Claudio Ciavattini

# in pareti portanti in zona sismica **PROGETTO DEGLI INTERVF** Clicca e richiedi di essere contattato **DI RINFORZO E CONSOLIL**

- Progetto degli interventi locali
- 🗝 Calcolo rigidezza, resistenza e deforn
- Der informazioni e promozioni Dimensionamento cerchiature con telemetallici o in c.a.

PRONTO W

GŔĂ

- 🕂 Verifica agli stati limite Telaio in c.a. – Telaio metallico e collegamenti metallici o in c.a. - Architravi metalliche o in c.a.
- Redazione della relazione tecnica e di calcolo
- AGGIORNATO AL D.M. 17 GENNAIO 2018 (NTC 2018) E ALLA CIRCOLARE APPLICATIVA N. 7 DEL 21 GENNAIO 2019

## **OTTAVA EDIZIONE**

#### **SOFTWARE INCLUSO**

ESEMPIO DI RELAZIONE ILLUSTRATIVA SULLE METODOLOGIE DI CALCOLO E DI VERIFICA ADOTTATE; FOGLI DI CALCOLO PER LA VERIFICA DI APERTURE IN PARETI PORTANTI, PER LE VERIFICHE AGLI SLU SUL TELAIO E RELATIVI COLLEGAMENTI SALDATI E SULL'ARCHITRAVE; ESEMPI NUMERICI DI CALCOLO





## Claudio Ciavattini APERTURA VANI IN PARETI PORTANTI IN ZONA SISMICA

Ed. VIII (5-2019)

ISBN 13 978-88-277-0070-9 EAN 9 788827 700709

Collana Manuali (121)

Ciavattini, Claudio <1961->

Apertura vani in pareti portanti in zona sismica : progetto degli interventi di rinforzo e consolidamento / Claudio Ciavattini. – 8. ed. – Palermo : Grafill, 2019. (Software ; 121) ISBN 978-88-277-0070-9 1. Edifici in muratura – Consolidamento – Zone sismiche. 690.24 CDD-23 SBN Pal0315216 CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© GRAFILL S.r.I. Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet http://www.grafill.it – E-Mail grafill@grafill.it



Telegram grafill.it/telegram

Finito di stampare nel mese di maggio 2019 presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

> CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

## **SOMMARIO**

1.	INTF	RODUZIONE	p. 7								
	1.1.	Aspetti normativi									
	1.2.	Percezione dell'indebolimento strutturale	<i>"</i> 10								
	1.3.	Evoluzione della normativa	" 15								
2.	COMPORTAMENTO DI PARETI IN MURATURA										
	2.1.	Calcolo della rigidezza	" 17								
		<b>2.1.1.</b> Caso di parete con aperture	<i>"</i> 19								
	2.2.	Calcolo della resistenza	" 22								
		2.2.1. Fascia di piano	" 24								
		2.2.2. Maschi murari	" 25								
	2.3.	Identificazione del livello di conoscenza	" 34								
		<b>2.3.1.</b> La geometria	" 34								
		2.3.2. I dettagli costruttivi	" 35								
		<b>2.3.3.</b> Le proprietà dei materiali	" 35								
	2.4.	Livelli di conoscenza e caratteristiche dei materiali	" 38								
	2.5.	Comportamento dei maschi murari	" 42								
		Esempio 1	" 43								
		Esempio 2	<i>"</i> 50								
3.	REA	LIZZAZIONE DI NUOVE APERTURE	" 57								
		Esempio 3	<i>"</i> 58								
	3.1.	Verifica della rigidezza	" 60								
		Esempio 4	" 62								
		<b>3.1.1.</b> Dimensionamento della cerchiatura	" 64								
		Esempio 5	" 66								
	3.2.	Verifica della resistenza	" 69								
		Esempio 6	" 72								
	3.3.	Posizione dell'apertura nella parete	" 76								
	3.4.	Rinforzo dei maschi murari con FRP	" 79								
		Esempio 7	" 85								
	3.5.	Rinforzo dei maschi murari con tecniche tradizionali	" 87								
4.	VER	IFICA DEL TELAIO METALLICO DI CERCHIATURA									
	E DE	LL'ARCHITRAVE	" 92								
	4.1.	Classificazione delle sezioni	" 93								
			3								

