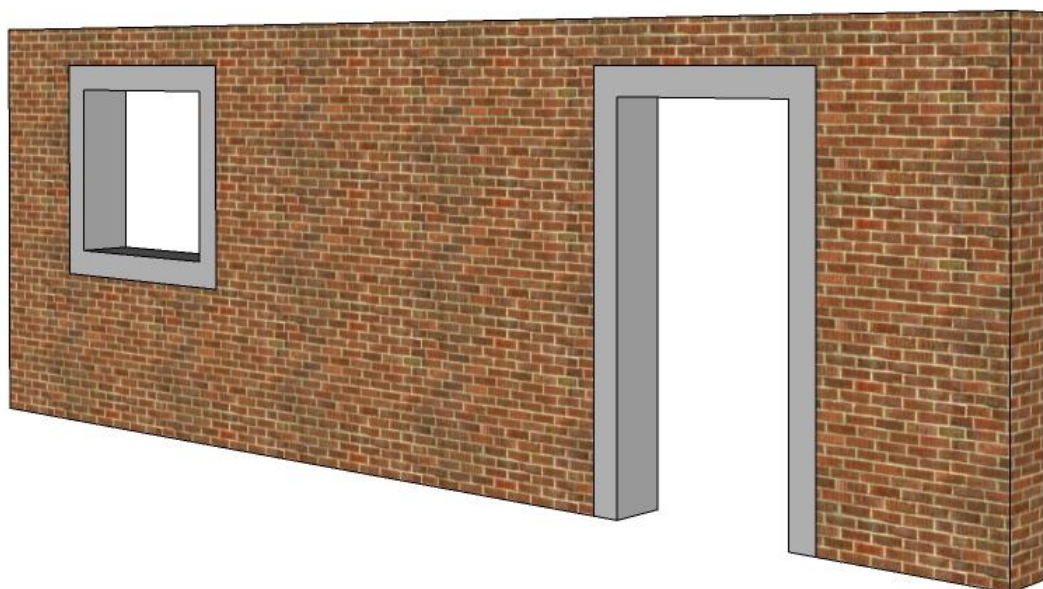


# Il calcolo delle cerchiature in c.a. per gli interventi locali



Adriano Castagnone  
Davide Cerroni

## Indice

Descrizione dell'intervento .....	3
Descrizione della struttura .....	3
Descrizione del calcolo tramite il modulo Et – Calcolo rinforzi in c.a. per aperture.....	5
1- Studio dello stato di fatto.....	5
2- Studio dello stato di progetto .....	6
Bibliografia .....	10

*La presente pubblicazione è tutelata dalla legge sul diritto d'autore e non può essere divulgata senza il permesso scritto degli autori.  
Gli autori non si assumono alcuna responsabilità circa il contenuto e le formule riportate.*

S.T.A. DATA srl  
Corso Raffaello, 12 - 10126 Torino  
tel. 011 6699345 [www.stadata.com](http://www.stadata.com)

## Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede l'inserimento di due nuove aperture in una parete in muratura portante.

Come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni, la verifica dell'edificio sarà limitata alla verifica locale dell'elemento modificato, dimostrando che la sua rigidezza non cambi significativamente e che la sua resistenza e capacità di deformazione, anche in campo plastico, non peggiorino ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali (Circ. n. 617 del 2 Febbraio 2009, C8.4.3). <sup>1</sup>

