



LA PROGETTAZIONE DI EDIFICI IN MURATURA PORTANTE ORDINARIA E ARMATA SECONDO LE NTC 2008

Come progettare edifici prestazionali in laterizio



Reggio Emilia - 15 Marzo 2013

Ing. Roberto Calliari



Sommario

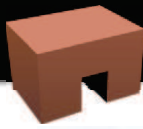
- Brevi cenni sull'evoluzione del laterizio
- Inquadramento normativo del laterizio strutturale
- Regole costruttive per azioni sismiche e non
- La muratura armata
- Dettagli costruttivi: integrazione tra prestazioni strutturali e termiche
- Esempi di progettazione e cantiere



Ing. Roberto Calliari



2



L'evoluzione del laterizio



Edificio storico in mattoni pieni



Edificio al grezzo in muratura portante



Edificio in laterizio portante ad alta efficienza energetica



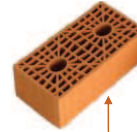
Mattone pieno



Blocco forato



Blocco alleggerito



Blocco per muratura armata

Ing. Roberto Calliari

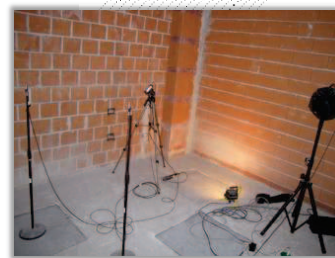


3



Proprietà del laterizio

- Semplicità di lavorazione in cantiere
- Strutturale, ma anche no
- Isolamento acustico
- Isolamento termico, inerzia e sfasamento
- Resistenza al fuoco
- Flessibilità progettuale ed esecutiva
- Durabilità nel tempo



Ing. Roberto Calliari

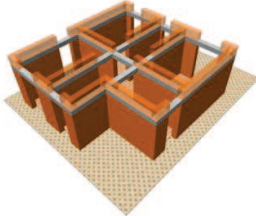


4



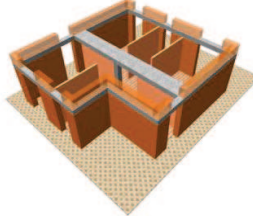
Sistemi costruttivi in laterizio

Muratura ordinaria



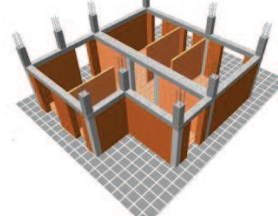
- Buona capacità strutturale;
- Scarsa flessibilità ed adattabilità al progetto architettonico;
- Buona protezione e resistenza al fuoco;
- Bassa conducibilità → elevato isolamento termico;
- Ottima durabilità nel tempo;
- Elevato isolamento acustico ai rumori aerei;
- Costo di costruzione contenuto;
- Maestranze non specializzate;
- Metodologia conosciuta e consolidata;
- Semplicità di approccio del calcolo per edifici semplici;
- Complessità nell'analisi non lineare di edifici complessi;

Muratura armata



- Ottima capacità strutturale portante;
- Elevata flessibilità ed adattabilità al progetto architettonico;
- Buona protezione e resistenza al fuoco;
- Bassa conducibilità → elevato isolamento termico;
- Ottima durabilità nel tempo;
- Elevato isolamento acustico ai rumori aerei;
- Costo di costruzione inferiore al telaio in c.a.;
- Necessità di formazione delle maestranze;
- Metodologia di facile apprendimento;
- Semplicità del calcolo per edifici semplici;
- Media complessità per il calcolo esteso.

Telaio in c.a tamponato



- Buona capacità e flessibilità strutturale;
- Buona flessibilità ed adattabilità al progetto architettonico;
- Scarsa protezione e resistenza al fuoco;
- Grande conducibilità → ponte termico;
- Deterioramento nel tempo;
- Trasmissione elevata dei rumori;
- Costo di costruzione più elevato;
- Maestranze specializzate
- Metodologia conosciuta
- Complessità nodi travi-pilastro in seguito all'incremento delle azioni sismiche
- Complessità degli algoritmi di calcolo

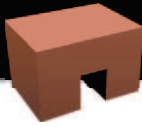
Ing. Roberto Calliari



5



LATERIZIO STRUTTURALE



Progettare in muratura portante

Norme Tecniche – NTC 2008

NORME TECNICHE

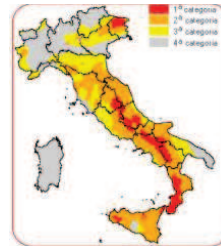


D.M. 14/01/2008
"Nuove norme tecniche"

Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2/2/2009 – nr. 617
"Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008"

UNI-EN1996-1-1:
"Progettazione delle strutture in muratura"
(Eurocodice 6 integrato dagli annessi nazionali)

UNI-EN1998-1-1:
"Progettazione in zone sismiche"
(Eurocodice 8 integrato dagli annessi nazionali)



Ing. Roberto Calliari



7

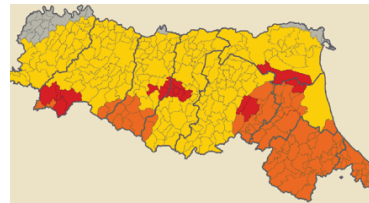


Progettare in muratura portante

Inquadramento normativo

- CAPITOLO 2 Sicurezza e prestazioni attese
- CAPITOLO 3 Azioni sulle costruzioni
- CAPITOLO 4 Costruzioni civili e industriali
 - CAP. 4.5 Costruzioni di **muratura**
- CAPITOLO 7 Progettazione per azioni sismiche
 - CAP. 7.8 Costruzioni di **muratura**
- CAPITOLO 8 Costruzioni esistenti
- CAPITOLO 9 Collaudo statico
- CAPITOLO 10 Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo
- CAPITOLO 11 Materiali e prodotti per uso strutturale
 - CAP. 11.10 **Muratura** portante

Emilia-Romagna



- Zona 2 - 16 comuni nuova riclassificazione;
- Zona 2 - 89 comuni (riclassificazione 1983 - 1984);
- Zona 3 - 214 comuni;
- Zona 4 - 22 comuni;

Ing. Roberto Calliari



8



Sistemi costruttivi normati

MURATURA ORDINARIA

MURATURA ARMATA

TELAIO C.A. TAMPONATO

TELAIO IN ACCIAIO

STRUTTURA IN LEGNO

(D.M. 14/01/2008)

**Altri sistemi: necessitano di sperimentazione
e validazione scientifica e ministeriale
(Capitolo 4.6 – NTC 2008)**



Ing. Roberto Calliari



9



Concezione strutturale dell'edificio in muratura portante

COMPORAMENTO SCATOLARE

La resistenza dei muri a forze agenti **nel piano del muro** è molto maggiore rispetto a quella rispetto a forze agenti ortogonalmente al piano, e quindi è maggiore la loro efficacia come elementi di controventamento

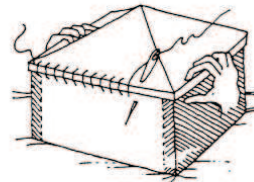
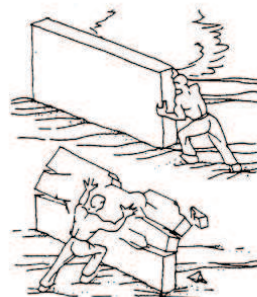
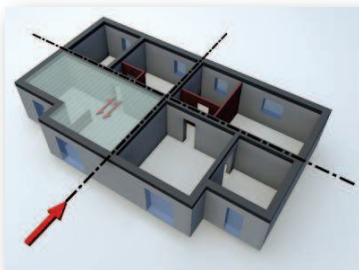


figura da Touliatos, 1996

Ing. Roberto Calliari



10



Concezione strutturale dell'edificio in muratura portante

FUNZIONE DEI CORDOLI

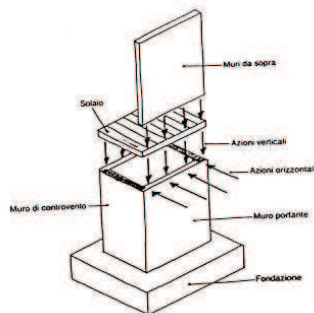
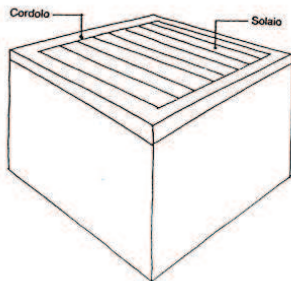
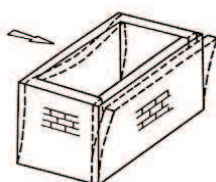
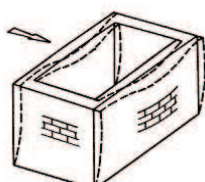


