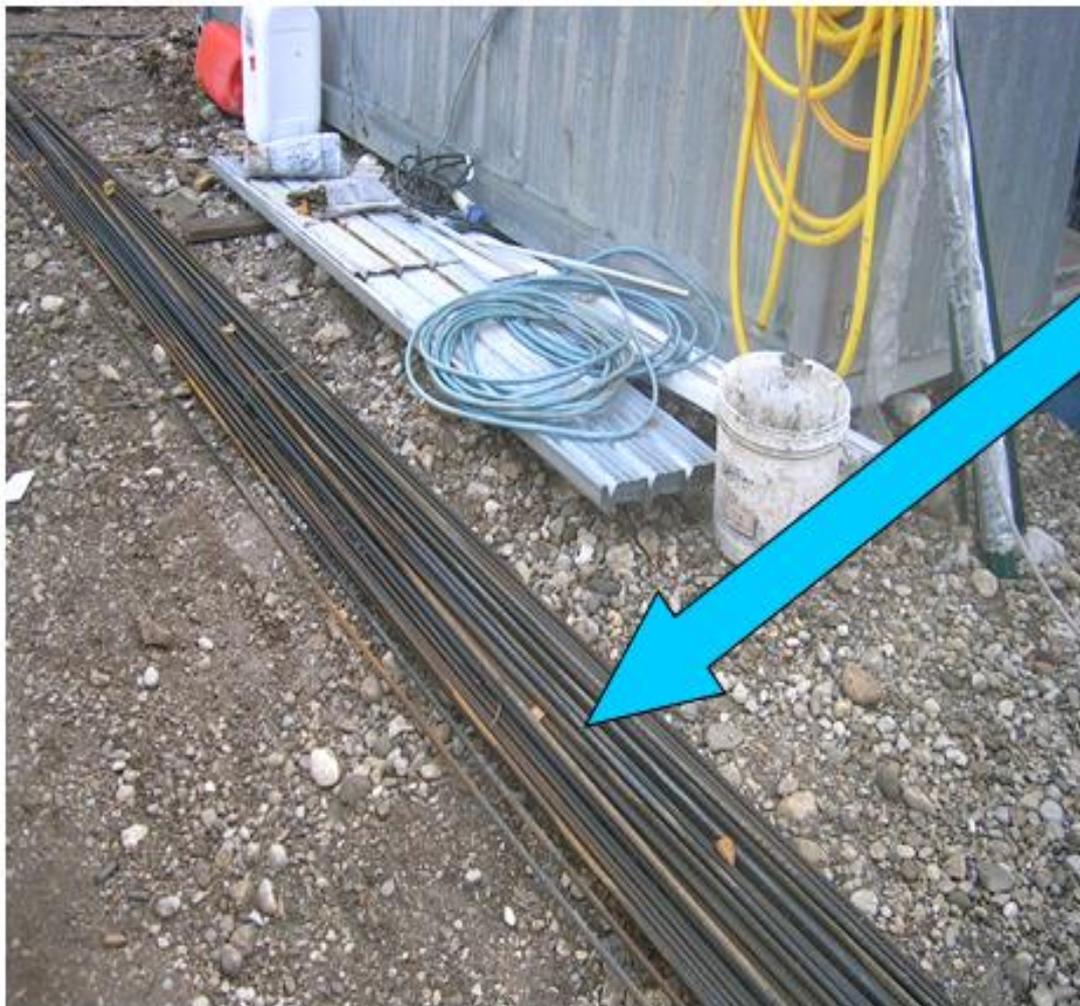
Armatura distribuita orizzontale staffe diametro min. \varnothing 5 mm passo \leq 60 cm

LA MALTA (*)
≥ M10 anche per i FORI,
Oppure: CLS C12/15



(*) Sempre in allettamento ORIZZONTALE E VERTICALE!

LE ARMATURE (B450C)



LE ARMATURE:
barre verticali di
acciaio B450C

LE ARMATURE

B450C, oppure B450A

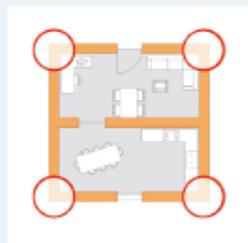
Staffe, ovvero **tralicci zincati B450C**,
o B450A (solo per diametri $\phi 5 \div 10$ mm)



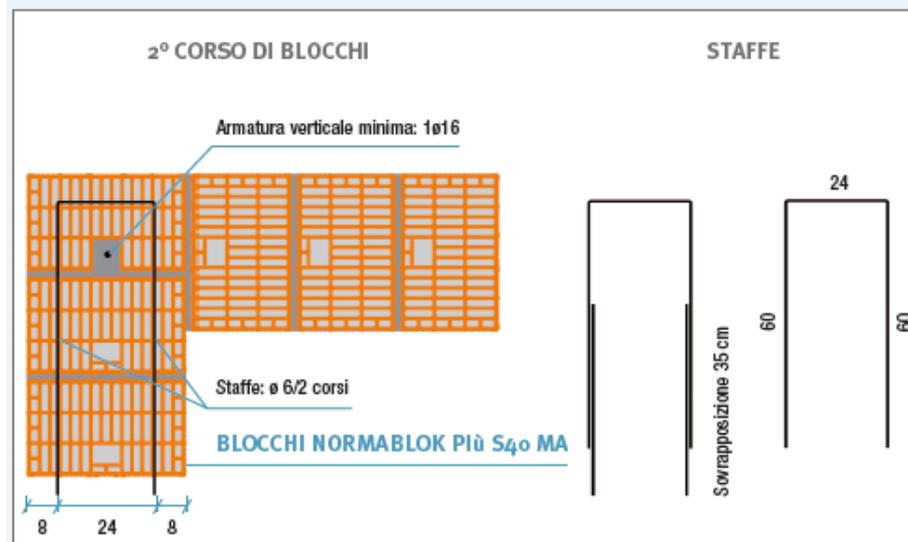
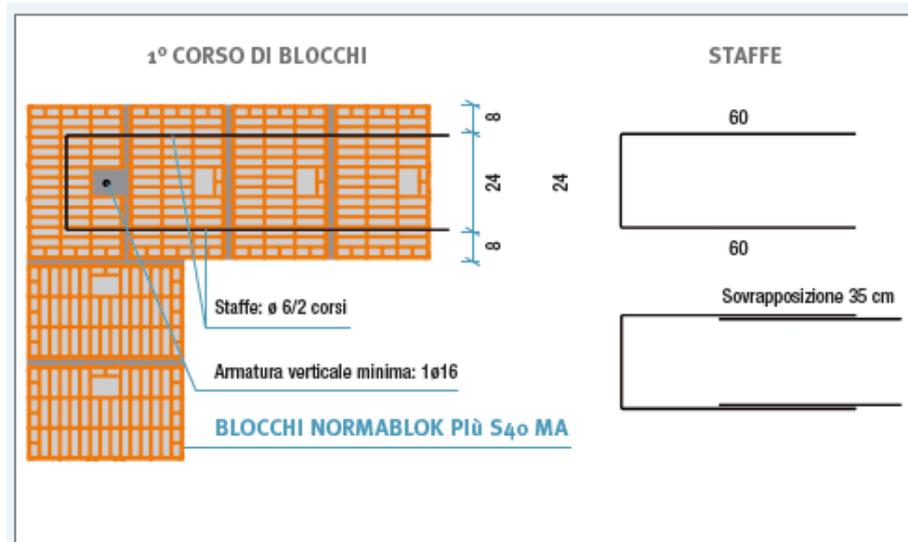
L'INCIDENZA
delle armature
nella MA
è di circa
12÷15 kg/m³

PARTICOLARI COSTRUTTIVI

ANGOLO SPESSORE 40

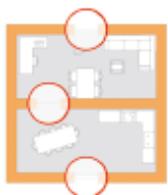


I fori contenenti l'armatura verticale vanno riempiti con malta termica DANESI MTM 10

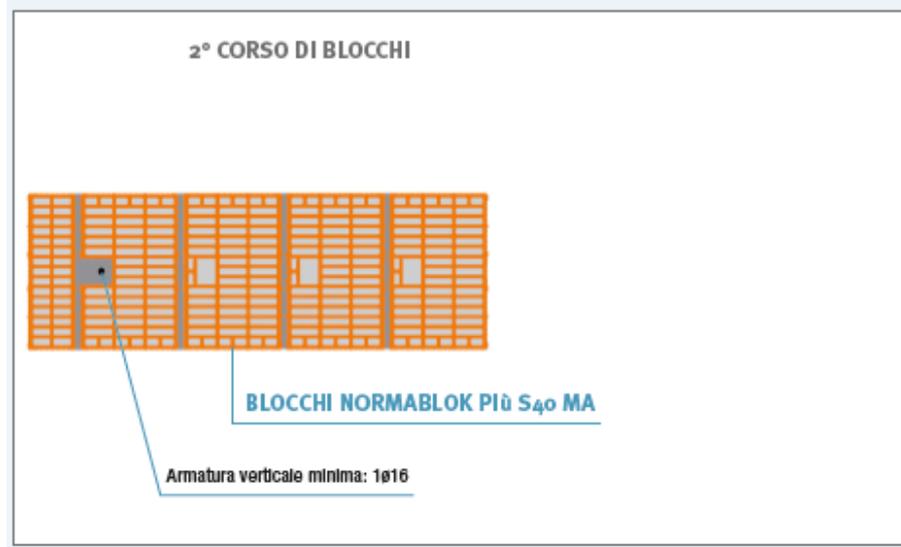
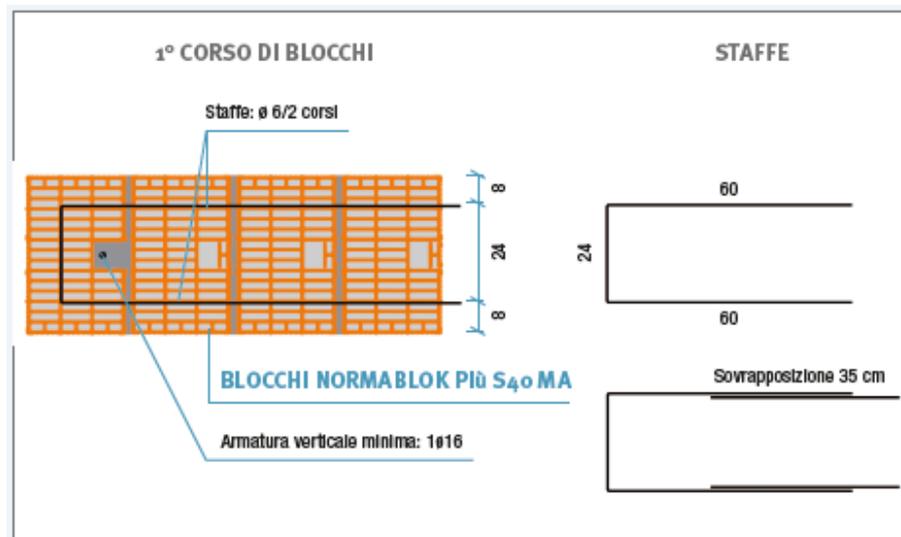


