

Claudio Ciavattini

# Apertura Vani

in pareti portanti  
in zona sismica

## PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO

- Progetto degli interventi locali
- Calcolo rigidezza e resistenza ultima di una parete
- Dimensionamento delle cerchiature dei vani con telaio metallico
- Verifica agli SLU del telaio metallico e dei collegamenti
- Verifica agli SLU delle architravi metalliche
- Redazione della relazione tecnica e di calcolo

**Terza edizione**

Aggiornata alla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617

  
**GRAFILL**



# SOMMARIO

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	p.	5
<b>1.1.</b> Aspetti normativi .....	"	5
<b>1.2.</b> Percezione dell'indebolimento strutturale .....	"	7
<b>1.3.</b> Evoluzione della normativa.....	"	12
<b>2. COMPORTAMENTO DI PARETI IN MURATURA</b> .....	"	15
<b>2.1.</b> Calcolo della rigidezza.....	"	15
<b>2.1.1.</b> <i>Caso di parete con aperture</i> .....	"	17
<b>2.2.</b> Calcolo della resistenza .....	"	20
<b>2.2.1.</b> <i>Fascia di piano</i> .....	"	22
<b>2.2.2.</b> <i>Maschi murari</i> .....	"	23
<b>2.3.</b> Identificazione del livello di conoscenza .....	"	28
<b>2.3.1.</b> <i>La geometria</i> .....	"	28
<b>2.3.2.</b> <i>I dettagli costruttivi</i> .....	"	29
<b>2.3.3.</b> <i>Le proprietà dei materiali</i> .....	"	29
<b>2.4.</b> Livelli di conoscenza e caratteristiche dei materiali .....	"	33
<b>2.5.</b> Comportamento dei maschi murari .....	"	36
<b>Esempio 1</b> .....	"	38
<b>Esempio 2</b> .....	"	41
<b>3. REALIZZAZIONE DI NUOVE APERTURE</b> .....	"	49
<b>Esempio 3</b> .....	"	50
<b>3.1.</b> Verifica della rigidezza .....	"	52
<b>Esempio 4</b> .....	"	53
<b>3.1.1.</b> <i>Dimensionamento della cerchiatura metallica</i> .....	"	55
<b>Esempio 5</b> .....	"	57
<b>3.2.</b> Verifica della resistenza .....	"	59
<b>Esempio 6</b> .....	"	61
<b>3.3.</b> Posizione dell'apertura nella parete .....	"	65
<b>3.4.</b> Rinforzo dei maschi murari con FRP .....	"	68
<b>Esempio 7</b> .....	"	75
<b>3.5.</b> Rinforzo dei maschi murari con tecniche tradizionali .....	"	77
<b>4. VERIFICA DEL TELAIO METALLICO DI CERCHIATURA E DELL'ARCHITRAVE</b> .....	"	81
<b>4.1.</b> Classificazione delle sezioni .....	"	82

4.2.	Verifica del telaio .....	p.	84
4.2.1.	Verifica di resistenza agli SLU dei piedritti e del traverso .....	"	88
4.2.2.	Verifica di deformabilità del traverso superiore (SLE) .....	"	89
4.2.3.	Verifica delle unioni e dei giunti .....	"	90
4.3.	Verifica dell'architrave .....	"	98
4.3.1.	Verifica di resistenza allo SLU – collasso per formazione di cerniera plastica ..	"	99
4.3.2.	Verifica di deformabilità (SLE) .....	"	101
4.3.3.	Verifica della muratura per carichi concentrati .....	"	101
5.	<b>ESEMPI APPLICATIVI</b> .....	"	105
5.1.	Modifica delle aperture senza necessità di opere di rinforzo/consolidamento .....	"	106
5.2.	Modifica di aperture con inserimento di telaio metallico .....	"	122
□	<b>APPENDICE LEGISLATIVA</b> .....	"	143
	<b>Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>		
	Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni ( <i>stralcio</i> ) .....	"	145
	<b>Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 settembre 2005</b>		
	Norme tecniche per le costruzioni ( <i>stralcio</i> ) .....	"	153
	<b>Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 16 gennaio 1996</b>		
	Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche ( <i>stralcio</i> ) .....	"	157
	<b>Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617</b>		
	Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 ( <i>stralcio</i> ) .....	"	165
	<b>Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274</b>		
	Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.....	"	168
□	<b>GUIDA ALL'INSTALLAZIONE ED ALL'UTILIZZO DEL SOFTWARE</b> .....	"	171
	Contenuti del CD-ROM .....	"	171
	Requisiti minimi hardware e software .....	"	172
	Procedura per la richiesta della password utente .....	"	172
	Procedura per l'installazione del software .....	"	172
	Primo avvio e registrazione del software .....	"	173
	Guida all'utilizzo del software .....	"	174
□	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	"	179
□	<b>LICENZA D'USO</b> .....	"	183
□	<b>SCHEDA DI REGISTRAZIONE</b> .....	"	184