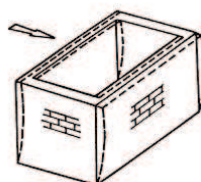
figura da Tubi, 1993



a) con solaio deformabile e senza cordolo



b) con cordolo e con solaio deformabile



c) con cordolo e con solaio rigido

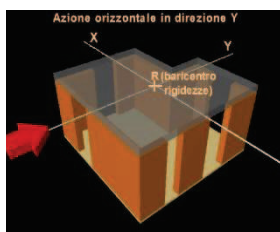
Ing. Roberto Calliari



11

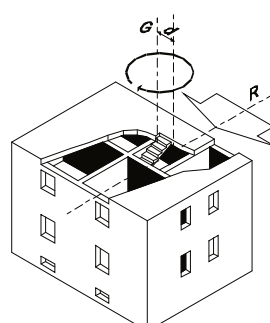
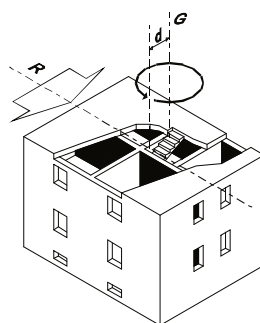


Concezione strutturale dell'edificio in muratura portante



SIMMETRIA

Edifici a pianta non simmetrica subiscono effetti torsionali causati dall'eccentricità del baricentro delle masse rispetto a quello delle rigidezze;



Ing. Roberto Calliari



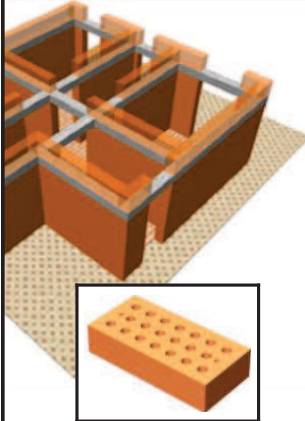
12



Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA – Cap. 4.5

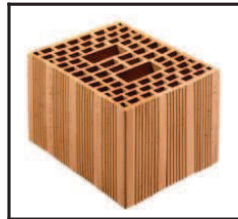
Classificazione degli elementi in laterizio (blocchi)



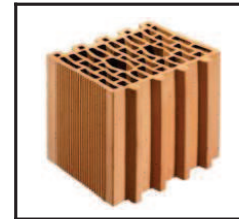
Numero fori di presa	1 se $A > 300 \text{ cm}^2$ 2 se $A > 580 \text{ cm}^2$
Area massima dei fori di presa ($Fp1 \cdot Fp2$)	$\leq 35 \text{ cm}^2$
Area massima di un foro normale ($F1 \cdot F2$)	$\leq 9 \text{ cm}^2$ (pieni) $\leq 12 \text{ cm}^2$ (semipieni) $\leq 15 \text{ cm}^2$ (forati)



Elemento pieno
($\emptyset \leq 15\%$)



Elemento semipieno
($15\% < \emptyset \leq 45\%$)



Elemento forato
($45\% < \emptyset \leq 55\%$)

Ing. Roberto Calliari



13



Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA – Cap. 11

Tabella 11.10.III - Classi di malte a prestazione garantita

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm^2	2,5	5	10	15	20	d

d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm^2 dichiarata dal produttore

CLASSI DI MALTE

(v. Cap. 11 – § 11.10.2)



Tabella 11.10.IV - Classi di malte a composizione prescritta

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

Ing. Roberto Calliari



14



Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA – Cap. 11

Il D.M. 14/01/2008 riporta 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 della malta utilizzata

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	--

Ing. Roberto Calliari



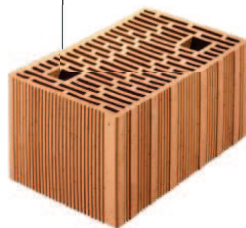
Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA – Cap. 11

La normativa riporta una tabella che stima la resistenza caratteristica a taglio in relazione alla resistenza caratteristica del blocco e della malta.

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

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	Classe di malta	f_{vk0} (N/mm^2)
Laterizio pieno e semipieno	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,30
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M < M10$	0,20
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M < M5$	0,10



$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_n$$

$$f_{vk \text{ lim}} = 1.4 \overline{f_{bk}}$$

Ing. Roberto Calliari



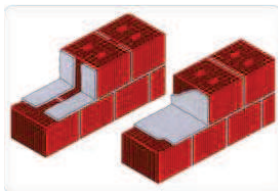


Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8

Regole valide sia per strutture in muratura ordinaria che in muratura armata:

Caratteristiche dei materiali (blocchi e malte)



- Blocchi pieni o semipieni ($\sigma \leq 45\%$)
- Gli eventuali setti disposti parallelamente al piano del muro siano continui e rettilinei; le uniche interruzioni ammesse sono in corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature;
- La malta di allettamento dovrà avere resistenza media non inferiore a 5 MPa (10 MPa per mur.arm.)
- I giunti verticali dovranno essere riempiti con malta



Ing. Roberto Calliari



17



Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8

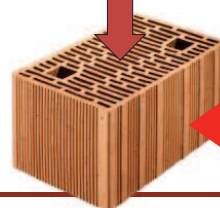
Regole valide sia per strutture in muratura ordinaria che in muratura armata:

Caratteristiche dei materiali (blocchi e malte)



- la resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante (f_{bk}) non sia inferiore a 5 MPa, calcolata sull'area al lordo delle forature;
- la 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 MPa.

$f_{bk} \geq 5 \text{ MPa}$



$\bar{f}_{bk} \geq 1.5 \text{ MPa}$

Ing. Roberto Calliari



18



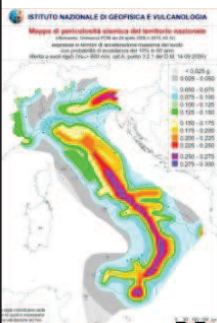
Tipologie strutturali dell'edificio in muratura portante

MURATURA PORTANTE

Zona sismica	Giunti orizzontali e verticali (sp. 5÷15 mm)	Giunti verticali ad incastro	Giunto verticale ad incastro con tasca (>40%)	Giunto sottile (rettificati)	Foratura (%)
Bassa sismicità (zona 4)	Si	Si (*)	Si (*)	Si (*)	≤ 55%
Zona sismica 1/2/3	Si	No	Si (*)	Si (**)	≤ 45%

(*) necessita prove su muretto per determinare i valori caratteristici (f_x e $f_{v,kt}$)

(**) possibile in zona 1/2/3 solo se con giunto verticale con tasca (>40%)



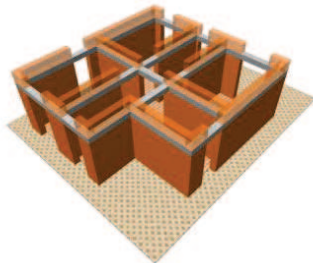
19



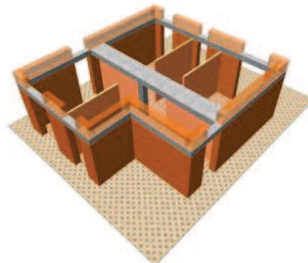
Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA – Cap. 4.5