PARTICOLARI COSTRUTTIVI

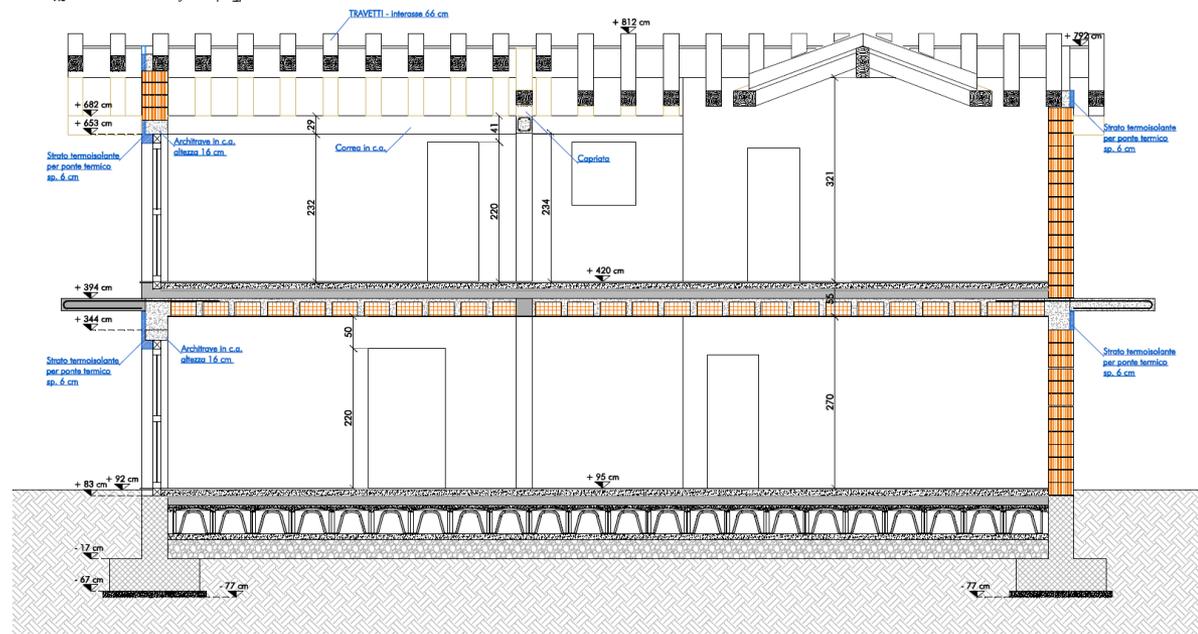
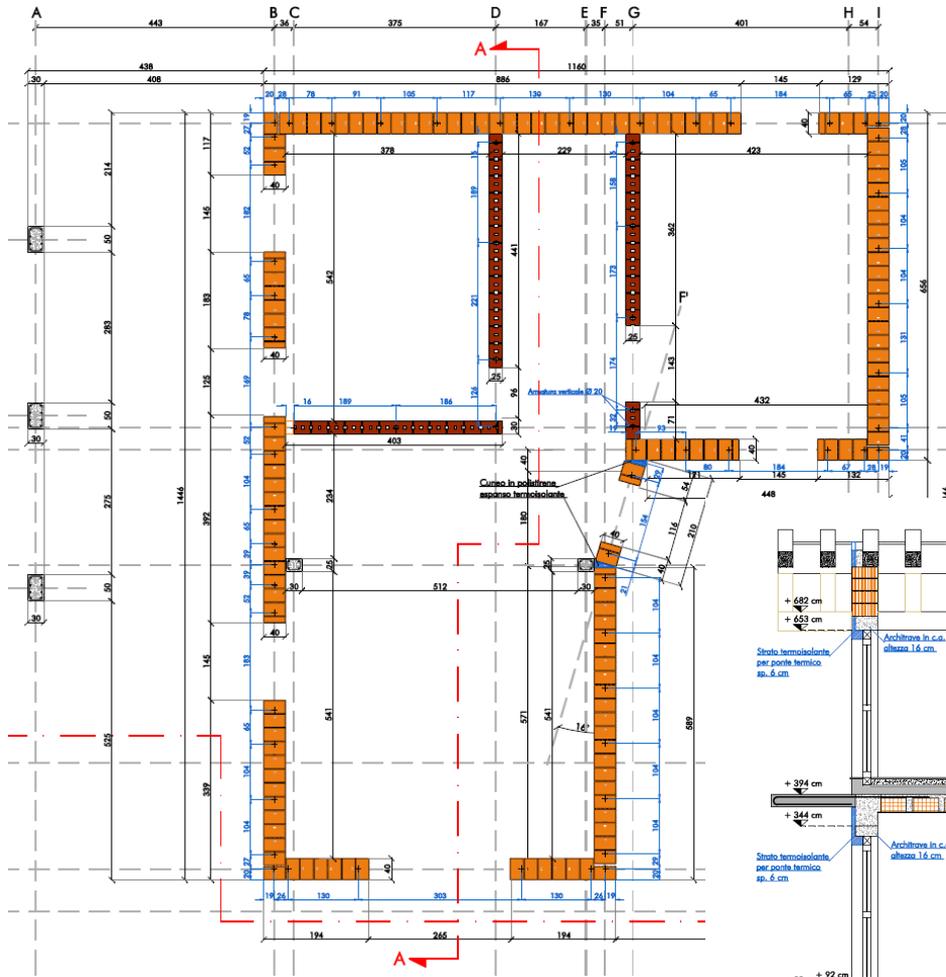
ESTREMITÀ SPESSORE 40

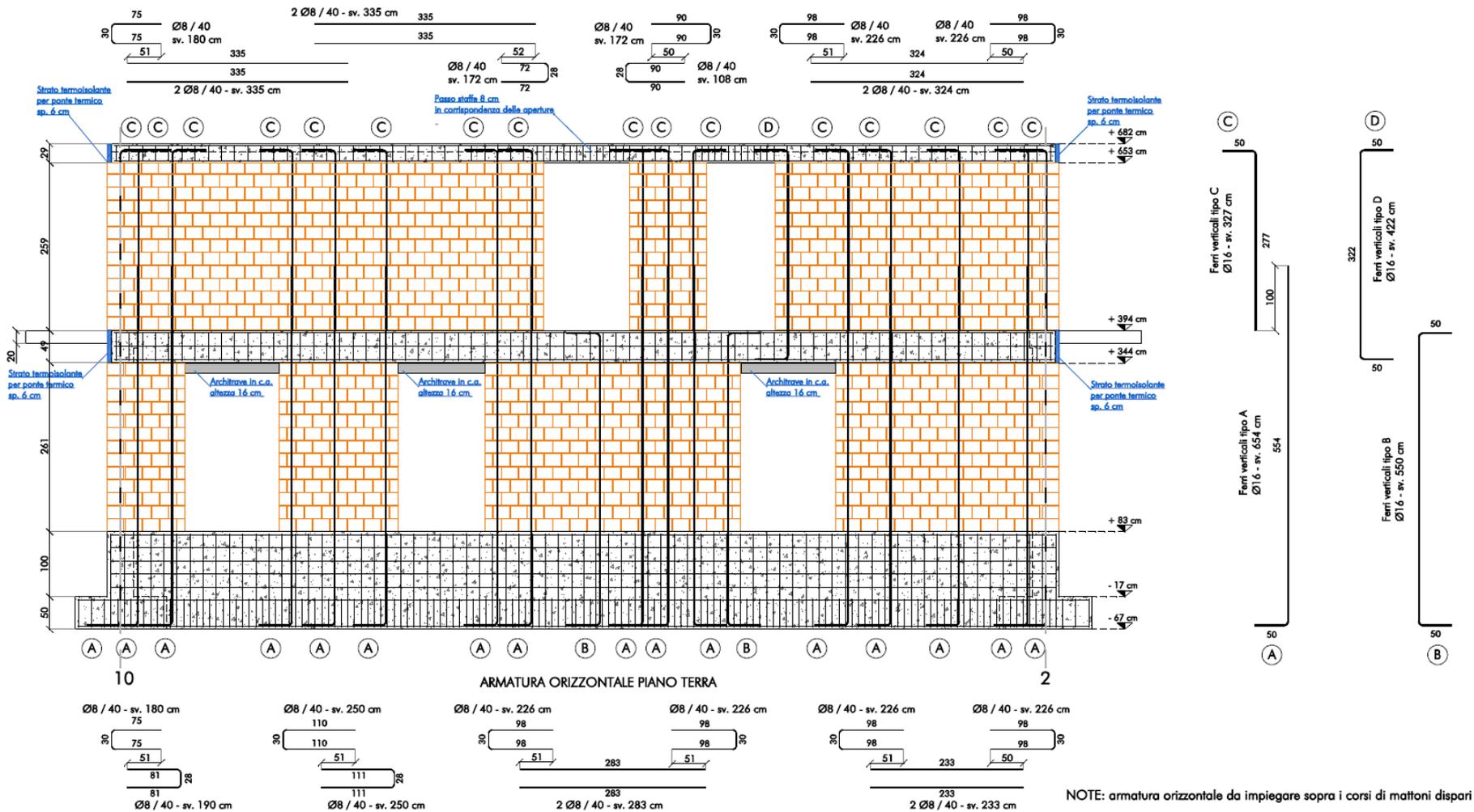


 I fori contenenti l'armatura verticale vanno riempiti con malta termica DANESI MTM 10







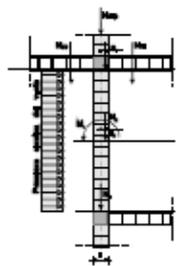
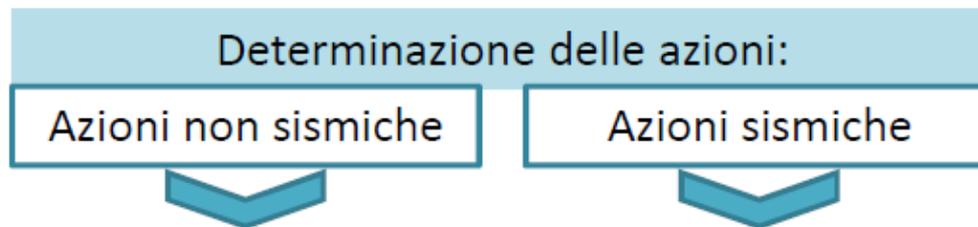