## Capitolo 1

# Introduzione

### 1.1. Aspetti normativi

Gli interventi sugli edifici esistenti sono regolamentati dal punto 8 delle Norme Tecniche sulle Costruzioni (d'ora in avanti NTC) emanate con decreto ministeriale 14 gennaio 2008 e dalla Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009 contenente le "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" pubblicata sulla G.U.R.I. 26-02-2009, n. 47 – s.o..

Gli interventi vengono distinti in:

- interventi di adeguamento atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle norme;
- interventi di miglioramento atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle norme;
- riparazioni o interventi locali che interessino elementi isolati, e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Tale classificazione era già presente nelle precedenti norme tecniche (decreto ministeriale 16 gennaio 1996, punto C9 – decreto ministeriale 14 settembre 2005, capitolo 9); tuttavia le definizioni date per i sopraelencati interventi nelle varie norme tecniche che si sono succedute nel corso degli anni non sono esattamente corrispondenti fra di loro.

#### **Intervento di adeguamento**

*Costituisce obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza e, qualora necessario, all'adeguamento della costruzione, quando si prevede di:*

- a) *sopraelevare la costruzione;*
- b) *ampliare la costruzione mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;*
- c) *apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%; resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;*
- d) *effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.*

#### **Intervento di miglioramento**

*Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate.*

*È possibile eseguire interventi di miglioramento nei casi in cui non ricorrano le condizioni che rendono obbligatorio l'intervento di adeguamento.*

*Il progetto e la valutazione della sicurezza dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.*

### **Riparazione o intervento locale**

*In generale, gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.*

Il progetto di interventi su edifici esistenti dovrà comunque, di norma, comprendere le seguenti attività:

1. *Rilievo plano-altimetrico della costruzione;*
2. *Rilievo strutturale, comprese le strutture di fondazione;*
3. *Rilievo dello stato fessurativo e/o distorsivo della struttura;*
4. *Analisi dell'evoluzione storica-costruttiva della costruzione;*
5. *Studio geologico e analisi geotecnica, ove necessario;*
6. *Indagine sismica del sito, ove necessario;*
7. *Indagini sui terreni sulle strutture di fondazione, ove necessario;*
8. *Indagini sui materiali e valutazione dello stato di conservazione e di resistenza residua, da definire con prove sperimentali;*
9. *Rilievo dei dissesti, cause, entità;*
10. *Valutazione delle condizioni di sicurezza della struttura nello stato ante-intervento;*
11. *Relazione motivata dell'intervento di miglioramento previsto;*
12. *Verifica della sicurezza della struttura consolidata nello stato di post-intervento e nel corso delle fasi esecutive; giudizio di incremento della sicurezza.*

Nelle analisi e verifiche strutturali si dovranno prevedere adeguati “fattori di confidenza” che modificano i parametri meccanici in funzione dei “livelli di conoscenza” raggiunti nella fase di indagine pre-progettuale in riferimento a: indagine storica; rilievi geometrici; dettagli costruttivi; caratterizzazione dei materiali (si veda punto 2.3).