REGOLE PROGETTUALI E VERIFICA AI CARICHI NON SISMICI



Muratura ordinaria

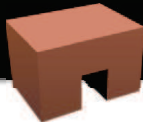


Muratura armata

Ing. Roberto Calliari



20



Progettare in muratura portante

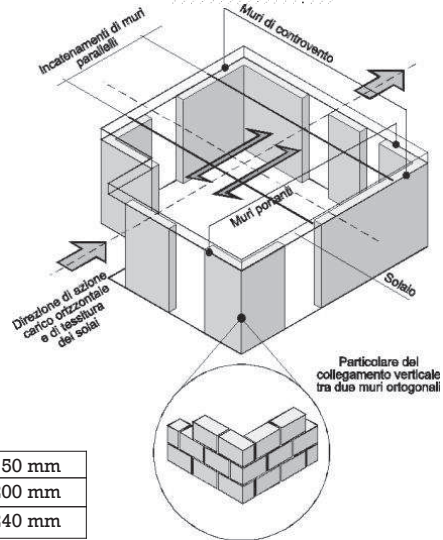
EDIFICIO IN MURATURA – Cap. 4.5

ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE

1. Struttura tridimensionale scatolare
 - a) muri portanti
 - b) muri di controvento
 - c) solai in grado di ripartire i carichi orizzontali
2. 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)
3. Pannelli resistenti alle azioni orizzontali con lunghezza minima maggiore di 0,3 h
4. Snellezza $\lambda = h_0/t \leq 20$

Spessori minimi:

Muratura in elementi resistenti artificiali pieni	150 mm
Muratura in elementi resistenti artificiali semipieni	200 mm
Muratura in elementi resistenti artificiali forati	240 mm



Ing. Roberto Calliari



21



Progettare in muratura portante

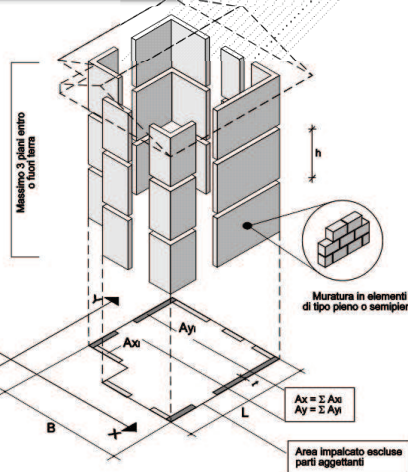
EDIFICIO IN MURATURA – Cap. 4.5

DIMENSIONAMENTO SEMPLIFICATO MURATURA ORDINARIA

- Metodo tensioni ammissibili
 - $\gamma_M = 4.2$
- a) Pareti continue dalla fondazione alla copertura;
 - b) Non più di 3 piani entro o fuori terra (4 per muratura armata);
 - c) Rapporto $B/L \geq 1/3$
 - d) Snellezza di tutti i muri $h/t \leq 12$
 - e) Q variabile $\leq 3,00 \text{ kN/m}^2$
 - f) $H \leq 3,50 \text{ m}$

Rispetto percentuali minime di muratura come da tabella 7.8.III

$$\sigma = \frac{N}{0.65 \cdot A} \leq \frac{f_k}{\gamma_M}$$

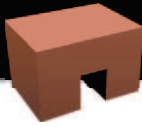


N = carico totale alla base ($G_1 + G_2 + Q$)
 A = area totale dei muri

Ing. Roberto Calliari



22

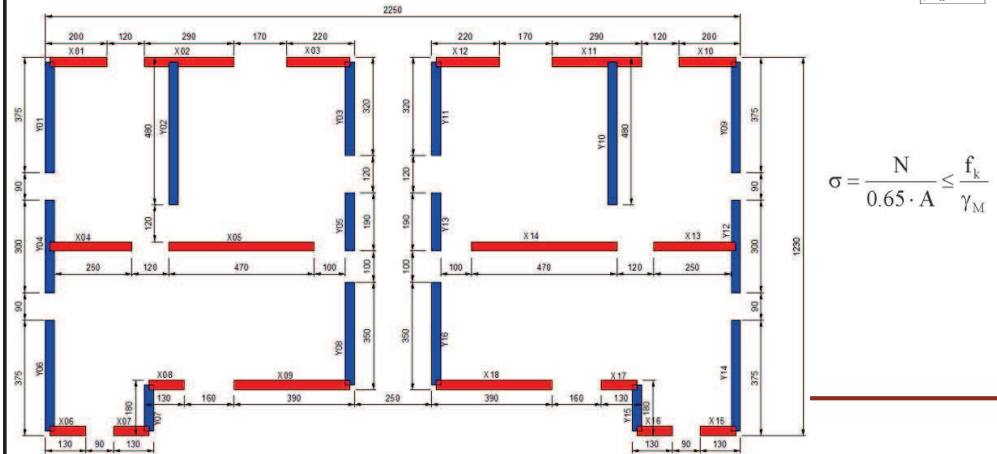
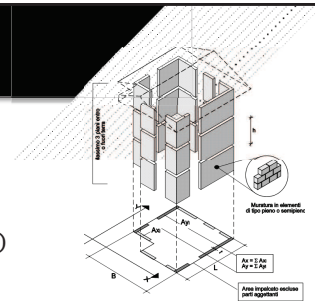


Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA – Cap. 4.5

DIMENSIONAMENTO SEMPLIFICATO MURATURA ORDINARIA

N = carico totale alla base ($G_1 + G_2 + Q \sim 300 + 300 + 200$ daN/mq)
A = area totale dei muri (s=30 cm)



Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA – Cap. 4.5

DIMENSIONAMENTO ESTESO

1) Verifica ai carichi verticali

- a) Determinazione dei carichi agenti sulle pareti
- b) Valutazione dell'eccentricità di azione dei carichi verticali (e_a – eccentricità strutturale, e_s – eccentricità strutturale – e_v – eccentricità del vento)
- c) Valutazione della snellezza delle murature
- d) Verifica ai carichi verticali

$$N_d \leq f_d \cdot \Phi \cdot A$$

2) Verifica ai carichi orizzontali

- a) Determinazione dei carichi orizzontali agenti sulle pareti (solai rigidi e distribuzione in base alle rigidzze)
- b) Verifiche a pressoflessione in direzione principale ed ortogonale
- c) Verifiche a taglio

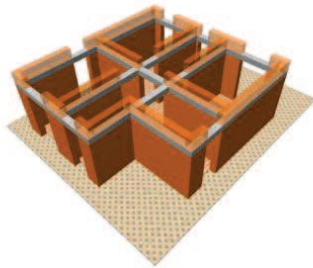




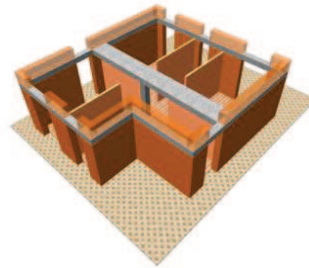
Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8

REGOLE PROGETTUALI E VERIFICA AI CARICHI SISMICI



Muratura ordinaria



Muratura armata

Ing. Roberto Calliari



25

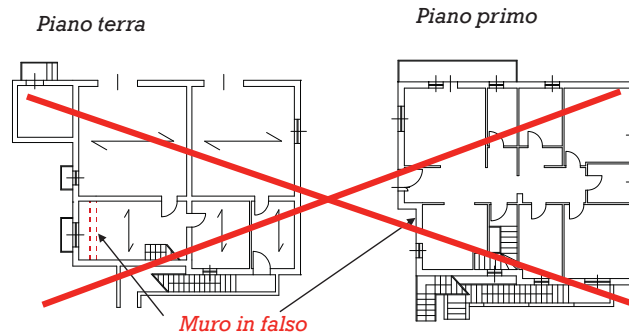


Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8

Criteria progettuali e particolari costruttivi

- Le pareti strutturali, al lordo delle aperture, dovranno avere continuità in elevazione fino alla fondazione, evitando pareti in falso;