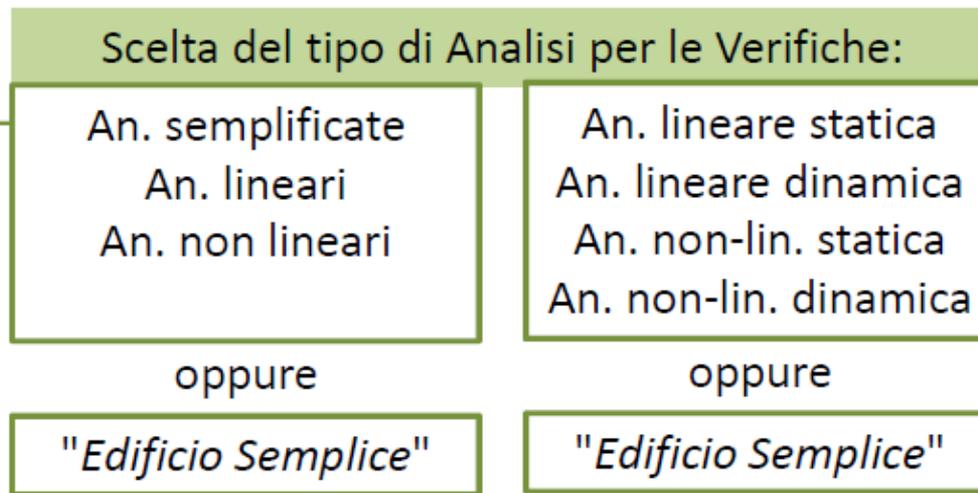




Analisi dei carichi:
pesi propri, variabili,
vento, neve



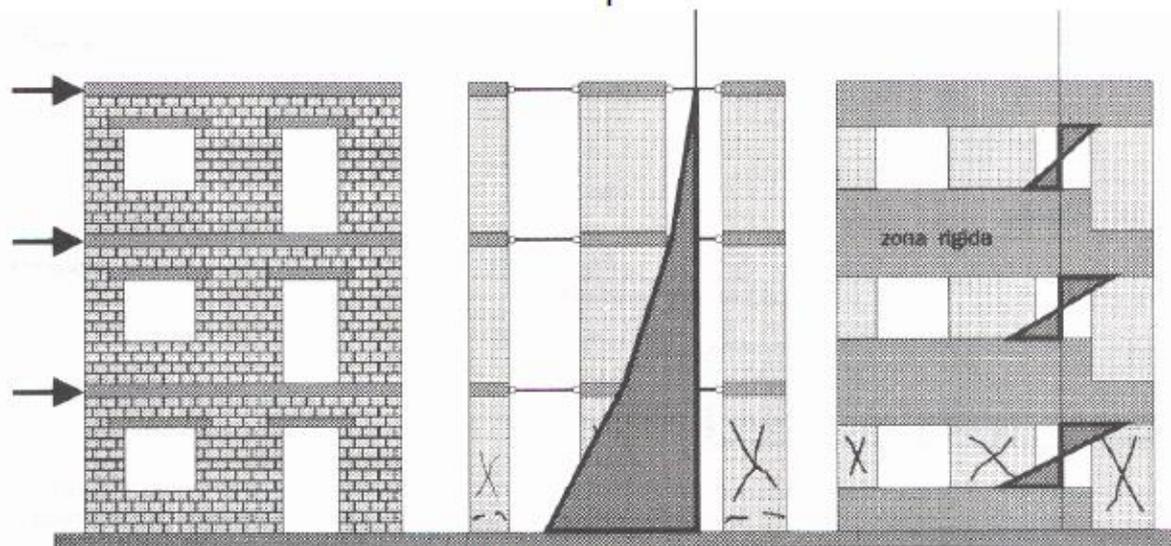
Metodo φ



Verifica resist., q , γ_M
Verifica spost. SLD
Verifica spost.

Modello a Mensole: _ elementi murari continui dalle fondazioni alla sommità;
 _ elementi murari collegati solo ai fini traslazionali alle quote dei solai.

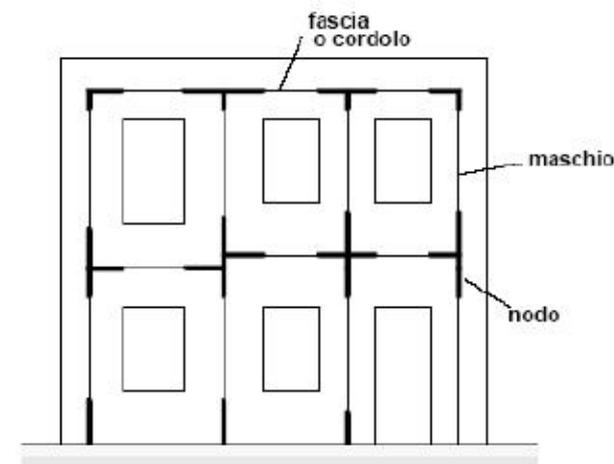
Modello a Telaio Equivalente: _ elementi di accoppiamento fra pareti diverse (travi o cordoli in c.a. e travi in muratura) possono considerarsi nel modello, vanno dunque sottoposti a verifica;
 _ le parti di intersezione tra elementi verticali ed orizzontali possono considerarsi infinitamente rigide.



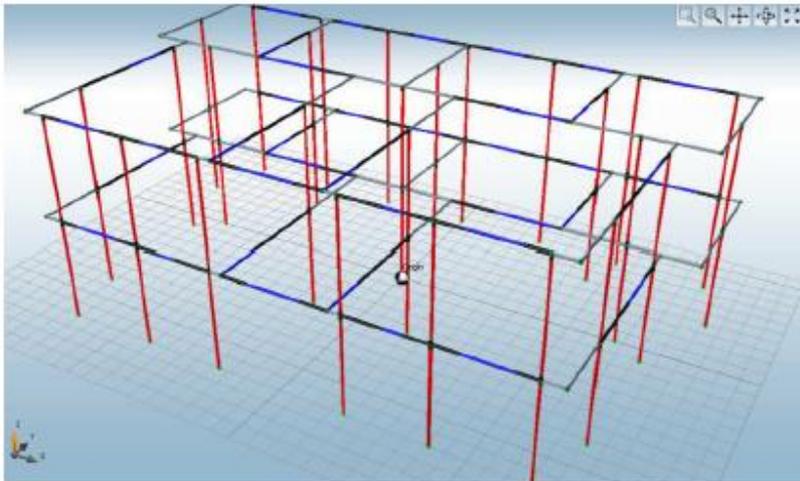
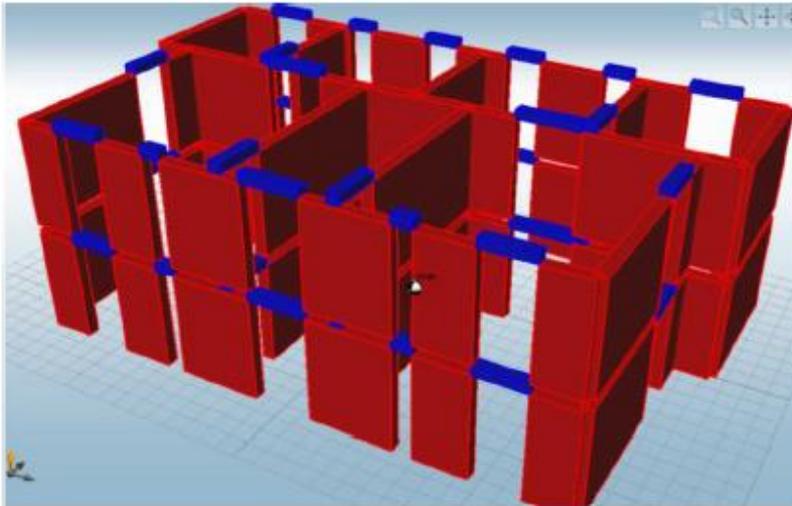
da Righetti, Bari, 1999

Modello a Mensole
(accoppiamento 0)

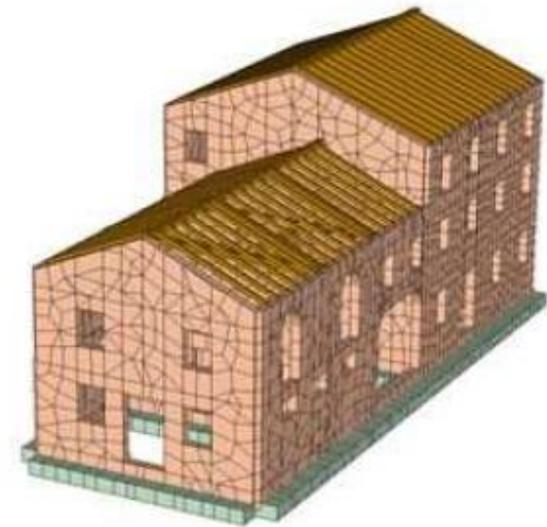
Modello a Telaio Equiv.
Fasce di piano rigide
e resistenti



Modello a Telaio Equivalente
Fasce di piano deboli
(accoppiamento intermedio)



Modello a macroelementi a Telaio
Equivalente tridimensionale



Modello ad elementi finiti
bidimensionali

METODI DI ANALISI - §7.8.1.5

1. Analisi Statica Lineare
2. Analisi Dinamica Modale



$S_d(T)$ ottenuto con riduzione dello $S_e(T)$ tramite q , per tenere conto delle non-linearità

3. Analisi Statica non-lineare
4. Analisi Dinamica non-lineare



Tiene conto della non-linearità
La verifica si svolge in termine di spostamenti
Si utilizza lo spettro senza q
Coeff. parziale di sicurezza = 1

VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI NON SISMICHE EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 4.5 NTC 2018

Verifiche di sicurezza allo SLU:

- Pressoflessione nel piano della parete
- Taglio nel piano della parete
- Pressoflessione per carichi laterali (resistenza e stabilità fuori piano)
- Flessione e taglio di travi di accoppiamento
- Carichi concentrati

Verifiche di sicurezza allo SLE:

Tali verifiche non sono generalmente necessarie

Le verifiche allo SLU possono essere effettuate per le murature ordinarie valutando le azioni assiali applicate con eccentricità fuori piano dovute ai carichi dei solai/coperture (considerando anche l'eccentricità accidentale) combinate opportunamente con le azioni nel piano del muro, per esempio dovute all'azione del vento. Le verifiche vengono normalmente effettuate a pressoflessione nel piano/fuori piano con il metodo del fattore di riduzione della resistenza a compressione della muratura ("metodo ϕ ") che tiene conto degli effetti di instabilità, in aggiunta alle verifiche di resistenza nel piano delle pareti.

VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI SISMICHE EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 7.8 NTC 2018

Verifiche di sicurezza allo SLU (analisi lineari):

- Pressoflessione nel piano della parete
- Taglio nel piano della parete
- Flessione e taglio di travi di accoppiamento
- Pressoflessione fuori del piano della parete

Verifiche di sicurezza allo SLD (analisi lineari):

- Verifica spostamenti interpiano

Verifiche di sicurezza allo SLU e allo SLD (analisi statiche non lineari)

- Verifiche globali sulla curva di capacità Forza-Spostamento

Per quanto riguarda le verifiche sismiche, esse devono essere condotte allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) confrontando le sollecitazioni a pressoflessione e a taglio nel piano e a pressoflessione fuori piano con le corrispondenti resistenze. Devono inoltre essere effettuate verifiche allo stato limite di danno (SLD) in termini di deformazioni interpiano, confrontando lo spostamento interpiano d_r , calcolato con uno spettro allo SLD, con un limite prefissato ($d_r \leq 0,002h$ per m. ordinaria; $d_r \leq 0,003h$ per m. armata).

VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI SISMICHE EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 7.8 NTC 2018

Verifiche nel piano delle pareti SLU

Verifica a pressoflessione nel piano (par. 7.8.2.2.1)

La verifica a pressoflessione di una sezione di un elemento strutturale si esegue confrontando il momento agente di progetto con il momento ultimo resistente calcolato assumendo la muratura non reagente a trazione

$$M_u = \left(l^2 \cdot t \cdot \frac{\sigma_0}{2} \right) \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85f_d} \right)$$

dove:

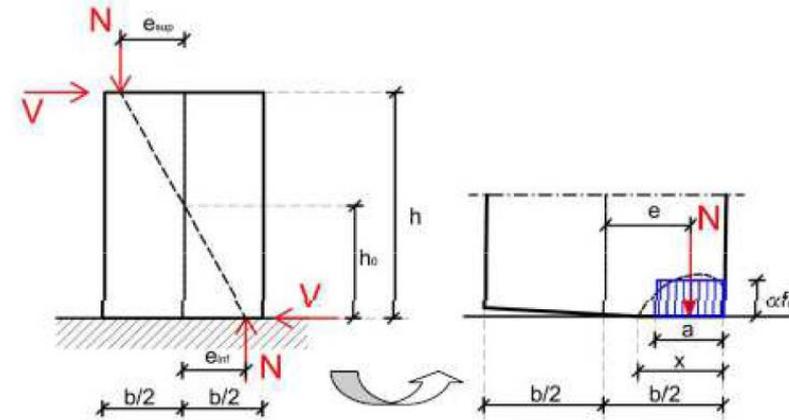
M_u è il momento corrispondente al collasso per pressoflessione;

l è la lunghezza complessiva della parete (comprensiva della zona tesa);

t è lo spessore della zona compressa della parete;

σ_0 è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione, $\sigma_0 = N/(l \cdot t)$, con N forza assiale agente positiva se di compressione); se N è di trazione, $M_u = 0$

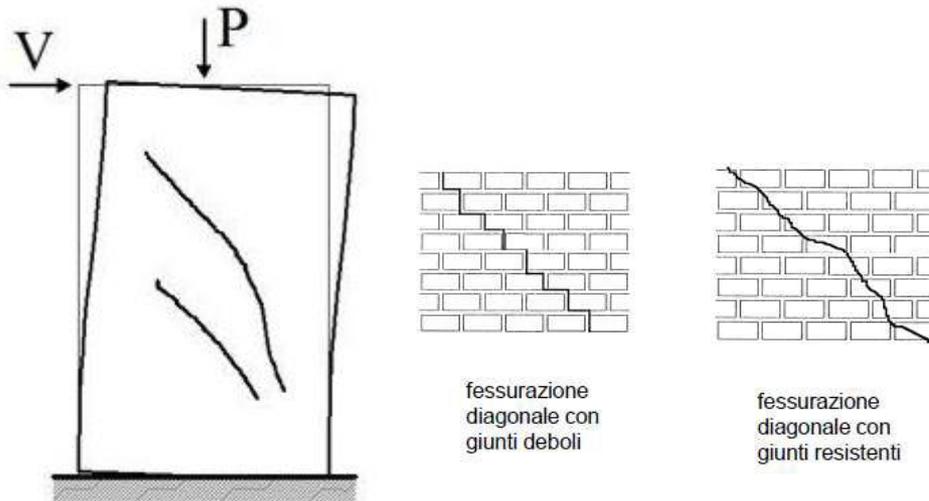
MURATURA ORDINARIA



**VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI SISMICHE
EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 7.8 NTC 2018**

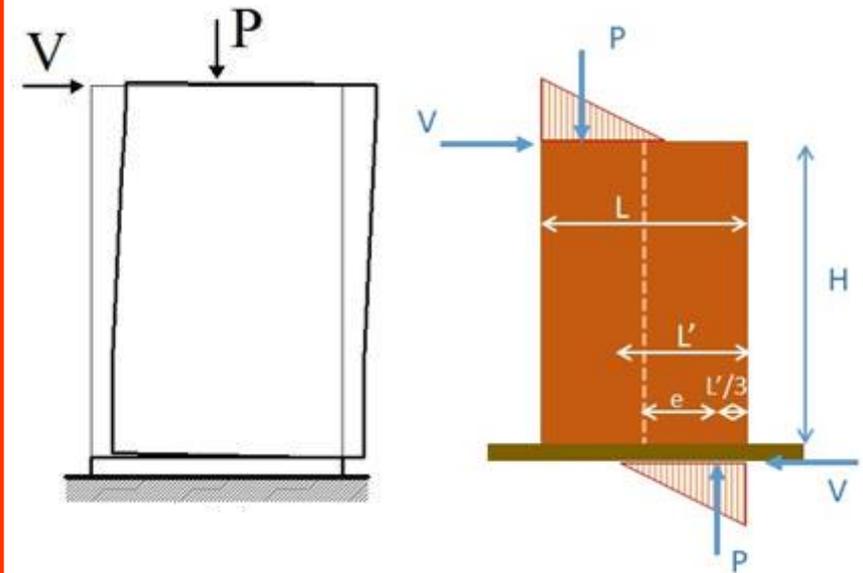
MURATURA ORDINARIA

Verifiche nel piano delle pareti SLU
Verifica a taglio (par. 7.8.2.2.2)
Rottura a taglio per fessurazione diagonale



Tale verifica è contemplata nella Circolare solo per costruzioni esistenti (muratura irregolare o con blocchi non particolarmente resistenti)

Rottura a taglio per scorrimento



Rottura secondo la legge di Mohr - Coulomb

VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI SISMICHE EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 7.8 NTC 2018

MURATURA ORDINARIA

Verifiche nel piano delle pareti SLU
Verifica a taglio (par. 7.8.2.2.2)

La capacità a taglio è valutata per mezzo della relazione seguente

$$V_t = l' \cdot t \cdot f_{vd}$$

dove:

l' è la lunghezza della parte compressa della parete ottenuta sulla base di un diagramma lineare delle compressioni ed in assenza di resistenza a trazione;

t è lo spessore della parete;

$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$ è definito al § 4.5.6.1 e al § 11.3.3, calcolando la tensione normale media (indicata con σ_n nei paragrafi citati) sulla parte compressa della sezione ($\sigma_n = N / (l' \cdot t)$).

$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \sigma_n$ f_{vk0} è la resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali;
 σ_n è la tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

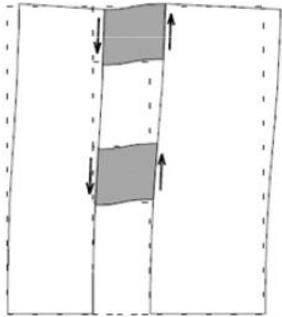
Deve risultare inoltre soddisfatta la relazione

$f_{vk} \leq f_{vk,lim}$ $f_{vk,lim}$ valore massimo della resistenza caratteristica a taglio

VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI SISMICHE EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 7.8 NTC 2018

MURATURA ORDINARIA

Verifiche travi in muratura (par. 7.8.2.2.4)



La capacità a taglio V_t di travi di accoppiamento in muratura ordinaria in presenza di un cordolo di piano o di un architrave resistente a flessione efficacemente ammortato alle estremità, può essere calcolata in modo semplificato come

$$V_t = h \cdot t \cdot f_{vd0}$$

h è l'altezza della sezione della trave

$f_{vd0} = f_{vk0} / \gamma_M$ è la resistenza di progetto a taglio in assenza di compressione; nel caso di analisi statica non lineare può essere posta pari al valore medio ($f_{vd0} = f_{vm0}$).

La capacità massima a flessione, associata al meccanismo di pressoflessione, sempre in presenza di elementi orizzontali resistenti a trazione in grado di equilibrare una compressione orizzontale nelle travi in muratura, può essere valutata come

$$M_u = H_p \cdot \frac{h}{2} \cdot \left[1 - \frac{H_p}{(0,85 \cdot f_{bd} \cdot h \cdot t)} \right]$$

H_p è il minimo tra la capacità a trazione dell'elemento teso disposto orizzontalmente ed il valore $0,4 f_{hd} h t$

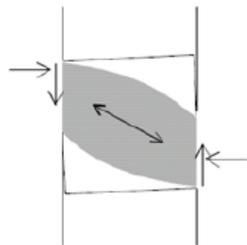
$f_{hd} = f_{hk} / \gamma_M$ è la resistenza di progetto a compressione della muratura in direzione orizzontale (nel piano della parete).

La capacità a taglio, associata a tale meccanismo, può essere calcolata come:

$$V_p = 2 M f_u / l$$

dove l è la luce libera della trave in muratura.

Il valore della capacità a taglio per l'elemento trave in muratura ordinaria è assunto pari al minimo tra V_t e V_p .



VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI SISMICHE EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 7.8 NTC 2018

MURATURA ORDINARIA

Verifiche fuori piano delle pareti SLU

Il valore del momento di collasso per azioni perpendicolari al piano della parete è calcolato assumendo un diagramma delle compressioni rettangolare, un valore della resistenza pari a $0,85 f_d$ e trascurando la resistenza a trazione della muratura. Per la verifica si può fare utile riferimento al 7.8.2.2.1.

$$M_u = \left(t^2 \cdot l \cdot \frac{\sigma_0}{2} \right) \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_d} \right)$$

dove:

M_u è il momento corrispondente al collasso per pressoflessione;

l è la lunghezza complessiva della parete (comprensiva della zona tesa);

t è lo spessore della zona compressa della parete;

σ_0 è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione, $\sigma_0 = N/(l \cdot t)$, con N forza assiale agente positiva se di compressione); se N è di trazione, $M_u = 0$

$f_d = f_k / \gamma_M$ è la resistenza a compressione di progetto della muratura.

VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI SISMICHE EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 7.8 NTC 2018

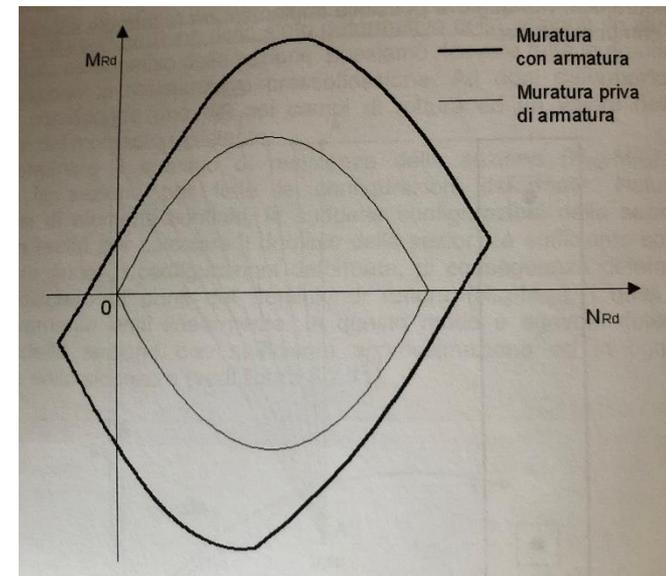
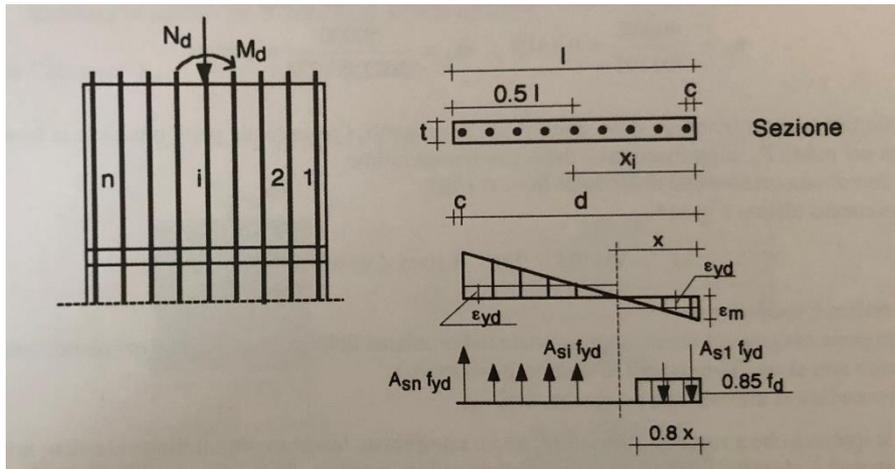
MURATURA ARMATA

Verifiche nel piano delle pareti SLU

Verifica a pressoflessione nel piano (par. 7.8.3.2.1)

Si adotta un criterio di verifica del tutto analogo a quello utilizzato per gli edifici in c.a., assumendo:

- diagramma di compressione rettangolare, con profondità pari a $0.8x$ e sollecitazione massima pari a $0.85f_d$
- deformazione massima per muratura compressa pari a $\epsilon_m=0.0035$
- deformazione massima per l'acciaio teso pari a $\epsilon_s=0.01$



VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI SISMICHE EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 7.8 NTC 2018

MURATURA ARMATA

Verifiche nel piano delle pareti SLU Verifica a taglio (par. 7.8.3.2.2)

La resistenza a taglio (V_t) è calcolata come somma dei contributi della muratura (V_{tM}) e dell'armatura (V_{tS}), secondo le relazioni seguenti:

$$V_t = V_{tM} + V_{tS}$$

$$V_{tM} = d \cdot t \cdot f_{vd}$$

d è la distanza tra il lembo compresso e il baricentro dell'armatura tesa;

t è lo spessore della parete;

$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$ è definito al § 4.5.6.1 calcolando la tensione normale media (indicata con σ_n nel paragrafo citato) sulla sezione lorda di larghezza d ($\sigma_n = P/dt$).

$$V_{tS} = (0,6 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}) / s$$

d è la distanza tra il lembo compresso e il baricentro dell'armatura tesa;

A_{sw} è l'area dell'armatura a taglio disposta in direzione parallela alla forza di taglio, con passo s misurato ortogonalmente alla direzione della forza di taglio;

f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio;

s è la distanza tra i livelli di armatura.