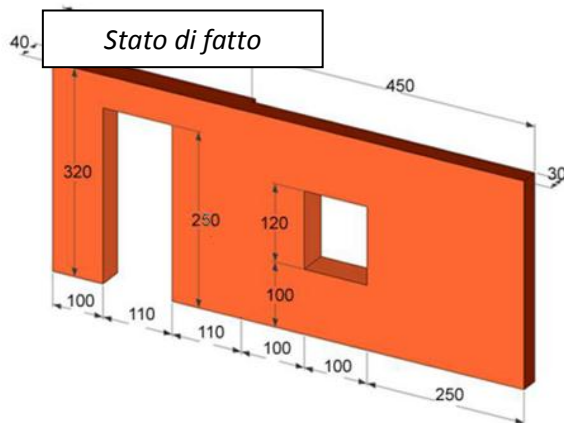
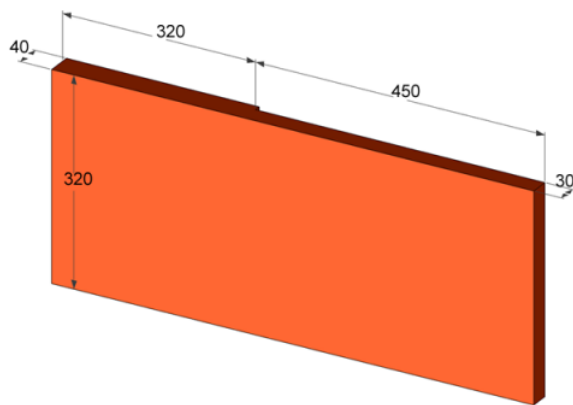
## Descrizione della struttura

La parete muraria oggetto dell'intervento è realizzata in mattoni pieni e malta di calce e misura complessivamente 7,5 m di lunghezza, di cui 3 m di spessore pari a 40 cm e i restanti 4,5 m di spessore pari a 30 cm. L'altezza di interpiano è costante per l'intera parete e pari a 3,2 m.

Il carico derivante dal solaio e dalla muratura sovrastante è stato valutato pari a 220 kN/m per il tratto di spessore 40 cm, 200 kN/m per quello di spessore 30 cm.

---

<sup>1</sup> Per approfondimenti vedi: Sergio Lagormarsino, Serena Cattari - La realizzazione di aperture nelle pareti in muratura: tipologie di intervento, comportamento sismico della parete e dell'edificio, dimensionamento e verifica.



Stato di fatto

Stato di progetto

In base all'analisi visiva si può classificare la muratura secondo la tabella C8A.2.1 nella famiglia "Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno" con livello di conoscenza LC 1 – Limitate indagini a cui corrispondono le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Modulo elastico normale medio      E      1230    N/mm<sup>2</sup>;
- Modulo elastico tangenziale medio    G      410    N/mm<sup>2</sup>;
- Resistenza media a compressione    f<sub>m</sub>    200    N/cm<sup>2</sup>;
- Resistenza media a taglio            t      3.5    N/cm<sup>2</sup>;

Essendo la verifica di tipo sismico, il coefficiente di sicurezza parziale della muratura  $\gamma_m$  è assunto pari a 1, pertanto i valori sopra riportati corrispondono ai valori di calcolo.

# Descrizione del calcolo tramite il modulo Et - Calcolo rinforzi in c.a. per aperture

## 1- Studio dello stato di fatto

Inizialmente è necessario definire la muratura che costituisce la parete in analisi.

Dati Materiali

Nome	Tipo

+ Aggiungi    ⚙ Modifica    ✖ Elimina

Definizione materiali

Nome: Mur1

Tipo materiale: Muratura

Tipo: Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e r

Livello di conoscenza: -- Limitate indagini -- LC1

Modulo elastico normale medio: E 1'230 N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico tangenziale medio: G 410 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a compressione: fm 200.00 N/cm<sup>2</sup>

Resistenza media a taglio: τ 3.50 N/cm<sup>2</sup>

Coefficiente di sicurezza: γm 1.00

Coefficiente di riduzione rigidezza per fessurazione: αf 1.00

OK    Annulla

A questo punto è possibile definire la geometria della parete. Essendo costituita da due tratti di spessore diverso, dovranno aggiungersi due pannelli, lasciando vuoti i campi relativi alle aperture.