Ing. Roberto Calliari



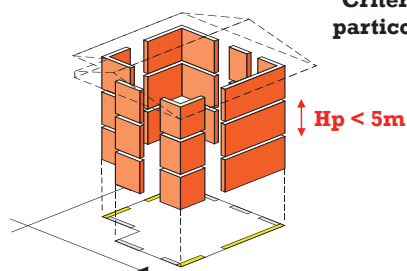


Progettare in muratura portante

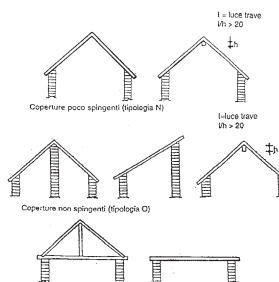
EDIFICIO IN MURATURA IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8

I solai devono assolvere funzione di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali, 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

Le strutture costituenti orizzontamenti e coperture non devono essere spingenti. Eventuali spinte orizzontali, valutate tenendo in conto l'azione sismica, devono essere assorbite per mezzo di idonei elementi strutturali



Criteria progettuali e particolari costruttivi



Ing. Roberto Calliari



Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8

Criteria progettuali e particolari costruttivi

La geometria delle pareti resistenti al sisma, al netto dell'intonaco, deve rispettare i requisiti indicati nella tabella, in cui:
 t indica lo spessore della parete,
 h_0 l'altezza di libera inflessione della parete (§ 4.5.6.2),
 h' l'altezza massima delle aperture adiacenti alla parete,
 l la lunghezza della parete.

	t_{\min}	$(h_0/t)_{\max}$	$(l/h)_{\min}$
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 zona 3 e 4	240 mm	12	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali semipieni, in zona 4	200 mm	20	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali pieni, in zona 4	150 mm	20	0,3

M.O. → Hmax = 24 cm x 12 = 288 cm

M.A. → Hmax = 24 cm x 15 = 360 cm

Ing. Roberto Calliari



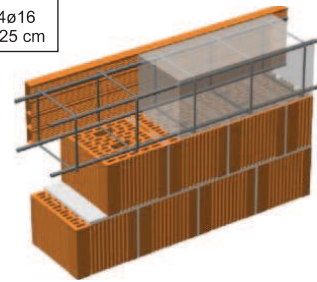
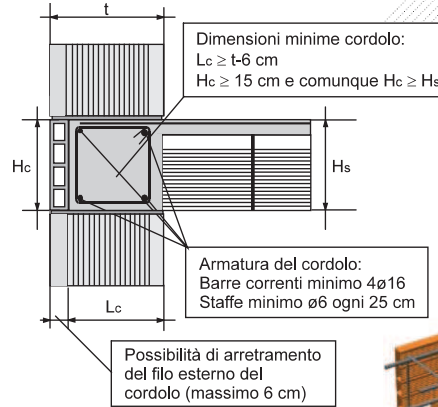
28



Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8

Criteri progettuali e particolari costruttivi



Ing. Roberto Calliari



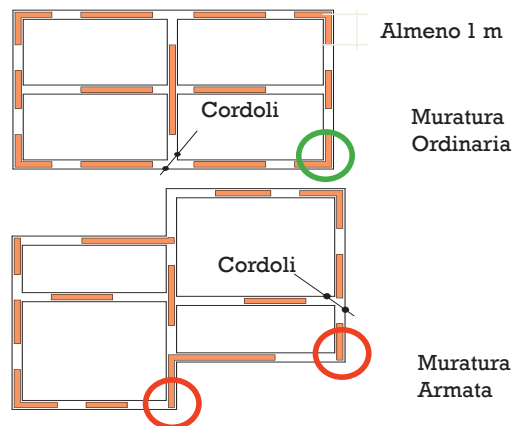
29



Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8

Criteri progettuali e particolari costruttivi



Ing. Roberto Calliari



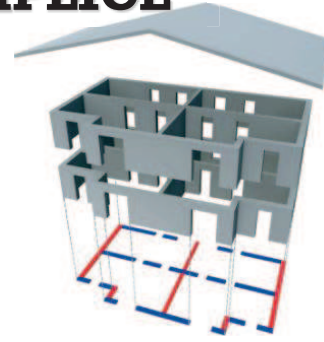
30



Progettare in muratura portante

EDIFICIO SEMPLICE IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8.1.9

EDIFICIO SEMPLICE



Ing. Roberto Calliari



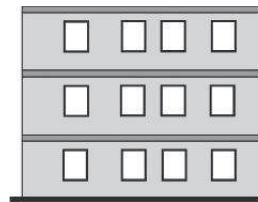
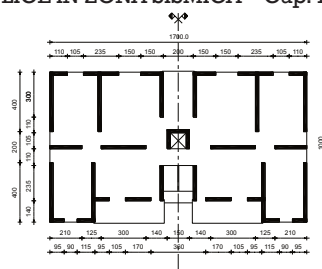
31



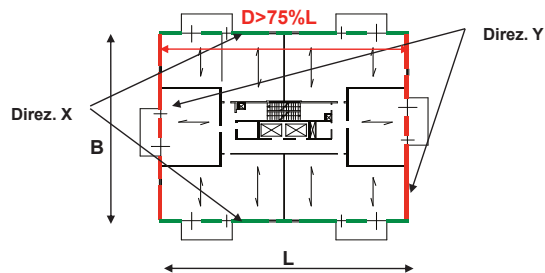
Progettare in muratura portante

EDIFICIO SEMPLICE IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8.1.9

Regolarità in pianta ed elevazione



In ciascuna delle due direzioni siano previste almeno due sistemi di pareti di lunghezza complessiva, al netto delle aperture, ciascuno non inferiore al 50% della dimensione dell'edificio nella medesima direzione



Ing. Roberto Calliari



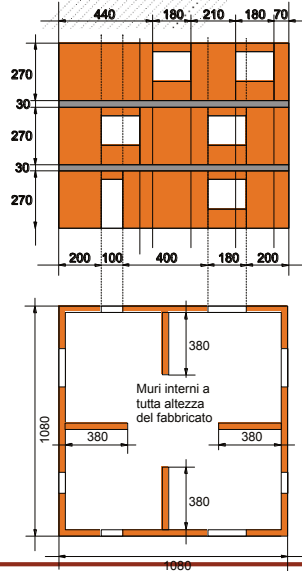
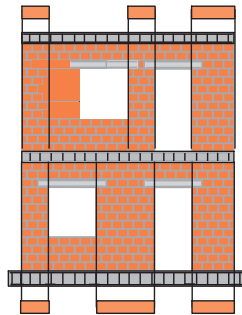
32



Progettare in muratura portante

EDIFICIO SEMPLICE IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8.1.9

Le pareti strutturali
siano continue dalle
fondazioni alla sommità
dell'edificio



Ing. Roberto Calliari



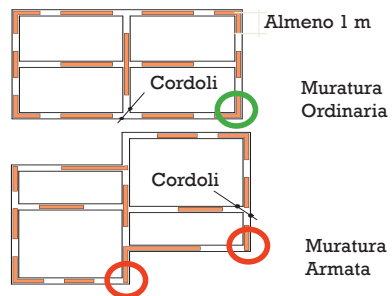
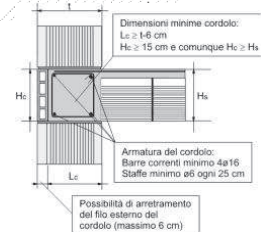
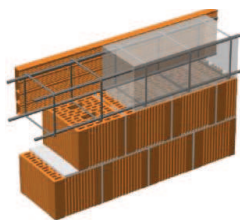
33