Deve essere altresì verificato che il taglio agente non superi il seguente valore:

$$V_{tc} = 0,3 \cdot f_d \cdot t \cdot d$$

**VERIFICHE DI SICUREZZA PER AZIONI SISMICHE
EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: PAR. 7.8 NTC 2018**

MURATURA ARMATA

Verifiche fuori piano delle pareti SLU

Verifica a pressoflessione fuori piano (par. 7.8.3.2.3)

La verifica è effettuata in modo analogo al caso di verifica nel piano.

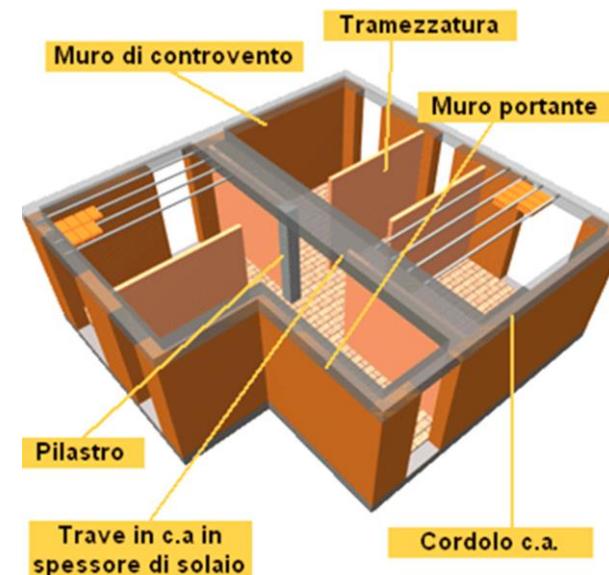
7.8.4 STRUTTURE MISTE CON PARETI IN MURATURA ORDINARIA O ARMATA

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.

Tali elementi strutturali possono essere quindi considerati "secondari", svincolati in modo tale che nell'analisi della risposta sismica, la rigidità e la resistenza alle azioni orizzontali di tali elementi possano essere trascurate.

Sono progettati per resistere ai soli carichi verticali e per seguire gli spostamenti della struttura senza perdere capacità portante (§ 7.2.3). Gli elementi secondari e i loro collegamenti devono quindi essere progettati e dotati di dettagli costruttivi per sostenere i carichi gravitazionali, quando soggetti a spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto allo SLC.

In nessun caso la scelta degli elementi da considerare secondari, può determinare il passaggio da struttura "irregolare" a struttura "regolare" come definite al § 7.2.1, né il contributo totale alla rigidità ed alla resistenza sotto azioni orizzontali degli elementi secondari può superare il 15% dell'analogo contributo degli elementi primari.



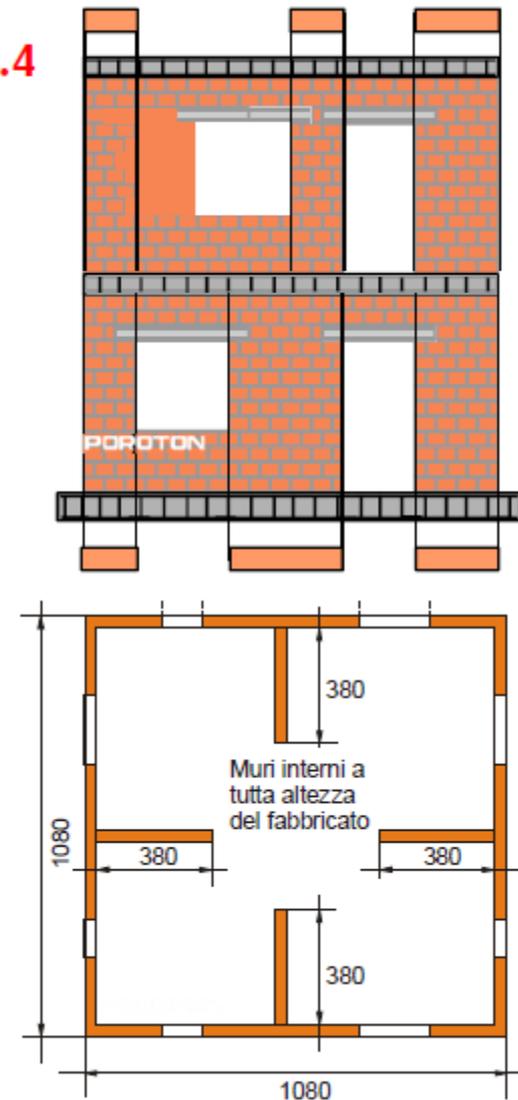
Requisiti edifici semplici PER AZIONI NON SISMICHE - §4.5.6.4

- Pareti strutturali della costruzione continue dalle fondazioni alla sommità
- Nessuna altezza di interpiano superiore a 3,5 m
- Numero di piani non superiore a 3 (per muratura ordinaria) oppure 4 (per muratura armata)
- Planimetria edificio inscrivibile in rettangolo con rapporti fra lato minore e lato maggiore non inferiore a 1/3
- Snellezza massima della muratura pari a 12 (15 per m.a.)
- Carico variabile per i solai non superiore a 3,00 kN/m²
- Percentuali minime di muratura di cui alla Tab. 7.8.II
- Per gli "edifici semplici" la verifica per azioni non sismiche si intende soddisfatta se:

$$\sigma = N / (0,65 A) \leq f_k / \gamma_M$$

f_k determinabile con **APP2 POROTON®**

$\gamma_M = 4,2$ (da Tensioni Ammissibili)



Requisiti edifici semplici PER AZIONI SISMICHE - §7.8.1.9

- Deve risultare inoltre, per ogni piano: $\sigma = N/A \leq 0,25 f_k / \gamma_M$

f_k determinabile con **APP2 POROTON®**

$\gamma_M=2$ (Azioni Sismiche)

- L'edificio semplice deve avere, per ciascun piano, il rapporto tra area della sezione resistente delle pareti e superficie lorda del piano non inferiore ai valori indicati nella tabella seguente, in funzione del numero di piani dell'edificio e della sismicità del sito, per ciascuna delle due direzioni ortogonali

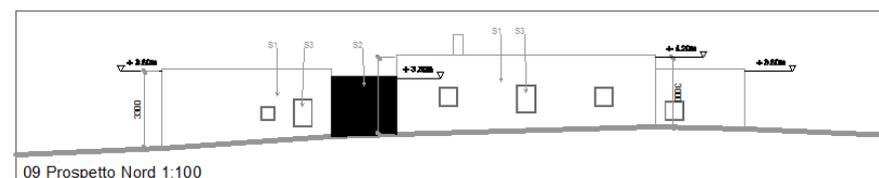
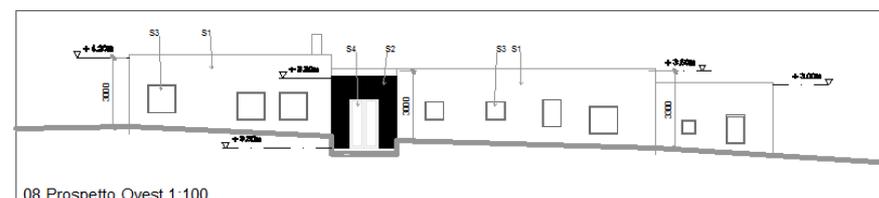
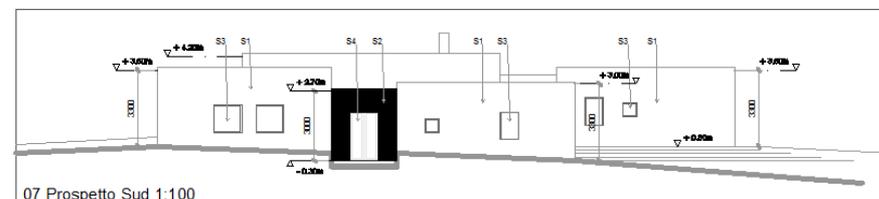
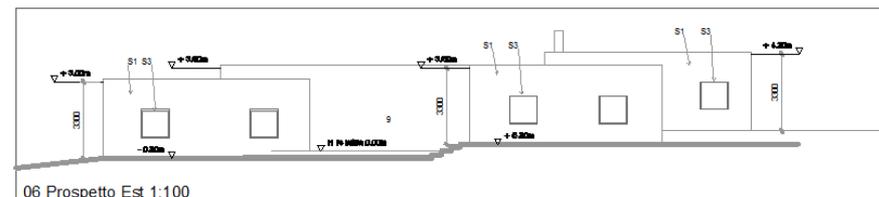
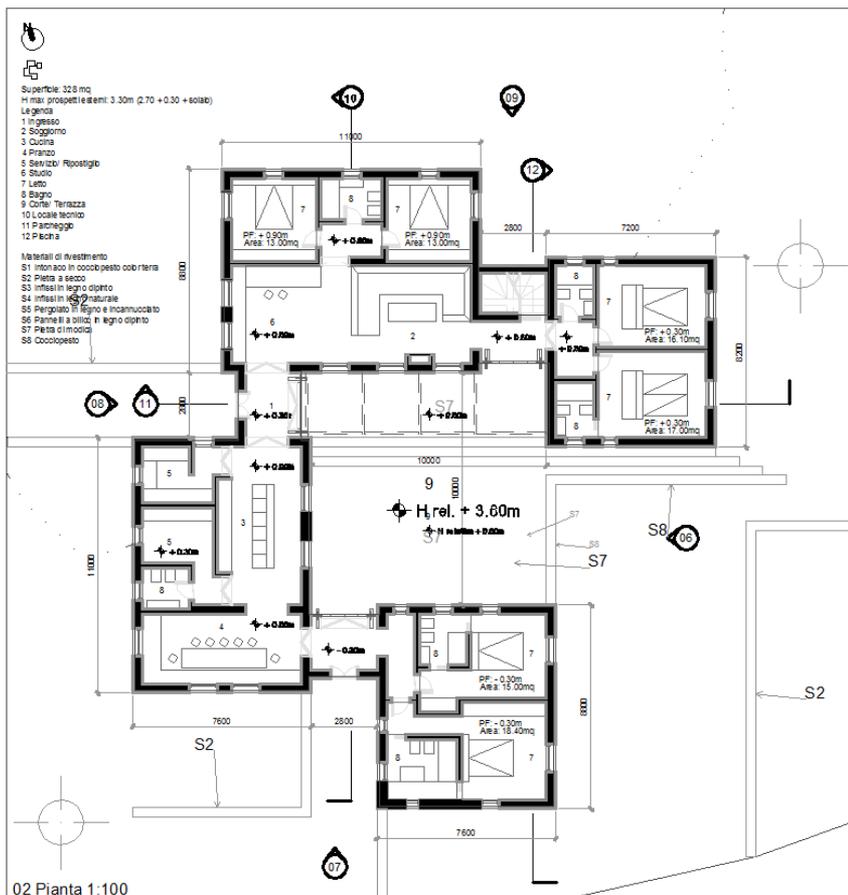
$a_g \cdot S = 0,18 g$

Tabella 7.8.II – Area pareti resistenti in ciascuna direzione ortogonale per costruzioni semplici.