La tipologia d'intervento da prendere in considerazione nel caso dell'apertura di nuovi vani in pareti portanti (o la modifica di quelli esistenti) è certamente quella della “riparazione o intervento locale”.

Questo è confermato anche dalla Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009 contenente le "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" dove al punto C8.4.3 recita: “*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 (riparazione o intervento locale) solo a condizione che si dimostri che la rigidità 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*”.

Tuttavia, in funzione dell'entità dell'intervento, potrà essere considerato, l'intervento di “miglioramento sismico” o addirittura (per casi particolari) quello di “adeguamento sismico”.

A maggior ragione si considera l'intervento di miglioramento nel caso in cui l'edificio faccia parte del patrimonio culturale vincolato ai sensi del Codice dei Beni Culturali (D.L. n. 42/2004) dove all'articolo 29 si legge: “... *nel caso di beni immobili situati nelle zone dichiarate a rischio sismico in base alla normativa vigente, il restauro comprende l'intervento di miglioramento strutturale*”.

## 1.2. Percezione dell'indebolimento strutturale

In sostanza, intervenendo su parti limitate di strutture murarie, non si modifica il comportamento d'insieme della fabbrica a meno che, per una sfortunata e/o sconsiderata sommatoria di interventi parziali non coordinati si danneggi fortemente la struttura muraria privandola dei requisiti essenziali ad assolvere la funzione statica e sismoresistente. Infatti, spesso nelle ristrutturazioni di singoli appartamenti, non si tiene conto delle modificazioni complessive che l'edificio subisce a causa dei singoli interventi realizzati dai vari proprietari.

Per esemplificare meglio tale concetto si riporta l'esempio seguente.

Si tratta di un edificio in muratura composto da piano terra, piano primo e piano secondo con tre committenti diversi (uno per piano) che decidono, in tempi successivi, di intraprendere lavori di ristrutturazione interna prevedendo modifiche nelle aperture nei muri portanti.

Si ipotizza di individuare tre fasi distinte, nel corso delle quali si compiono i lavori ai vari appartamenti:

- Fase 1: al tempo  $t_1$  vengono realizzati i lavori di ristrutturazione dell'appartamento posto al piano terra;
- Fase 2: al tempo  $t_2$  vengono realizzati i lavori di ristrutturazione dell'appartamento posto al piano secondo;
- Fase 3: al tempo  $t_3$  vengono realizzati i lavori di ristrutturazione dell'appartamento posto al piano primo.

L'edificio in oggetto è rappresentato, in sezione, nella figura 1.1 che di seguito si riporta.

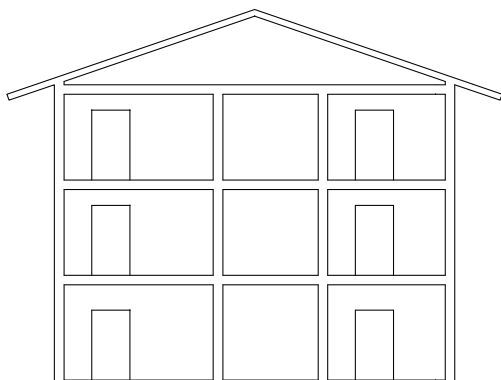


Fig. 1.1

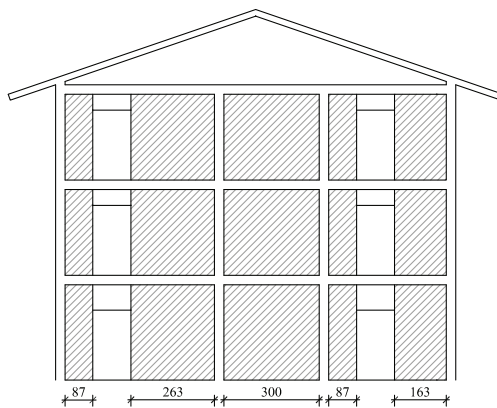


Fig. 1.2

Per ciascuna fase sono state calcolate, ai vari piani, le aree resistenti della parete considerata, tenendo conto che, quelle sismoresistenti devono avere continuità fino al suolo.