Progettare in muratura portante

EDIFICIO SEMPLICE IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8.1.9

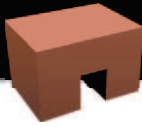
Rispetto dei dettagli
costruttivi generali per
la muratura ordinaria o
per la muratura armata



Ing. Roberto Calliari



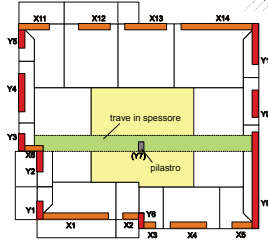
34



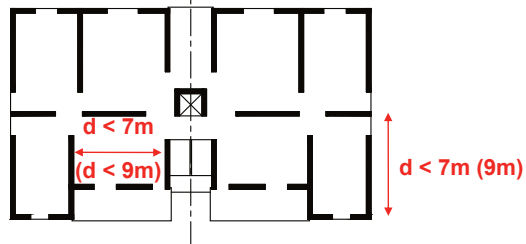
Progettare in muratura portante

EDIFICIO SEMPLICE IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8.1.9

Almeno il 75 % dei carichi verticali sia portato da pareti che facciano parte del sistema resistente alle azioni orizzontali



In ciascuna delle due direzioni siano presenti pareti resistenti alle azioni orizzontali con interasse non superiore ai 7 m, elevabili a 9 m per edifici in muratura armata



Ing. Roberto Calliari



35



Progettare in muratura portante

EDIFICIO SEMPLICE IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8.1.9

- Nessuna altezza interpiano sia superiore a 3.5 m.;
- Massimo nr. piani: nr. 3 piani per M.O. nr. 4 piani per M.A.
- No zona 1 (DM 14/01/08)

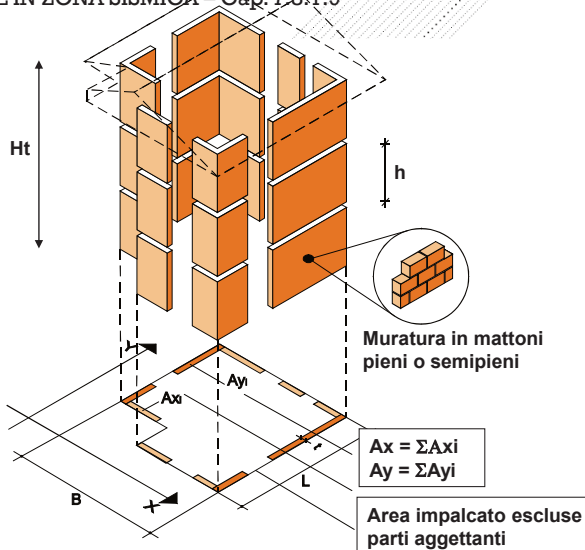
$$\sigma = \frac{N}{A} \leq 0.25 \frac{f_k}{\gamma_M}$$

N = carico verticale totale alla base del piano considerato

A = area totale muri portanti

f_k = resistenza caratteristica a compressione della muratura

γ_M = coefficiente parziale di sicurezza



Ing. Roberto Calliari



36



Progettare in muratura portante

EDIFICIO SEMPLICE IN ZONA SISMICA – Cap. 7.8.1.9

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

Accelerazione di picco del terreno $a_g^*S^*S_T$		$\leq 0.07g$	$\leq 0.1g$	$\leq 0.15g$	$\leq 0.20g$	$\leq 0.25g$	$\leq 0.30g$	$\leq 0.35g$	$\leq 0.40g$	$\leq 0.45g$	$\leq 0.4725g$
Tipo di struttura	Numero piani										
Muratura ordinaria	1	3.5 %	3.5 %	4.0 %	4.5 %	5.0 %	5.5 %	6.0 %	6.0 %	6.0 %	6.5 %
	2	4.0 %	4.0 %	4.5 %	5.0 %	5.5 %	6.0 %	6.5 %	6.5 %	6.5 %	7.0 %
	3	4.5 %	4.5 %	5.0 %	5.5 %	6.0 %	6.5 %	7.0 %			
Muratura armata	1	2.5 %	3.0 %	3.0 %	3.0 %	3.5 %	3.5 %	4.0 %	4.0 %	4.5 %	4.5 %
	2	3.0 %	3.5 %	3.5 %	3.5 %	4.0 %	4.0 %	4.5 %	5.0 %	5.0 %	5.0 %
	3	3.5 %	4.0 %	4.0 %	4.0 %	4.5 %	5.0 %	5.5 %	5.5 %	6.0 %	6.0 %
	4	4.0 %	4.5 %	4.5 %	5.0 %	5.5 %	5.5 %	6.0 %	6.0 %	6.5 %	6.5 %

Ing. Roberto Calliari



37



Edificio portante in muratura armata

LA MURATURA ARMATA

Ing. Roberto Calliari



38



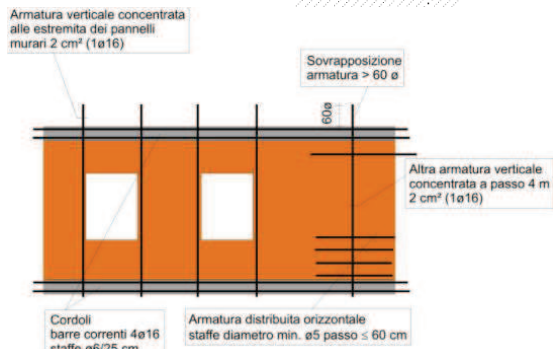
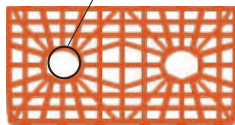
Progettare in muratura portante

EDIFICIO IN MURATURA ARMATA – Cap. 4.5

DETTAGLI PROGETTUALI

- Malta \geq M10
- Cls \geq C12/15
- $\gamma = 1.15$
- $\phi_{\min} 5$ mm
- $0.04\% \leq A_{\text{orizz.}} \leq 0.5\%$
- passo staffe ≤ 60 cm
- $0.05\% \leq A_{\text{vert.}} \leq 1.0\%$
- sovrapp. $> 60\phi$

Foro alloggiamento
 $\phi_{\min} 6$ cm



REQUISITI AGGIUNTIVI PER ZONA SISMICA – Cap. 7.8.3.1

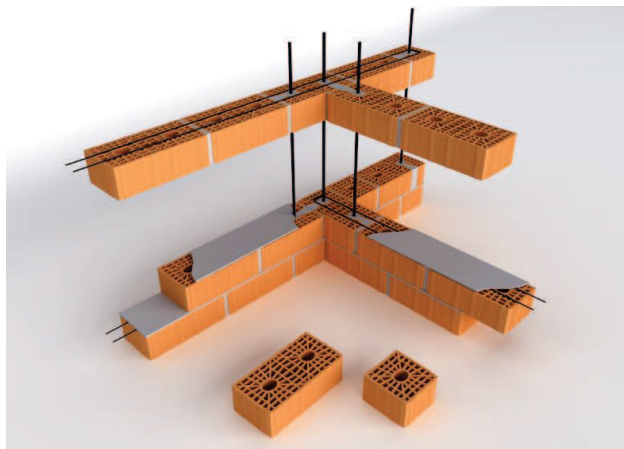
- Solai infinitamente rigidi nel proprio piano
- Si trascurano le rigidità trasversali delle pareti
- Possibilità di considerare fasce murarie armate



