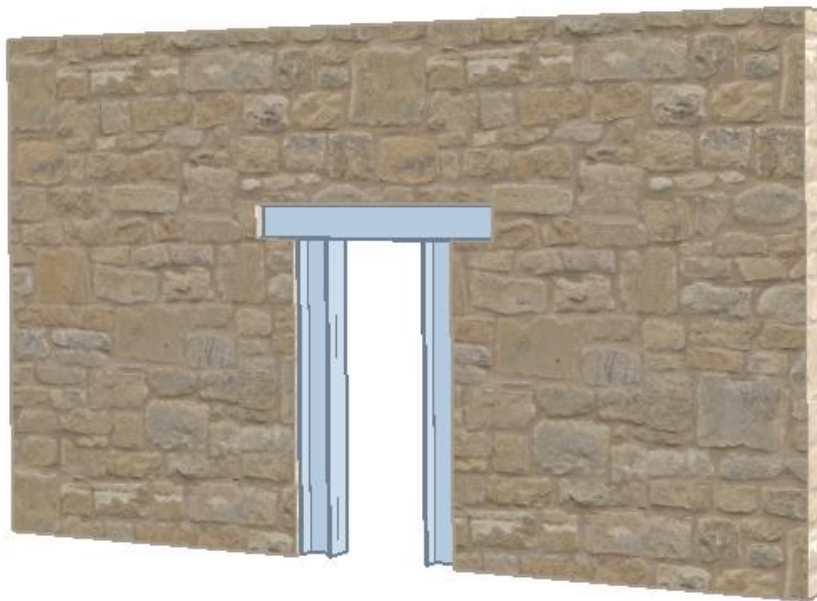


---

# RELAZIONE DI CALCOLO

Dimensionamento di cerchiatura in acciaio per apertura  
esistente



Proprietà:

ditta Bianchi Srl

Via Garibaldi 28

Milano (MI)

Il progettista delle strutture:

Ing. Rossi

---

## Cerchiatura

### Metodo di calcolo e verifica

Le verifiche per la realizzazione di un'apertura in muro esistente qui di seguito riportate sono state condotte con la finalità della messa in opera di sistemi costruttivi che garantiscano continuità con il comportamento strutturale originario.

Le verifiche vengono condotte secondo tre distinti criteri individuati nella Circolare 617 del 2009, capitolo C8.4.3:

*[...]Infine, interventi di variazione della configurazione di un elemento strutturale, attraverso la sua sostituzione o un rafforzamento localizzato (ad esempio l'apertura di un vano in una parete muraria, accompagnata da opportuni rinforzi) possono rientrare in questa categoria [Interventi Locali, ndr] solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza e la capacità di deformazione, anche in campo plastico, non peggiorino ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.*

- Il primo criterio è di ripristino della rigidezza secondo le indicazioni previste dalla Circolare 617 del 2009, dove viene richiesto che tale rigidezza non venga variata significativamente. Ai fini progettuali del seguente documento il limite 'significativo' di modifica della rigidezza del pannello murario è assunto pari al 15% della rigidezza originaria; tale limite è assunto da fonti bibliografiche e normative (cfr. testi e dispense del Prof. Sergio Lagomarsino e Linee Guida Regione Toscana 'Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti'). La valutazione della rigidezza è condotta mediante la seguenti espressioni.

Rigidezza della parete in muratura in corrispondenza dell'apertura:

$$K_m = \frac{G l t}{1,2 h} \frac{1}{1 + \frac{G}{1,2 E_m} \left(\frac{h}{l}\right)^2}$$

con:	G	modulo di elasticità tangenziale
	l	lunghezza della parete
	t	spessore della parete
	h	altezza di calcolo
	E <sub>m</sub>	modulo di elasticità della muratura

Rigidezza del telaio di rinforzo in corrispondenza dell'apertura:

$$K_t = 2 \frac{12 E J}{h^3}$$

con:	E	modulo di elasticità dell'acciaio
	J	momento di inerzia di un singolo montante
	h	altezza di calcolo

- Il secondo criterio adottato prevede il ripristino della resistenza alle azioni orizzontali del pannello murario, per questo motivo la resistenza a taglio della muratura originaria è individuata tra il minimo valore della resistenza a taglio per rottura a pressoflessione o per taglio. La resistenza del telaio è valutata in conseguenza dell'applicazione di forze orizzontali e quindi per l'azione tagliente che è in grado di sviluppare al raggiungimento della resistenza ultima a flessione.