È possibile individuare una Fase 0 corrispondente allo stato iniziale dell'edificio, ossia la sua conformazione strutturale originaria, al momento della sua progettazione.

Le porzioni di muratura tratteggiate (fig. 1.2) indicano i maschi murari sismoresistenti, ossia quelli che hanno continuità strutturale fino alle fondazioni.

Supponendo uno spessore dei muri pari a 30 cm si ha che l'area resistente ad ogni piano equivale a 2,7 m<sup>2</sup> come meglio si evince dalla seguente tabella.

**Fase 0**

p. terra, primo, secondo	Lunghezze maschi murari (m)					
	0,87	2,63	3	0,87	1,63	
	L tot (m)	9				
	Spess (m)	0,3				
Area (m <sup>2</sup> )	2,7					

**Fase 1**

Sono stati eseguiti lavori di ristrutturazione del piano terra, che hanno portato alla realizzazione di una nuova apertura nella maglia centrale e lo spostamento verso destra dell'apertura già presente nella maglia di sinistra (fig. 1.3). Il nuovo assetto strutturale pertanto risulta essere variato.

Di seguito si riportano le aree resistenti ad ogni piano e la riduzione percentuale di queste rispetto allo stato originario.

P. T.:  $A = 2,44 \text{ m}^2$  riduzione del 10%

P. 1.:  $A = 2,08 \text{ m}^2$  riduzione del 23%

P. 2.:  $A = 2,08 \text{ m}^2$  riduzione del 23%

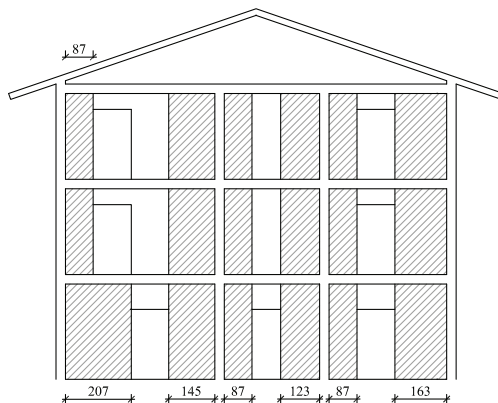


Fig. 1.3

Si riassumono di seguito, le caratteristiche geometriche della muratura sismoresistente, per ogni piano, relativamente alla fase considerata.

**Fase 1**

p. secondo	Lunghezze maschi murari (m)					
	0,87	1,45	0,87	1,23	0,87	1,63
	L tot (m)	6,92				
	Spess (m)	0,3	Area/Area iniziale		Riduzione di area %	
Area (m <sup>2</sup> )	2,08	0,77		23		

p. primo	Lunghezze maschi murari (m)					
	0,87	1,45	0,87	1,23	0,87	1,63
	L tot (m)	6,92				
	Spess (m)	0,3	Area/Area iniziale		Riduzione di area %	
Area (m <sup>2</sup> )	2,8	0,77		23		

p. terra	Lunghezze maschi murari (m)					
	2,07	1,45	0,87	1,23	0,87	1,63
	L tot (m)	8,12				
	Spess (m)	0,3	Area/Area iniziale		Riduzione di area %	
Area (m <sup>2</sup> )	2,44	0,9		10		

### Fase 2

Sono stati eseguiti lavori di ristrutturazione del secondo e ultimo piano, che hanno portato allo spostamento verso destra dell'apertura già presente nella maglia di sinistra e all'ampliamento e spostamento della porta nella maglia di destra (fig. 1.4). Il nuovo assetto strutturale pertanto risulta essere variato.

Di seguito si riportano le aree resistenti ad ogni piano e la riduzione percentuale di queste rispetto allo stato originario.