	Maschio murario					Apertura		
Nr. Pannello	Materiale	L [cm]	H [cm]	S [cm]	q [kN/m]	b [cm]	h [cm]	Cerchiatura
1								

+ Aggiungi    ⚙ Modifica    ✖ Elimina

**Definizione parete**

**Maschio murario**

Materiale: Mur1

Lunghezza: L 450 cm

Altezza: H 320 cm

Spessore: s 30 cm

Carico a metà altezza: q 200.00 kN/m

**Apertura**

Lunghezza: L [ ] cm

Altezza: H [ ] cm

Cerchiatura: [ ]

OK Annulla

I risultati ottenuti in questa prima fase sono i seguenti:

**Dati Materiali**

Nome	Tipo
Mur1	Muratura

+ Aggiungi    ⚙ Modifica    ✖ Elimina

**Dati Cerchiatura**

Nome	Cls	Acciaio	b [cm]	h [cm]	c [cm]	Af,tot [mm <sup>2</sup> ]	Φs [mm]	p [cm]

+ Aggiungi    ⚙ Modifica    ✖ Elimina

Maschio murario						Apertura		
Nr. Pannello	Materiale	L [cm]	H [cm]	S [cm]	q [kN/m]	b [cm]	h [cm]	Cerchiatura
1	Mur1	320	320	40	220.00			
2	Mur1	450	320	30	200.00			

+ Aggiungi    ⚙ Modifica    ✖ Elimina

**Parametri**

Resistenza: **489.97** kN

Rigidezza: **2'333.44** kN/cm

Lavoro: **575.71** kN cm

Calcola

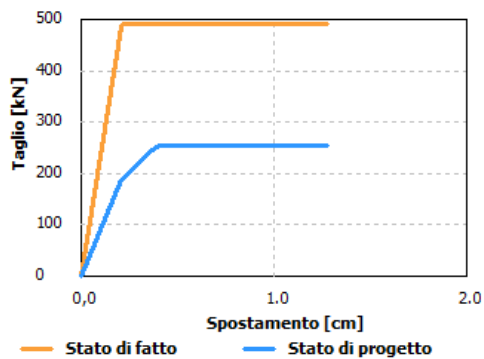
## 2- Studio dello stato di progetto

Nello stato di progetto la presenza di aperture di altezza diverse comporta diverse possibilità per la scelta dell' "altezza efficace" (si veda la guida del modulo per maggiori dettagli). In questo caso si è adottata un'altezza costante pari all'interpiano.

Inizialmente si dovranno inserire i dati relativi ai pannelli murari ed alle aperture:

Maschio murario						Apertura		
Nr. Pannello	Materiale	L [cm]	H [cm]	S [cm]	q [kN/m]	b [cm]	h [cm]	Cerchiatura
1	M1	100	320	40	220.00	100	250	
2	M1	110	320	40	220.00			
3	M1	110	320	30	200.00	100	120	

Effettuando il calcolo senza ulteriori modifiche si può vedere il comportamento della parete con le aperture e senza le cerchiature di rinforzo:



Resistenza		
Stato di fatto:	489.97	kN
Stato di progetto:	255.28	kN
Miglioramento:	0.52	
Rigidezza		
Stato di fatto:	2'333.44	kN/cm
Stato di progetto:	906.77	kN/cm
Variazione:	-61.14	%

Lavoro		
Stato di fatto:	575.71	kN cm
Stato di progetto:	286.85	kN cm
Variazione:	-50.17	%
La verifica è <b>NON SODDISFATTA</b>		
<input type="button" value="Calcola"/>		

Per eseguire la verifica con il rinforzo è necessario definire i materiali calcestruzzo e acciaio che saranno impiegati.