Resistenza del pannello murario:

$$\min: \left( V_{m,pr} = \frac{l^2 t \sigma_0}{h} \left( 1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_m} \right) ; V_{m,t} = l t \frac{1,5 \tau_0}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_0}} \right)$$

con:	l	lunghezza della parete
	t	spessore della parete
	b	coefficiente correttivo ( $b = h/l$ , $1 < b < 1,5$ )
	h	altezza di calcolo
	$\sigma_0$	sforzo di compressione
	$\tau_0$	resistenza tangenziale
	$f_m$	resistenza a compressione

Resistenza del telaio di rinforzo:

$$V_t = 2 \frac{2 f_{yk} W}{\gamma_{M0} h}$$

con:	$f_{yk}$	resistenza a snervamento dell'acciaio
	W	modulo di resistenza elastico di un singolo montante
	$\gamma_{M0}$	coefficiente parziale di sicurezza per strutture in acciaio
	h	altezza di calcolo

- Il terzo criterio riguarda le capacità del pannello murario ed il comportamento dello stesso sia in campo elastico che plastico; lo scopo è di garantire che il rinforzo in opera non irrigidisca troppo la muratura, ma che ripristini le capacità del pannello originario per il suo spostamento ultimo.

Capacità in spostamento del pannello murario al limite elastico e plastico, rispettivamente:

$$d_y = \frac{V_m}{K_m}$$

$$d_u = 0,004 h \quad \text{per rottura a taglio}$$

$$d_u = 0,006 h \quad \text{per rottura a flessione}$$

Capacità in spostamento del telaio di rinforzo:

$$d_y = \frac{V_t}{K_t}$$

Qui di seguito vengono analizzati quindi i singoli interventi di rinforzo.

## Geometrie

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:

Parete			Apertura				
$h_m$	$L_m$	$s_m$	$L_a$	$h_a$	$L_p$	$h_t$	$d$
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
300	500	30	100	200	200	0	70

$h_m$	altezza della parete
$L_m$	larghezza della parete
$s_m$	spessore della parete
$L_a$	larghezza dell'apertura
$h_a$	altezza dell'apertura
$L_p$	posizione dell'apertura, rispetto all'estremo sinistro della parete
$h_t$	altezza da terra dell'apertura
$d$	distanza da un'eventuale ulteriore apertura (dato necessario a definire la larghezza dei setti resistenti)

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:

Colonne					Architrave			
$h_{c,c}$	profilato <sub>c</sub>	profilo doppio	$s_{c,c}$	$L_{c,c}$	$L_{a,c}$	$a_{a,c}$	profilato <sub>a</sub>	profilo doppio
cm			cm	cm	cm	cm		
200	HEB_200	No			150	25	IPE_200	Si

$h_{c,c}$	altezza delle colonne della cerchiatura
profilato <sub>c</sub>	tipo di profilato per le colonne della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)
$s_{c,c}$	spessore della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{c,c}$	larghezza della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{a,c}$	lunghezza dell'architrave della cerchiatura
$a_{a,c}$	sporgenza dell'architrave dal filo esterno delle colonne della cerchiatura
profilato <sub>a</sub>	tipo di profilato per l'architrave della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)

## Carichi e materiali

Per l'analisi della cerchiatura viene considerato un carico verticale agente sulla sommità della parete

$$N = 4500 \text{ N}$$

ridistribuito su tutta la lunghezza della parete.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali considerate nell'analisi sono riportate qui di seguito.