Software

APERTURA VANI IN PARETI PORTANTI IN ZONA SISMICA

4.2.	Verifica	a del telaio						
	4.2.1.	Verifica di resistenza agli SLU						
		dei piedritti e del traverso						
	4.2.2.	Verifica di deformabilità del traverso superiore (SLE)						
	4.2.3.	Verifica delle unioni e dei giunti						
4.3.	Verifica	a dell'architrave						
	4.3.1.	Verifica di resistenza allo SLU –						
		collasso per formazione di cerniera plastica						
	4.3.2.	Verifica di deformabilità (SLE)						
	4.3.3.	Verifica della muratura per carichi concentrati						
. VE	RIFICA D	DEL TELAIO IN C.A. E DELL'ARCHITRAVE						
5.1.	Verifica	a del telaio						
	5.1.1.	Verifica a presso flessione dei piedritti e del traverso						
	5.1.2.	Verifica a taglio dei piedritti e del traverso						
	5.1.3.	Verifica di deformabilità del traverso						
	5.1.4.	Verifica delle tensioni di esercizio						
5.2.	Verifica	a dell'architrave						
	5.2.1.	Verifica a flessione						
	5.2.2.	Verifica delle tensioni di esercizio						
ESEMPI APPLICATIVI								
6.1.	6.1. Modifica delle aperture senza necessità							
	di opere	e di rinforzo/consolidamento						
	6.1.1.	Progetto dell'architrave in acciaio						
	6.1.2.	Progetto dell'architrave in c.a.						
6.2.	Modific	ca di aperture con inserimento di telaio metallico						
6.3.	Modific	ca di aperture con inserimento di telaio in c.a.						
6.4.	Calcolo	o della forza sismica agente sul telaio						
. ESF	СМРІ							
7.1.	Esemp	io 1. Apertura vano porta in parete portante						
7.2.	Esemp	Esempio 2. Apertura finestra su prospetto						
7.3.	Esemp	io 3. Ampliamento apertura esistente						
7.3. PPEN	Esemp DICE LE	GISLATIVA						
D.M	I. (MIT) 1	7 gennaio 2018						
Agg	iornament	o delle «Norme tecniche per le costruzioni». (stralcio)						
D.M	l. (Infrast	rutture) 14 gennaio 2008						
App	rovazione	delle nuove norme tecniche per le costruzioni. (stralcio)						
11								
D.N	[. (MIT) 1	4 settembre 2005						

**PRONTO** CLICCA per maggiori informazioni GRAFILL ... e per te uno <u>SCONTO SPECIALE</u>

4

_	

_	D.M. (MIT) 16 gennaio 1996		
	Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. (stralcio)	p.	251
_	C.M. (MIT) 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP		
	Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle		
	"Norme tecniche per le costruzioni"»		
	di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (stralcio)	"	259
_	C.M. (MIT) 2 febbraio 2009, n. 617		
	Istruzioni per l'applicazione delle nuove		
	norme tecniche per le costruzioni		
	di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (stralcio)	"	264
_	O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274		
	Primi elementi in materia di criteri generali		
	per la classificazione sismica del territorio nazionale		
	e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica	"	267
IN	STALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO	"	270
_	Note sul software incluso	"	270
_	Requisiti hardware e software	"	271
_	Download del software e richiesta della password di attivazione	"	271
_	Installazione ed attivazione del software	"	272
_	Assistenza tecnica ( <i>TicketSystem</i> )	"	272
<ul> <li>Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. (stralcio)</li></ul>		"	273
BI	BLIOGRAFIA	"	285

5 Software

## 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 del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 recante "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sul Supplemento Ordinario n. 8 della Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018, e dalla relativa Circolare applicativa n. 7/C.S.LL.PP. dell'11 febbraio 2019 recante "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018", pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 35 dell'11 febbraio 2019, Supplemento Ordinario n. 5.

Gli interventi vengono distinti in:

- Interventi di riparazione o locali: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti.
- *Interventi di miglioramento*: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al paragrafo 8.4.3 nelle norme.
- Interventi di adeguamento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al paragrafo 8.4.3 delle norme.

Solo gli interventi di miglioramento ed adeguamento sono sottoposti a collaudo statico.

#### Riparazione o intervento locale

Secondo il punto 8.4.1 delle NTC: "Gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

- ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate;
- migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;
- impedire meccanismi di collasso locale;
- modificare un elemento o una porzione limitata della struttura;

Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati, documentando le carenze strutturali riscontrate e dimostrando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non vengano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

La relazione di cui al § 8.3 che, in questi casi, potrà essere limitata alle sole parti interessate dall'intervento e a quelle con esse interagenti, dovrà documentare le carenze strutturali riscontrate, risolte e/o persistenti, ed indicare le eventuali conseguenti limitazioni all'uso della costruzione.

Nel caso di interventi di rafforzamento locale, volti a migliorare le caratteristiche meccaniche di elementi strutturali o a limitare la possibilità di meccanismi di collasso locale, è necessario valutare l'incremento del livello di sicurezza locale.".

#### Intervento di miglioramento

Secondo il punto 8.4.2 delle NTC:

"La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di  $\zeta_E$  può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di  $\zeta_E$ , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di  $\zeta_E$ , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno  $\zeta_E = 1, 0$ .".

#### Intervento di adeguamento

Secondo il punto 8.4.3 delle NTC:

"L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;
- c) apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla Equazione 2.5.2 includendo i soli carichi gravitazionali. 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;
- effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani;
- *e)* apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.".

CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

Il progetto di interventi su edifici esistenti dovrà comunque, di norma, comprendere le seguenti attività, che il progettista dovrà calibrare opportunamente in base alla tipologia ed estensione dell'intervento:

- Rilievo plano-altimetrico della costruzione;
- Rilievo strutturale, comprese le strutture di fondazione;
- Rilievo dello stato fessurativo e/o distorsivo della struttura;

ottware

## CAPITOLO 2 COMPORTAMENTO DI PARETI IN MURATURA

#### 2.1. Calcolo della rigidezza

Una parete in muratura senza aperture, può essere analizzata considerando il pannello (maschio murario) vincolato con incastro fisso alla base e incastro scorrevole in sommità, dove agisce la forza di taglio F (comportamento alla "Grinter"):



Figura 2.1.