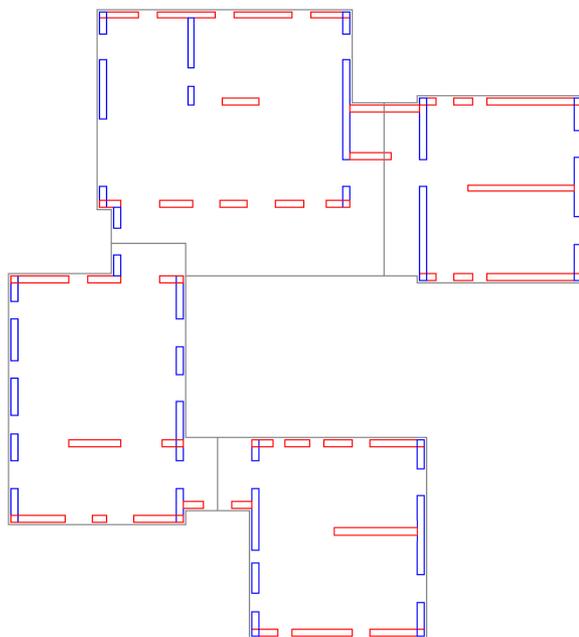
Accelerazione di picco del terreno $a_g S$ ⁽¹⁾		$\leq 0,07g$	$\leq 0,10g$	$\leq 0,15g$	$\leq 0,20g$	$\leq 0,25g$	$\leq 0,30g$	$\leq 0,35g$	$\leq 0,40g$	$\leq 0,45g$	$\leq 0,50g$
Tipo di struttura	Numero piani										
Muratura ordinaria	1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
	2	4,0%	4,0%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

⁽¹⁾ S_T si applica solo nel caso di strutture di Classe d'uso III e IV (v. § 2.4.2)

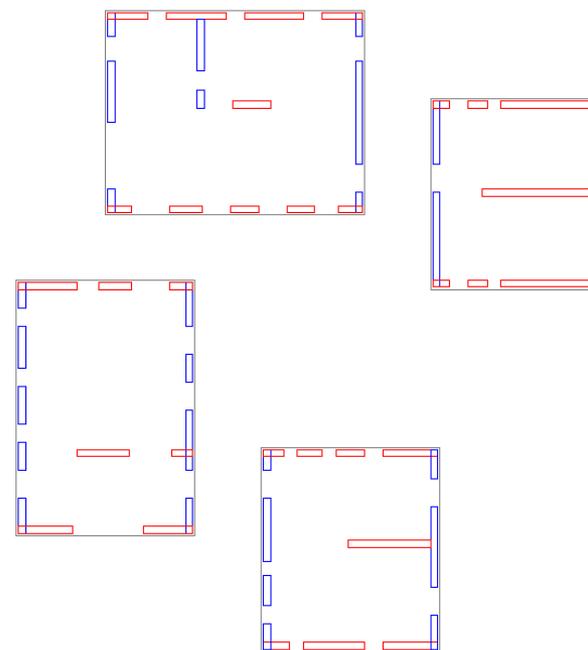
Progetto villa per vacanza:



Progetto villa per vacanza:



Identificazione di quattro corpi separati
classificabili come edificio semplice



NORMABLOK PIU' S40 MA

per la ricostruzione post sisma

Le abitazioni storiche, specialmente quelle in pietra a vista, in caso di sisma sono soggette ai maggiori danneggiamenti; ne è una prova quanto accaduto ai borghi del centro Italia colpiti dal sisma del 2016, in cui molti edifici con pietra a vista sono in parte o totalmente crollati.



Ricostruire “come era, dove era” in zone sismiche e a forte rischio-idrogeologico è un obiettivo importante, ma non è semplice, in quanto comporta la necessità di usare materiali di qualità, tecniche edilizie antisismiche e regole costruttive necessariamente diverse da quelle del passato. L’aspirazione è però quella di rimanere fedeli al disegno originario, ricostruendo in questo caso l’aspetto estetico tipico dei borghi in pietra a vista, ricreandone il valore storico-architettonico e paesaggistico, garantendo al contempo la necessaria sicurezza sismica, la sostenibilità ambientale, la durabilità e non da ultimo il risparmio energetico.

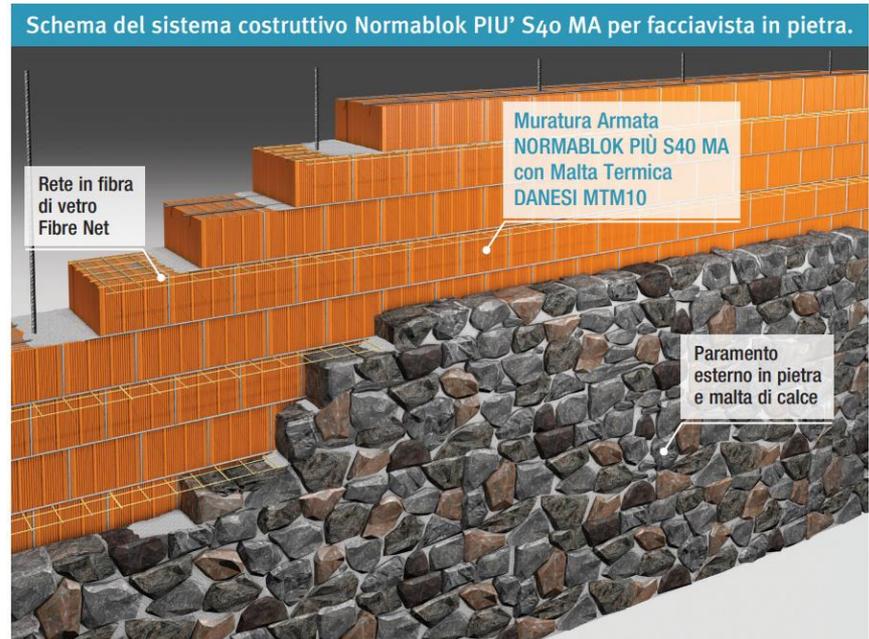
NORMABLOK PIU' S40 MA

per la ricostruzione post sisma

Per soddisfare queste importanti esigenze costruttive Fornaci Laterizi Danesi propone al mercato il sistema in muratura armata NORMABLOK PIÙ S40 MA.

La soluzione consiste nell'ancorare il paramento in pietra a vista alla parete portante NORMABLOK PIÙ S40 MA mediante una speciale rete in fibra di vetro, generando così una struttura monolitica sicura sismicamente. L'efficacia di questa innovativa soluzione costruttiva è testimoniata dai risultati ottenuti su tavola vibrante di seguito riportati.

La parete in muratura armata NORMABLOK PIÙ S40 MA rivestita in pietra a vista, posata con malta di calce, opportunamente ancorata con un'apposita rete in fibra di vetro, è in grado di sostenere, senza mostrare segni di danneggiamento, eventi sismici di intensità doppia rispetto quelli registrati durante la sequenza sismica del terremoto dell'Italia Centrale del 2016.



NORMABLOK PIU' S40 MA

per la ricostruzione post sisma

Progetto di ricerca sviluppato da Università degli Studi di Roma Tre, Università La Sapienza di Roma, ENEA, con il contributo di Regione Lazio e la partecipazione di Fibre Net e Consorzio POROTON® Italia. L'obiettivo della ricerca è mettere a punto tecniche di ricostruzione che consentano di garantire un'adeguata sicurezza sismica assicurando al contempo il mantenimento della "faccia vista".