Progettare in muratura portante

MURATURA ARMATA

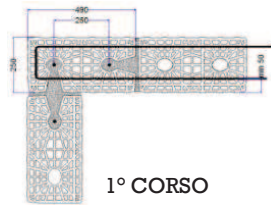
SEQUENZA CORSI



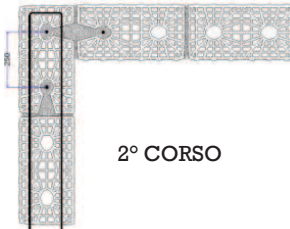


Progettare in muratura portante

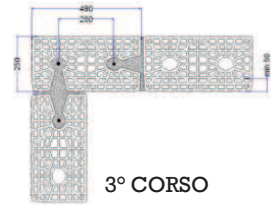
SEQUENZA CORSI PER ANGOLO



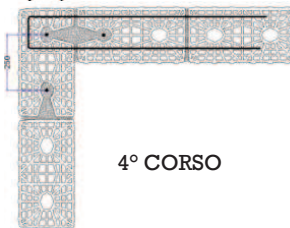
1° CORSO



2° CORSO



3° CORSO

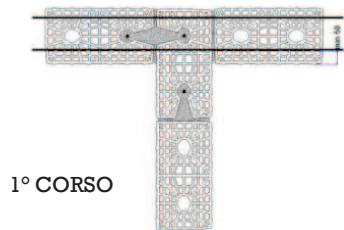


4° CORSO

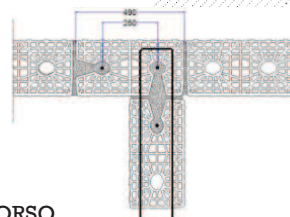


Progettare in muratura portante

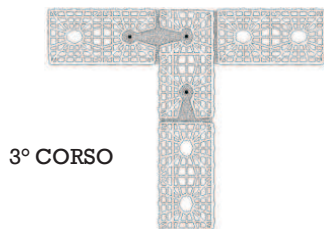
SEQUENZA CORSI PER INTERSEZION A "T"



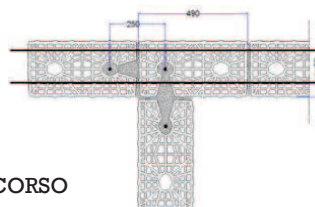
1° CORSO



2° CORSO



3° CORSO



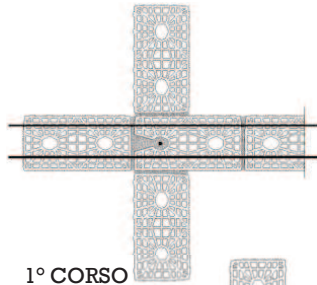
4° CORSO



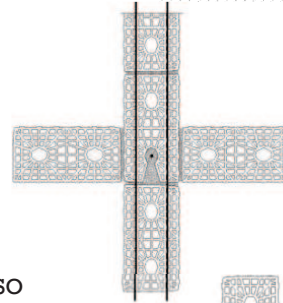


Progettare in muratura portante

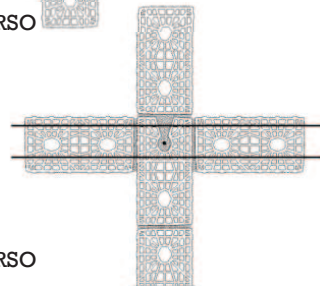
SEQUENZA CORSI PER INTERSEZIONE



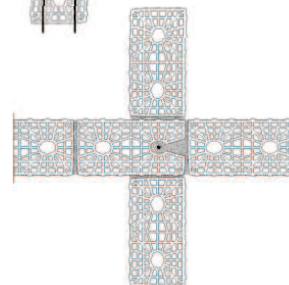
1° CORSO



2° CORSO



3° CORSO



4° CORSO

Ing. Roberto Calliari



43



Edificio portante in muratura armata



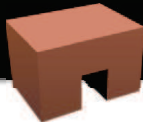
REALIZZAZIONE DELL'ANGOLO



Ing. Roberto Calliari



44



Edificio portante in muratura armata



LE ARMATURE ORIZZONTALI



Ing. Roberto Calliari



45



Edificio portante in muratura armata

LA POSA DEI BLOCCHI



SFALSAMENTO CORSI

IL PRIMO CORSO



Ing. Roberto Calliari



46



Edificio portante in muratura armata

DETTAGLI COSTRUTTIVI



GLI IMPIANTI

L'ARCHITRAVE



Edificio portante in muratura armata

Considerazioni conclusive

- ❑ L'edificio in muratura portante può essere realizzato in zona sismica;
- ❑ Un edificio regolare in altezza e in pianta, con corretta percentuale di muratura nelle due direzioni può essere considerato "semplice" e quindi non richiede ulteriori calcolazioni;
- ❑ Un edificio complesso può essere realizzato in muratura armata e quindi mantenere un costo di costruzione inferiore alla tipologia a telaio in c.a.;
- ❑ Un edificio in muratura (ordinaria o armata) è di facile realizzazione per ogni impresa e consente di ottenere tempi più rapidi di costruzione con maestranze meno specializzate;

LO STUDIO DEI DETTAGLI

EFFICIENZA ENERGETICA

Copertura

Pareti opache

Finestre e areazione

Solai

$Sfasamento = B$
 $Fattore Attenuazione = \frac{A}{A}$

L'efficienza energetica di un edificio, non può essere fatta guardando un solo aspetto, ma considerando l'oggetto "edificio" nel suo insieme: involucro (pareti, tetto, finestre, solai, ecc.), impianti e progetto architettonico.

Ing. Roberto Calliari

50



SOTTOSISTEMI IN LATERIZIO

Differenti soluzioni in laterizio



- Pareti monostrato portanti con termointonaco o cappotto
- Pareti monostrato di tamponamento con termointonaco o cappotto
- Pareti pluristrato (portanti o di tamponamento) con intercapedine isolata

Ing. Roberto Calliari

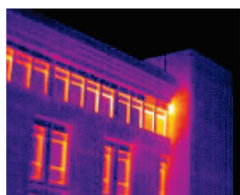


51



LO STUDIO DEI DETTAGLI

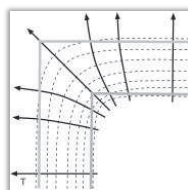
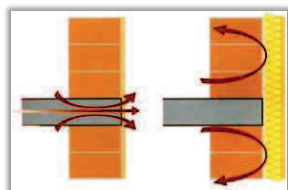
I PONTI TERMICI



I nodi costruttivi sono elementi di discontinuità di materiali e di forma; conseguenza diretta è un'anomalia termica, nota con il nome di **ponte termico**.

Le anomalie termiche sono causa di:

- perdite di calore maggiori rispetto al valore calcolabile con le trasmittanze termiche;
- abbassamento superficiale della temperatura;



Ing. Roberto Calliari

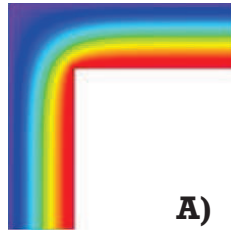
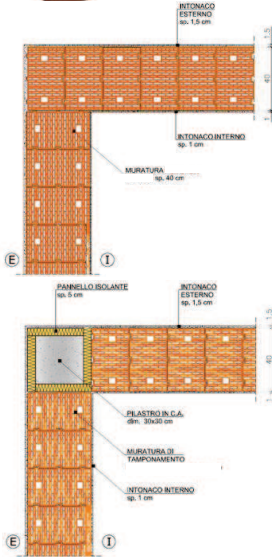


52

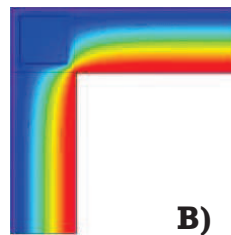


LO STUDIO DEI DETTAGLI

ANGOLO IN MURATURA (da tamponamento)

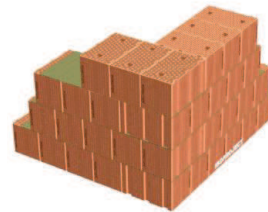


A)



B)

Descrizione	Valore (sol. A)	Valore (sol. B)	Unità di misura
Coefficiente di accoppiamento termico	0,664	0,686	W/(mK)
Trasmittanza termica lineica interna	0,067	0,092	W/(mK)
Trasmittanza termica lineica esterna	-0,182	-0,156	W/(mK)
Fattore di temperatura superficiale	0,898	0,885	adim