P. T.:  $A = 2,44 \text{ m}^2$  riduzione del 10%

P. 1.:  $A = 2,08 \text{ m}^2$  riduzione del 23%

P. 2.:  $A = 1,48 \text{ m}^2$  riduzione del 45%

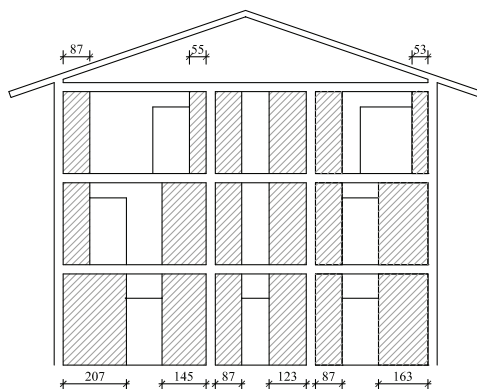


Fig. 1.4

Si riassumono di seguito, le caratteristiche geometriche della muratura sismoresistente, per ogni piano, relativamente alla fase considerata.

### Fase 2

p. secondo	Lunghezze maschi murari (m)					
	0,87	0,55	0,87	1,23	0,87	1,63
	L tot (m)	4,92				
	Spess (m)	0,3	Area/Area iniziale		Riduzione di area %	
Area (m <sup>2</sup> )	1,48	0,55		45		

p. primo	Lunghezze maschi murari (m)					
	2,07	1,45	0,87	1,23	0,87	1,63
	L tot (m)	6,92				
	Spess (m)	0,3	Area/Area iniziale		Riduzione di area %	
Area (m <sup>2</sup> )	2,08	0,77		23		

p. terra	Lunghezze maschi murari (m)					
		2,07	1,45	0,87	1,23	0,87
	L tot (m)	8,12				
	Spess (m)	0,3	Area/Area iniziale		Riduzione di area %	
	Area (m <sup>2</sup> )	2,44	0,9		10	

### Fase 3

Sono stati eseguiti lavori di ristrutturazione al piano primo, consistenti nell'ampliamento delle porte nelle maglie di sinistra e destra, e la realizzazione di una nuova porta nella maglia centrale (fig. 1.5).

Il nuovo assetto strutturale pertanto risulta essere ulteriormente variato.

Di seguito si riportano le aree resistenti ad ogni piano e la riduzione percentuale di queste rispetto allo stato originario.

P. T.:  $A = 2,44 \text{ m}^2$  riduzione del 10%

P. 1.:  $A = 1,57 \text{ m}^2$  riduzione del 42%

P. 2.:  $A = 0,97 \text{ m}^2$  riduzione del 64%

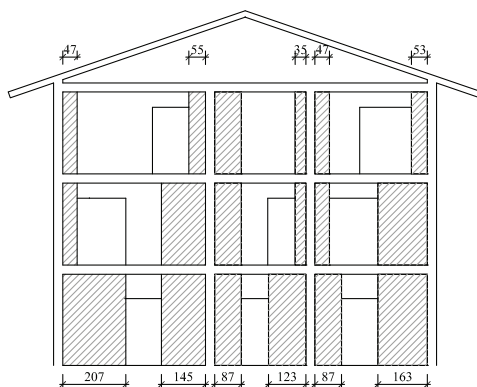


Fig. 1.5

Si riassumono di seguito, le caratteristiche geometriche della muratura sismoresistente, per ogni piano, relativamente alla fase considerata.

### Fase 3

p. secondo	Lunghezze maschi murari (m)					
		0,47	0,55	0,87	0,35	0,47
	L tot (m)	3,24				
	Spess (m)	0,3	Area/Area iniziale		Riduzione di area %	
	Area (m <sup>2</sup> )	0,97	0,36		64	

p. primo	Lunghezze maschi murari (m)					
		0,47	1,45	0,87	0,35	0,47
	L tot (m)	5,24				
	Spess (m)	0,3	Area/Area iniziale		Riduzione di area %	
	Area (m <sup>2</sup> )	1,57	0,58		42	