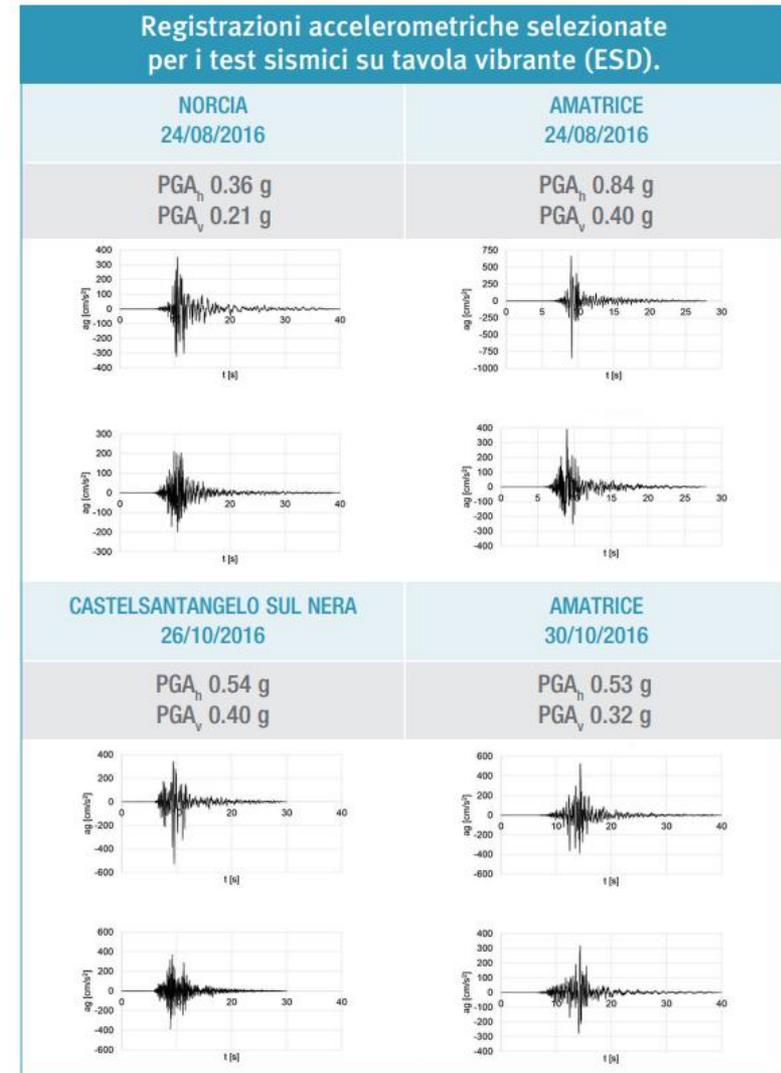
NORMABLOK PIU' S40 MA

per la ricostruzione post sisma

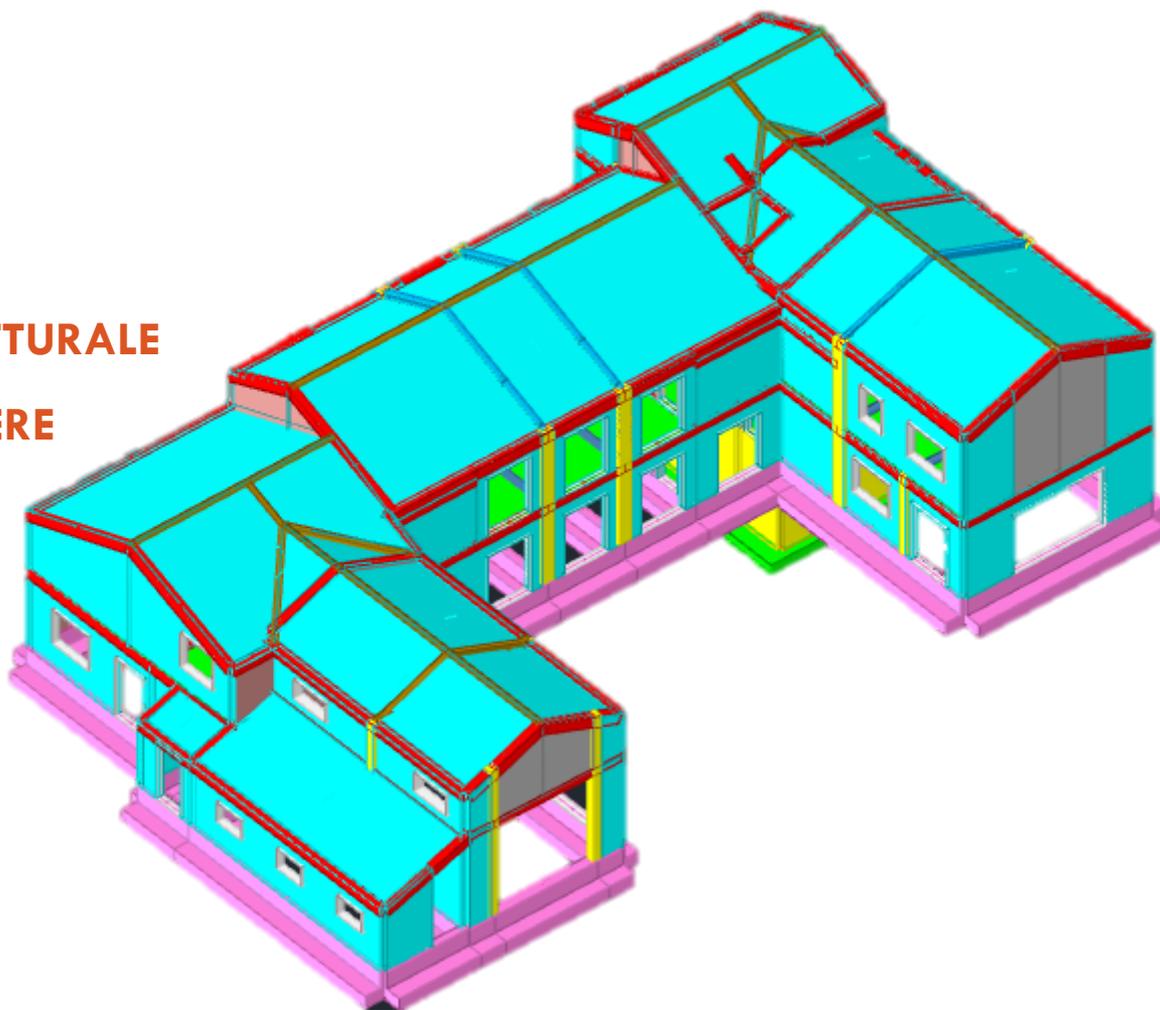
I risultati preliminari provano che la tecnologia sviluppata è in grado di sostenere, senza mostrare segni di danneggiamento, eventi sismici di elevata intensità, finanche doppia rispetto quelli registrati negli eventi sismici dell'Italia centrale nel 2016.



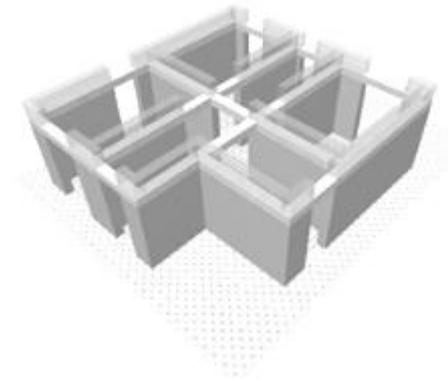
Tratto da Newsletter POROTON® n.144 "Muratura armata con pietra facciavista su tavola vibrante", De Felice*, De Santis*, Sangirardi*, Mosele** -
 * Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi Roma Tre - ** Consorzio POROTON® Italia



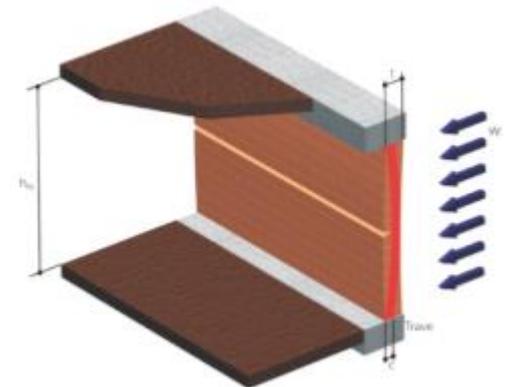
- ★ **CONSULENZE TECNICHE**
- ★ **STUDI DI FATTIBILITA' STRUTTURALE**
- ★ **SOPRALLUOGHI IN CANTIERE**



1. Muratura Portante in Laterizio

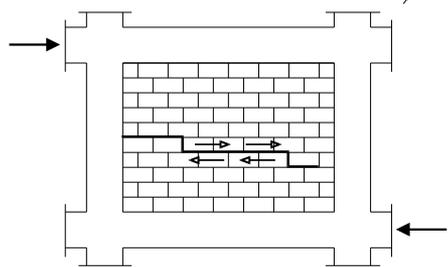
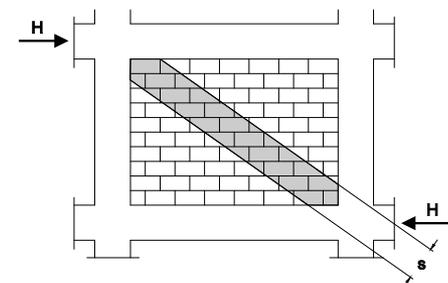


2. Muratura di Tamponamento

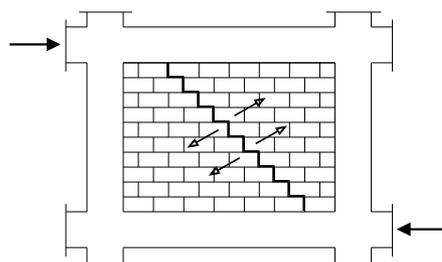


Meccanismi di danneggiamento nel piano dei tamponamenti

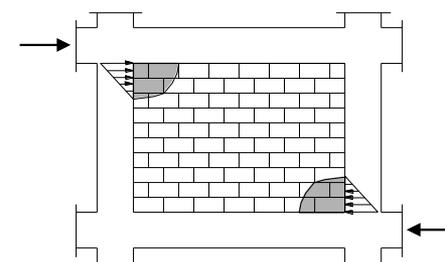
Tamponamento aderente al telaio.



Danno per scorrimento

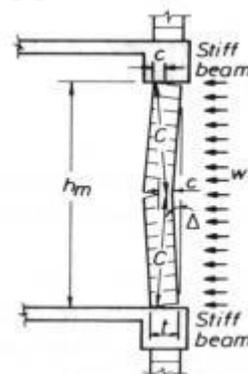
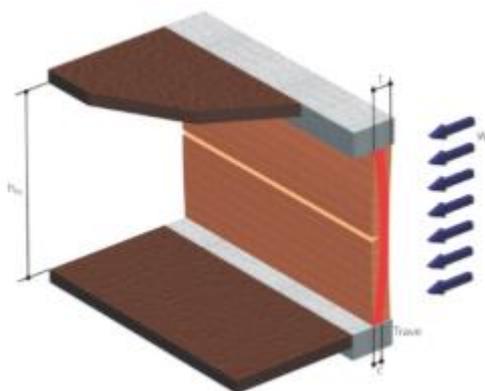


Danno per fess. diagonale



Schiacciamento negli angoli compressi

Meccanismo di danneggiamento fuori piano dei tamponamenti



I tamponamenti aderenti alla struttura portante, reagiscono alle azioni fuori piano con un meccanismo «ad arco». Tale meccanismo si sviluppa all'interno dello spessore del tamponamento.

tratta da Priestley, Paulay, 1992

Funzionamento dei Tamponamenti, effetto “combinato”:

- 1) danneggiamento nel piano
- 2) conseguente riduzione della resistenza nel fuori piano

Danneggiamento nel piano
del tamponamento



Fessure Diagonali sui
tamponamenti di un telaio in c.a.
(foto Ricci, Verderame)

Danneggiamento fuori piano
del tamponamento



Espulsione del paramento esterno di
tamponamento di un telaio in c.a.
(foto Ricci, Verderame)

Le doppie pareti presentano maggiori criticità rispetto alle soluzioni monostrato, se i due paramenti non sono ben collegati tra di loro:

in genere sono elementi di piccolo spessore, meno resistenti e presentano problemi di collegamento con le struttura principale e tra i due paramenti stessi.



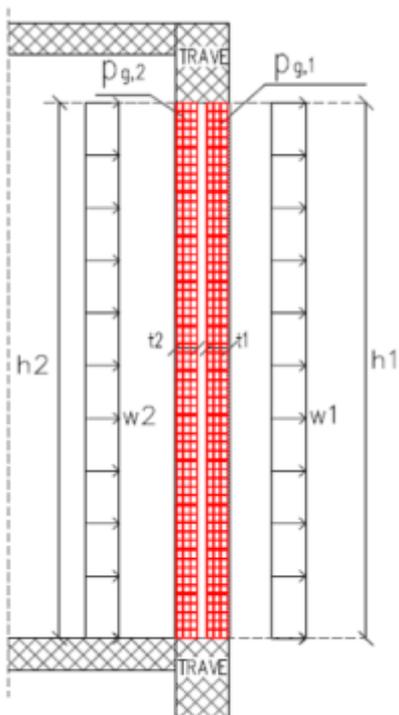
Espulsione del paramento esterno che riveste completamente gli elementi strutturali in c.a.



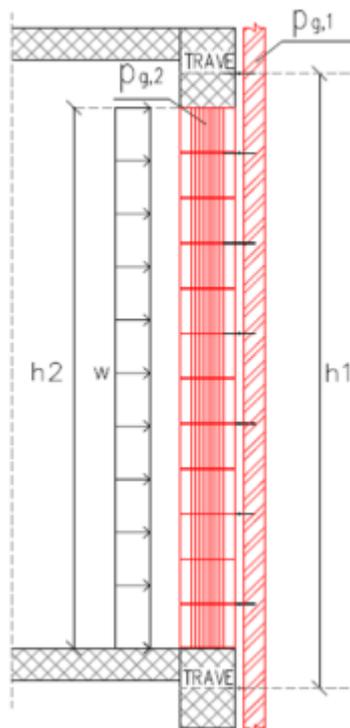
Danneggiamento ed espulsione del paramento esterno che poggia su una soletta della trave e riveste i pilastri in c.a.