### Parete

#### Descrizione

Nome:	<b>Muratura esistente in pietrame disordinata</b>	Tipologia del materiale:	muratura
Tipo di muratura:	Esistente		
Descrizione:	Ciottoli, pietre erratiche e irregolari		

#### Tipologia e stato di conservazione

Tipologia di muratura:	Pietrame disordinato	Livello di conoscenza:	LC 1
------------------------	----------------------	------------------------	------

#### Interventi migliorativi

Intervento:

#### Caratteristiche muratura

Densità $\rho$ : 19.000 N/m <sup>3</sup>		Resistenza media a compressione $f_m$ :	1,000 N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico E:	870 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza media a taglio $\tau_0$ :	0,020 N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità tangenziale:	290 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di calcolo a compressione orizzontale media $f_{hm}$ :	0,500 N/mm <sup>2</sup>

Per la muratura esistente viene considerato un Fattore di Confidenza

$$FC = 1$$

### Colonne

#### Descrizione

Nome: <b>S 420</b>	Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche
Descrizione:	

#### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : 420,00 N/mm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ : 520,00 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico $E_s$ : 210.000,00 N/mm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità trasversale $G$ : 80.769,23 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,30	Densità $\rho$ : 77.009 N/m <sup>3</sup>
Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1,2E-05	Tensione ammissibile $\sigma_s$ : 264,87 N/mm <sup>2</sup>

### Architrave

#### Descrizione

Nome: <b>S 420</b>	Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche
Descrizione:	

## Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$  : 420,00 N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico  $E_s$  : 210.000,00 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson  $\nu$  : 0,30

Coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha_t$  : 1,2E-05

Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk}$  : 520,00 N/mm<sup>2</sup>

Modulo di elasticità trasversale  $G$  : 80.769,23 N/mm<sup>2</sup>

Densità  $\rho$  : 77.009 N/m<sup>3</sup>

Tensione ammissibile  $\sigma_s$  : 264,87 N/mm<sup>2</sup>

## Verifiche

Secondo il metodo di calcolo precedentemente illustrato vengono qui riportate le caratteristiche del rinforzo analizzato e le opportune verifiche che vengono elencate per le distinte capacità del sistema parete/rinforzo.

### Rigidezza

$K_m$	$K_a$	$K_c$	$K_{a,c}$	Variazione
N/m	N/m	N/m	N/m	%
86768617,02	56739130,43	35890426,51	92629556,95	106,75

$K_m$  Rigidezza della parete senza apertura

$K_a$  Rigidezza della parete con apertura

$K_c$  Rigidezza della cerchiatura

$K_{a,c}$  Rigidezza del sistema parete/rinforzo

Variazione Variazione della rigidezza

### Taglio resistente

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura	Cerchiatura ( $d_u$ )	Sistema parete/rinforzo	Verifica
N	N	N	N	N	
11210,29	4480,15	455680,00	430685,12	435165,27	SI

$V_m$  Taglio resistente della parete senza apertura

$V_a$  Taglio resistente della parete con apertura

$V_c$  Taglio resistente della cerchiatura

$V_{c,u}$  Taglio resistente della cerchiatura in corrispondenza dello spostamento ultimo

$V_{a,c}$  Taglio resistente del sistema parete/rinforzo

Verifica Verifica del ripristino della capacità di resistenza a taglio per il sistema parete/rinforzo

### Capacità in spostamento

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura ( $d_y$ )	Verifica
cm	cm	cm	
1,20	1,20	1,27	SI

$d_m$  Spostamento della parete senza apertura

$d_a$  Spostamento della parete con apertura

$d_t$  Spostamento al limite elastico della cerchiatura

Verifica Verifica della capacità in spostamento del sistema parete/rinforzo

### Architrave

$M_{Ed}$	$M_{Rd}$	$f_{max}$	Verifica
N m	N m	cm	
1176,25	163212,00	0,00	SI

$M_{Ed}$  Momento sollecitante

$M_{Rd}$  Momento resistente

$f_{max}$  Freccia massima (considerando la condizione a favore di sicurezza di appoggio-appoggio alle estremità)

Verifica Verifica della capacità a flessione dell'architrave