Ing. Roberto Calliari

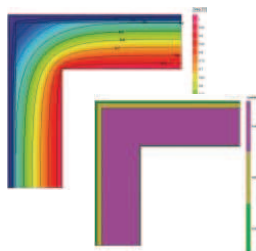


53

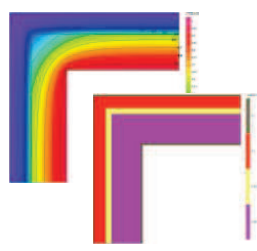


LO STUDIO DEI DETTAGLI

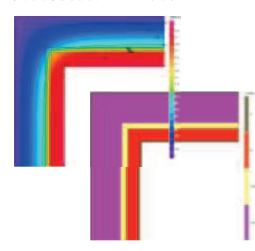
ANGOLO IN MURATURA (da tamponamento)



Mostrato con cappotto



Doppia parete con tramezza esterna



Doppia parete con tramezza interna

Descrizione	Sigla	Valore calcolato	Valore calcolato	Valore calcolato	Valore di riferimento
Coefficiente lineico lato interno	ψ_i	0,100 W/mK	0,094 W/mK	0,086 W/mK	
Coefficiente lineico lato esterno	ψ_e	-0,175 W/mK	-0,195 W/mK	-0,204 W/mK	
Fattore di temperatura superficiale	f_{Rsi}	0,890	0,900	0,910	> 0,700
Lunghezza sviluppo ponte considerato (int.)	l_i	2,000 m	2,000 m	2,000 m	
Lunghezza sviluppo ponte considerato (est.)	l_e	3,020 m	3,020 m	3,020 m	