**Definizione materiali**

Nome

Tipo materiale

Tipo

Resistenza caratteristica a compressione fck  MPa

Modulo elastico istantaneo Ecm  MPa

Coefficiente di riduzione carichi lunga durata  $\alpha_{cc}$

Coefficiente di sicurezza parziale  $\gamma_c$

Coefficiente di riduzione rigidezza per fessurazione  $\alpha_f$

**Definizione materiali**

Nome

Tipo materiale

Tipo

Resistenza caratteristica a snervamento fyk  MPa

Modulo elastico Es  MPa

Deformazione a rottura  $\epsilon_{yu}$   %

Coefficiente di sicurezza parziale  $\gamma_s$

A questo punto è possibile definire le caratteristiche delle cerchiature impiegate. In questo caso sono state adottate due cerchiature di larghezza differente, pari allo spessore del maschio murario in cui saranno inserite.

**Definizione parametri cerchiatura**

Nome

Tipo calcestruzzo

Tipo acciaio

Larghezza b  cm

Altezza h  cm

Copriferro c  cm

Area armatura longitudinale totale Atot  mm<sup>2</sup>

Diametro staffe  $\phi_s$   mm

Passo staffe P1  cm



**Dati Cerchiatura**

Nome	Clis	Acciaio	b [cm]	h [cm]	c [cm]	Af,tot [mm <sup>2</sup> ]	Φs [mm]	p [cm]
C_Port	C28/35	B450C	40	25	2	1526	8	15
C_Fin	C28/35	B450C	30	25	2	1526	8	15

Dopo aver applicato le cerchiature definite alle rispettive aperture è possibile effettuare il calcolo della situazione di progetto.

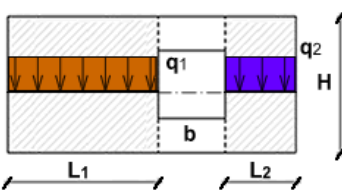
**Dati Materiali**

Nome	Tipo
Mur1	Muratura
B450C	Acciaio
C28/35	Calcestruzzo

**Dati Cerchiatura**

Nome	Clis	Acciaio	b [cm]	h [cm]	c [cm]	Af,tot [mm <sup>2</sup> ]	Φs [mm]	p [cm]
C_Port	C28/35	B450C	40	25	2	1526	8	15
C_Fin	C28/35	B450C	30	25	2	1526	8	15

Maschio murario					Apertura			
Nr. Pannello	Materiale	L [cm]	H [cm]	S [cm]	q [kN/m]	b [cm]	h [cm]	Cerchiatura
2	Mur1	110	320	40	220.00			
3	Mur1	110	320	30	200.00	100	120	C_Fin
4	Mur1	250	320	30	200.00			



Resistenza	Stato di fatto	Stato di progetto	Miglioramento
	489.97 kN	496.32 kN	1.01

Rigidezza	Stato di fatto	Stato di progetto	Variazione
	2'333.44 kN/cm	2'935.49 kN/cm	25.80 %

**Lavoro**

Stato di fatto	Stato di progetto	Variazione
575.71 kN cm	442.31 kN cm	-23.17 %

La verifica è **SODDISFATTA**

La variazione di lavoro tra la condizione prima e dopo l'intervento sulla parete permette di ben interpretare il comportamento durante l'intero processo deformativo della parete, a differenza della variazione di rigidezza che invece è rappresentativa unicamente della prima deformazione, quando tutti i pannelli murari ed i telai in c.a. sono in campo elastico. Pertanto è la variazione di lavoro il parametro su cui conviene focalizzare l'attenzione, comunque subordinato all'ottenimento di una resistenza complessiva uguale o maggiore rispetto a quella iniziale.

Nel caso in esame questi due aspetti soddisfano quanto richiesto dalla norma, pertanto la verifica locale è adeguata all'intervento.

## **Bibliografia**

Sergio Lagormarsino, Serena Cattari

La realizzazione di aperture nelle pareti in muratura: tipologie di intervento, comportamento sismico della parete e dell'edificio, dimensionamento e verifica. – Corso Ordine Ingegneri Bologna, 2011.

Norme Tecniche per le Costruzioni – DM 14-1-2008

Software ET – Manuale d'uso – [www.stadata.com](http://www.stadata.com)

Raccolta articoli di Ingegneria sismica - [faresismica.net](http://faresismica.net)