Le soluzioni per Murature di Tamponamento più affidabili

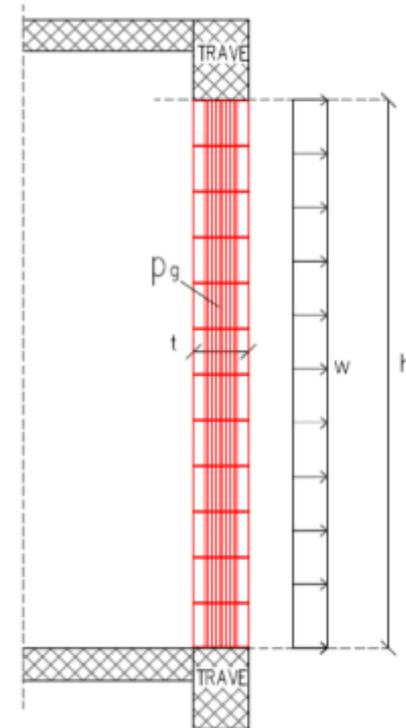
Tamponamento Pluristrato senza collegamento tra i due paramenti



Tamponamento Pluristrato con collegamento tra i due paramenti

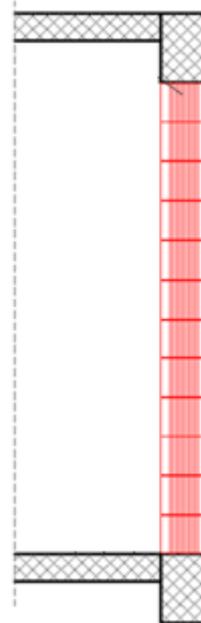


Tamponamento Monostrato



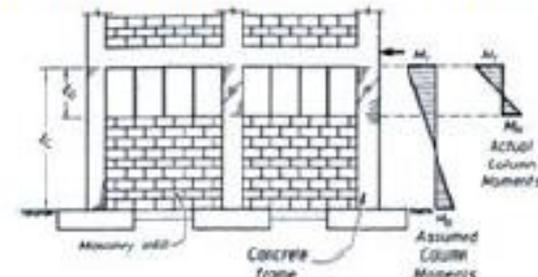
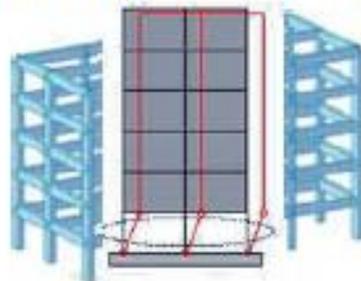
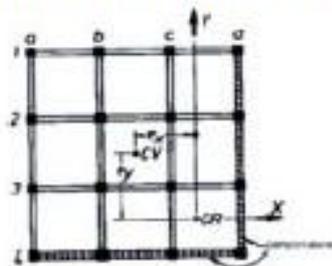
Le soluzioni per Murature di Tamponamento più affidabili

Tamponamento
Monostrato



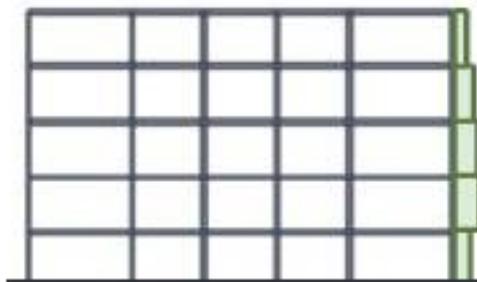
1. Progetto la struttura in resistenza (RES allo SLV)

Le NTC 2018 forniscono tutte le indicazioni necessarie



2. Verifico la struttura in rigidità (RIG allo SLD/SLO)

Le NTC 2018: drift 0.5%, verificato anche speriment



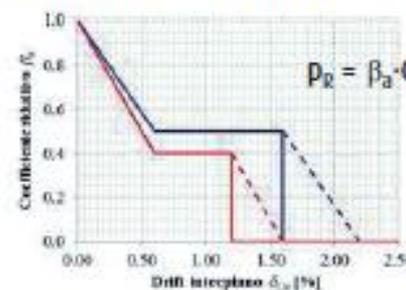
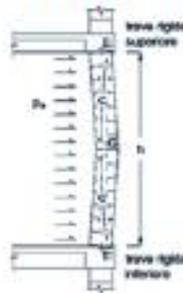
3. Verifico gli elementi non strutturali in stabilità (STA allo SLV)

NTC 2018 (EC8) forniscono la Capacità

Le ricerche Danesi/POROTON® con Univ. Padova e Univ. Bergamo

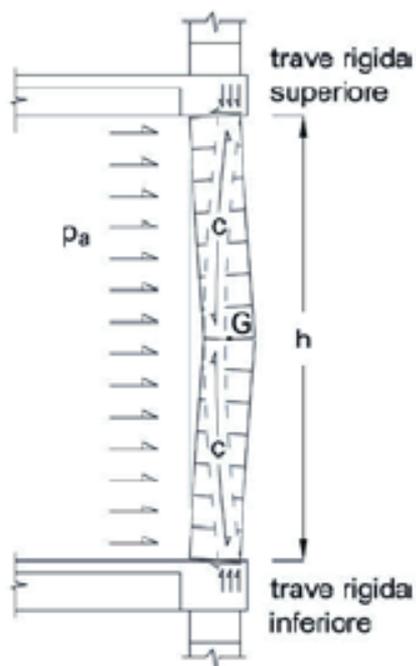
$$F_a = \frac{(S_a \cdot W_a)}{q_a}$$

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0,5 \right]$$

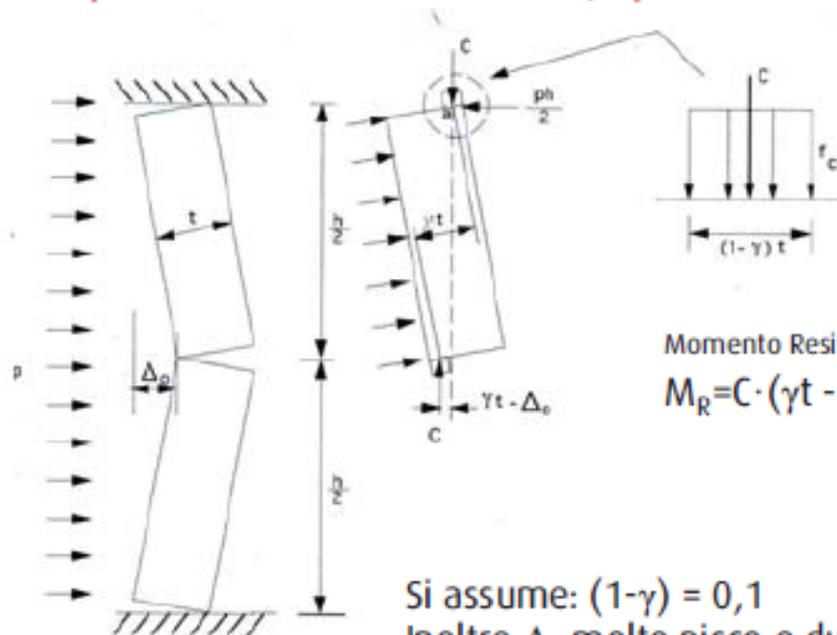


F. Mosele **POROTON**

1. Meccanismo resistente fuori piano: Meccanismo ad arco, sperimentalmente validato



Mosele-Bari, 2011



Drysdale-Hamid, 2008

$$C = f_c \cdot (1 - \gamma) \cdot t \cdot l$$

stress-block

Momento Resistente

$$M_R = C \cdot (\gamma t - \Delta_0)$$

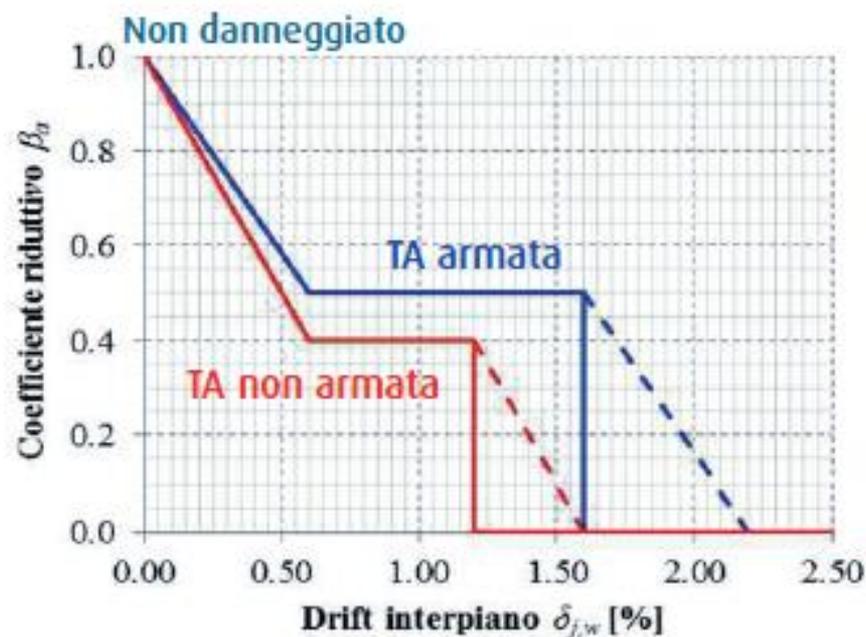
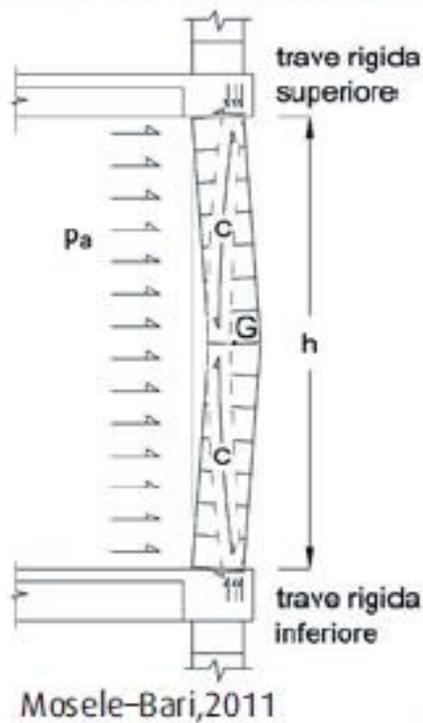
Si assume: $(1 - \gamma) = 0,1$
 Inoltre Δ_0 molto piccolo e dunque trascurabile.
 In accordo con norme Nazionali ed Europee.

Considerando 1 metro lineare di muro e $f_c = f_d \gg \gg M_R = 0,09 \cdot f_d \cdot t^2$; $M_a = p_a \cdot h^2 / 8$

Eguagliando i Momenti $\gg \gg p_R = 0,72 \cdot f_d \cdot (t/h)^2$

Meccanismo resistente validato con la ricerca Danesi/Univ. Padova

2. Meccanismo ad arco calibrato sul degrado di resistenza ottenuto sperimentalmente dalle prove condotte presso Università degli Studi di Padova



Resistenza Meccanismo ad Arco >>> valutata su 1 metro lineare di muro, con coeff. riduttivo β_a

$$p_R = \beta_a \cdot 0,72 \cdot f_d \cdot (t/h)^2$$

β_a calibrato con la ricerca Danesi/Univ. Padova

Grazie per l'attenzione

Si ringrazia il Consorzio Poroton Italia per la
documentazione e il supporto tecnico

Fornaci Laterizi Danesi S.p.A.
www.danesilaterizi.it