Ing. Roberto Calliari

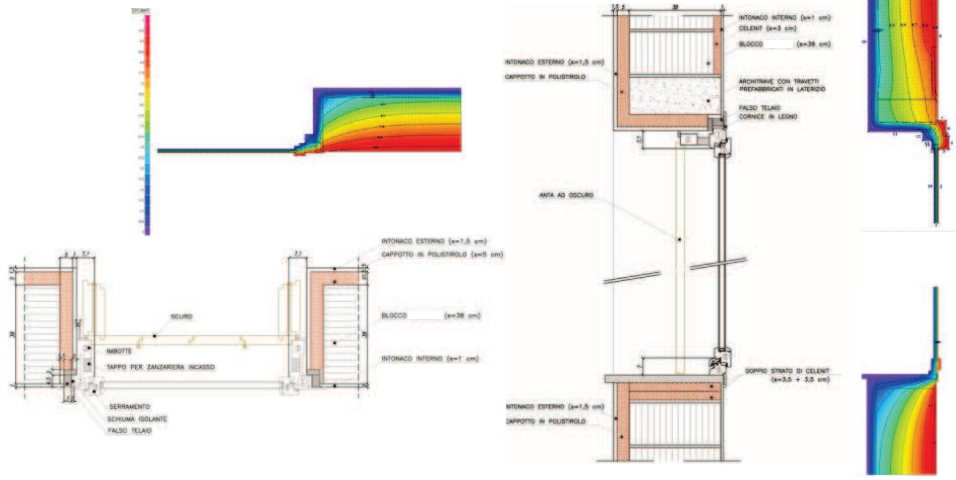


54



LO STUDIO DEI DETTAGLI

ATTACCO SERRAMENTO



Ing. Roberto Calliari

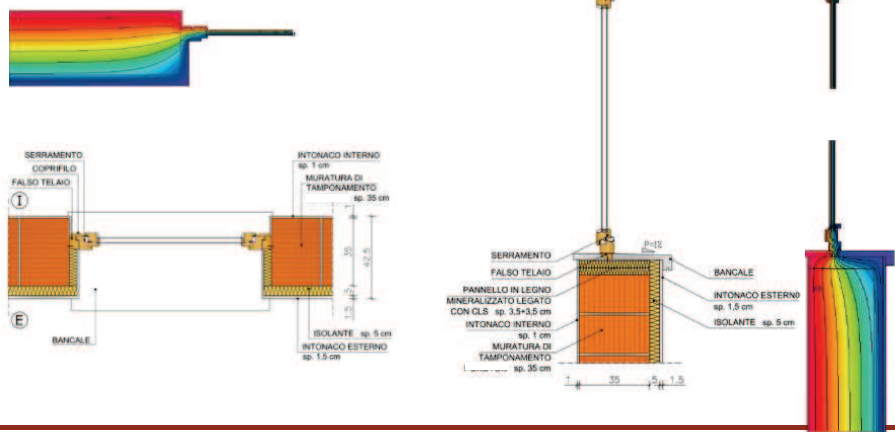


55



LO STUDIO DEI DETTAGLI

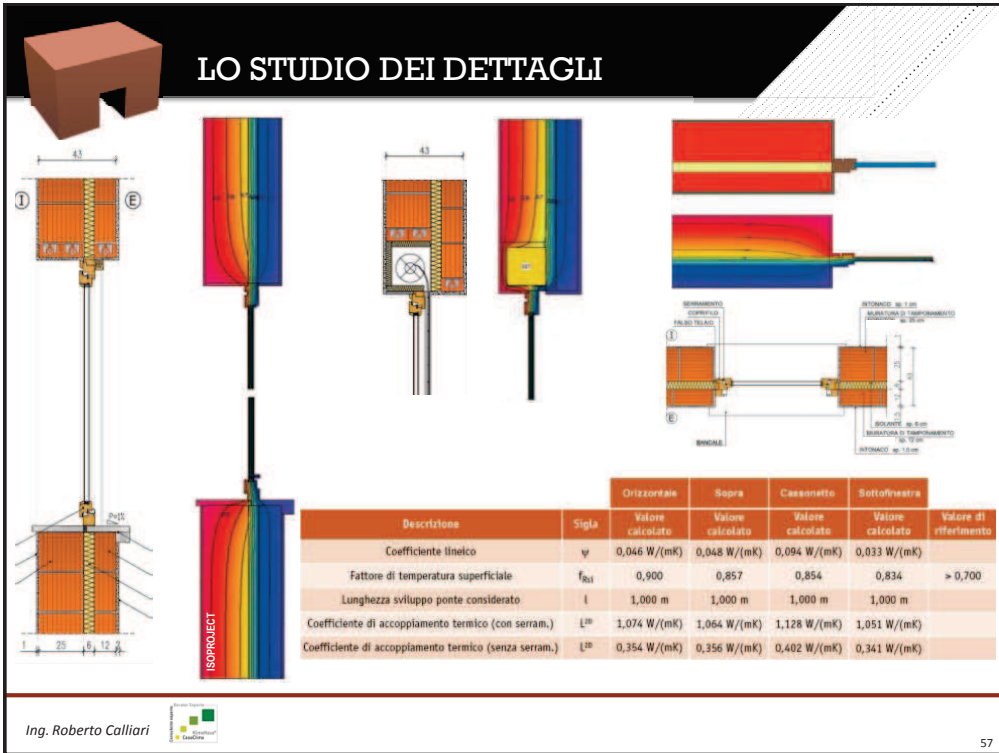
ATTACCO SERRAMENTO



Ing. Roberto Calliari



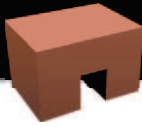
56



57

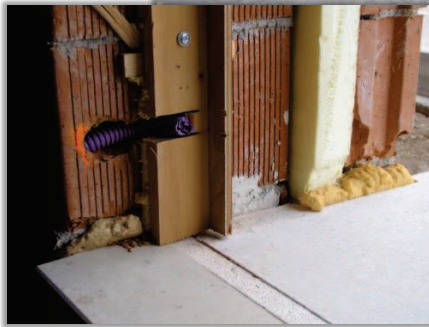


58



LO STUDIO DEI DETTAGLI

DETTAGLI TERMICI

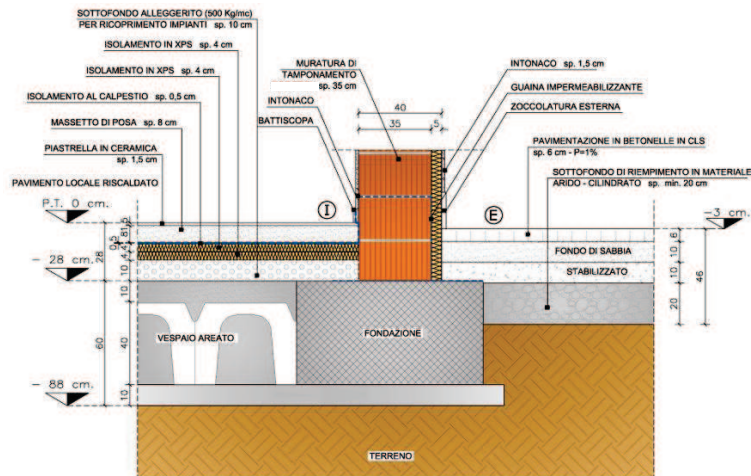


Ing. Roberto Calliari



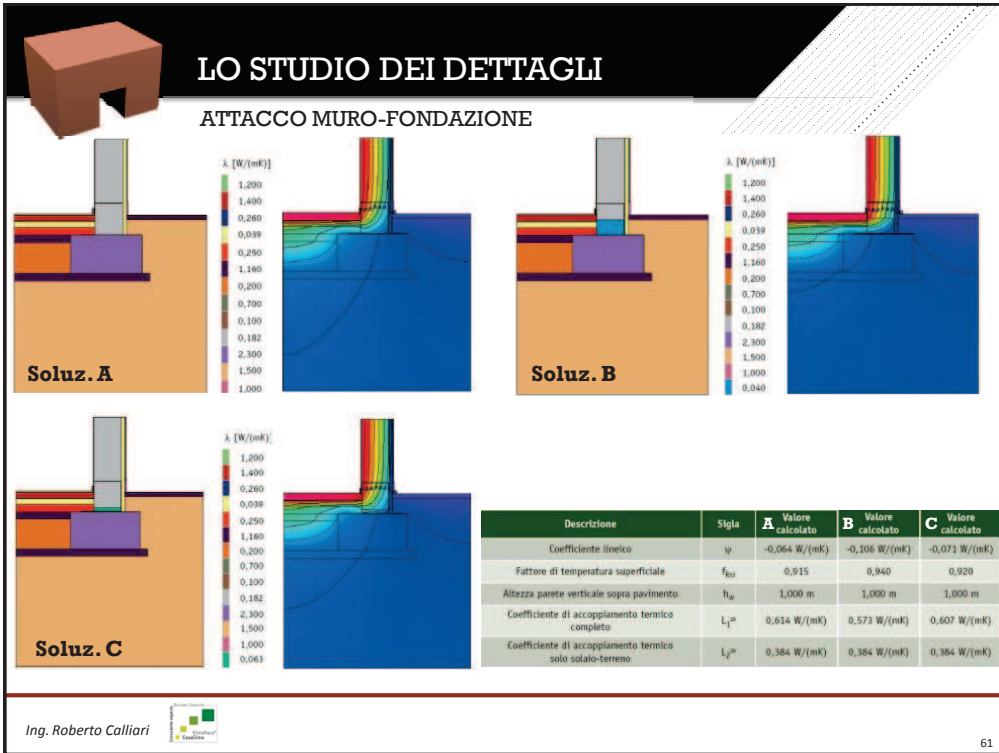
LO STUDIO DEI DETTAGLI

ATTACCO MURO-FONDAZIONE



Ing. Roberto Calliari





61



62

LO STUDIO DEI DETTAGLI

SOLAIO-PARETE ESTERNA

Il ponte termico del cordolo non è stato ridotto

È stato utilizzato un blocco a fori orizzontali per arrivare in quota

Il ponte termico del cordolo è stato adeguatamente corretto con l'inserimento di un elemento isolante

Per arrivare in quota è stato utilizzato lo stesso blocco tagliato a misura

Ing. Roberto Calliari

63

LO STUDIO DEI DETTAGLI

PILASTRO-TAMPONAMENTO

Il ponte termico del pilastro in c.a. non è stato ridotto

Elevato rischio di formazione di fessure nella giunzione muro-pilastro

Il ponte termico del pilastro è stato adeguatamente corretto con l'inserimento di un elemento isolante

L'inserimento di appositi reti da intonaco elimina il rischio di formazione di fessure in corrispondenza della giunzione dei materiali

Tavella in laterizio (o isolante)

Pilastro in c.a.

Blocco da tamponamento in laterizio 35x25x19 cm

Intonaco interno spess. 1,0 cm

Rasatura e finitura esterna spess. 1,0 cm

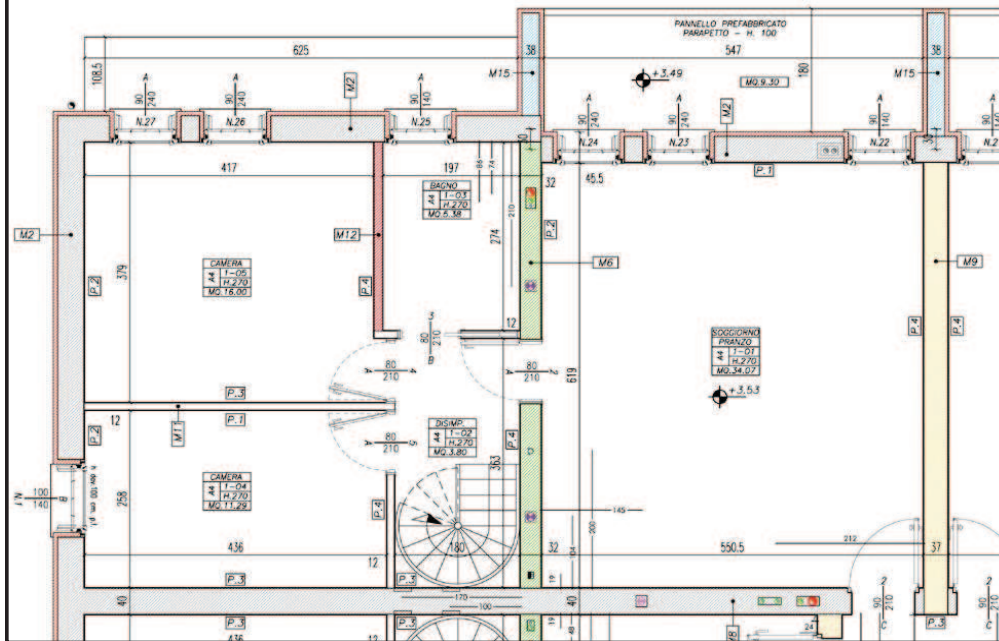
Isolante per cappotti spess. 5,0 cm

Ing. Roberto Calliari

64



UN ESEMPIO CONCRETO



Edificio in muratura di laterizio

REALIZZAZIONE





Edificio portante in muratura armata

L'EDIFICIO COMPLETO



Ing. Roberto Calliari



69



L'INVOLUCRO

LA CASA IN LATERIZIO

PECULIARITÀ DI UNA CASA IN LATERIZIO

- Sostenibilità ambientale
- Benessere abitativo
- Innovative tecnologie costruttive
- Risparmio energetico
- Isolamento acustico
- Costruzione massiva
- Struttura antisismica
- Qualità certificata
- Sicurezza sul lavoro
- Ottimo rapporto qualità/prezzo

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



ISOLIAMO LA NOSTRA CASA ... e PROTEGGIAMO IL NOSTRO PORTAFOGLIO

Ing. Roberto Calliari



70