La parete può dunque assimilarsi ad un'asta verticale incastrata ai due estremi.



Figura 2.2.

Per effetto della forza F, l'estremo superiore subisce uno spostamento  $\delta$ , somma di due contributi, quello dovuto alla flessione  $\delta^{F}$  e quello dovuto al taglio  $\delta^{T}$ :



Contributo flessionale:

$$\frac{\delta^F}{2} = F \frac{(h/2)^3}{3EJ}$$

da cui:

$$\delta^F = \frac{Fh^3}{12EJ}$$

Contributo tagliante:

$$\frac{\delta^T}{2} = \chi F \frac{(h/2)}{GA}$$

da cui:

$$\delta^T = X \frac{Fh}{GA}$$

Lo spostamento totale sarà dato da:

$$\delta = \delta^F + \delta^T = \frac{Fh^3}{12EJ} + \chi \frac{Fh}{GA}$$

Indicando con K la rigidezza (forza necessaria per ottenere lo spostamento unitario) si ha:

 $\delta = F\left(\frac{h^3}{12\text{EI}} + X\frac{h}{GA}\right)$ 

 $K = F / \delta$ 

e quindi si determina la formula per il calcolo della rigidezza di una parete soggetta ad azione tagliante orizzontale in sommità, nell'ipotesi di traversi rigidi a flessione (shear type).

In questo caso il contributo tagliante non è trascurabile, specie quando siamo in presenza di pareti tozze:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{h^3}{12\text{EJ}} + \chi \frac{h}{GA}\right)}$$
(2.1.2)

CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno <u>SCONTO SPECIALE</u> (2.1.1)

dove:

 $\delta$  = spostamento;

- h = altezza del maschio murario;
- 1 = lunghezza del maschio murario;

**iware** 18

oftware 🗆

da cui:

### **REALIZZAZIONE DI NUOVE APERTURE**

L'allegato 11.E dell'O.PC.M. n. 3274/2003 prevede che la realizzazione di nuove aperture nei muri portanti sia accompagnata dalla posa in opera di un telaio chiuso, ad esempio in acciaio, di rigidezza e resistenza tali da ripristinare la condizione preesistente.

Questo concetto viene ripreso anche dalle NTC 2018 (punto 8.7.4) e dalla Circolare applicativa n. 7/2019 che al punto C8.7.4.1 recita: "Nel caso di realizzazione di nuove aperture in pareti esistenti, per far fronte alla diminuzione della capacità resistente della parete e all'aumento della sua deformabilità, può essere necessario prevedere rinforzi in grado di collaborare con la muratura esistente attraverso opportune connessioni ripristinando, per quanto possibile, la condizione dell'intera parete in atto prima della realizzazione dell'apertura.".

Tale diminuzione delle capacità della muratura non sono tanto legate alla geometria della porzione che viene asportata, quanto invece alla geometria della parete che rimane ossia quella nello "stato finale" cioè ad apertura effettuata.

Le perdite di rigidezza e di resistenza dovute alla realizzazione di un varco, si calcolano quindi come differenza tra i corrispondenti valori delle pareti calcolati nella situazione iniziale e quelli nella situazione finale. A volte, erroneamente, le perdite di rigidezza e resistenza vengono calcolate prendendo a riferimento la porzione di muratura da asportare, considerandola, al solito, come una parete vincolata alla "Grinter"; questo procedimento non è corretto perché a parità di larghezza del varco da effettuare, si ha l'assurdo che ad una minore altezza dello stesso corrisponde una maggiore richiesta di rinforzo della parete (figura 3.1) ossia ad una minore quantità di parete asportata corrisponde un maggior rinforzo da mettere in atto.



Figura 3.1.

Infatti:  $h_1 > h_2$  implica  $K_2 > K_1$  (dalla formula 2.1.4) dove  $K_1$  è la perdita di rigidezza della parete nell'ipotesi di asportare una porzione di altezza  $h_1$  (coincidente con la rigidezza della porzione di muratura di altezza  $h_1$  e larghezza a);  $K_2$  è la perdita di rigidezza della parete nell'ipotesi di asportare una porzione di altezza  $h_2$  (coincidente con la rigidezza della porzione di muratura di altezza  $h_2$  e larghezza a).

Software 🗆

Ne risulta, come già anticipato, che ad una minore asportazione di materiale corrisponderebbe un maggior indebolimento della parete e quindi un maggior rinforzo da mettere in atto per ripristinare lo stato preesistente (senza apertura). Per maggiore chiarezza si riporta l'esempio seguente.

#### Esempio 3

Si deve realizzare un'apertura in una parete in pietra, dello spessore di 45 cm. Sulla sommità della parete insiste un carico uniformemente distribuito pari a 90 KN/m.

Si procede al calcolo della rigidezza richiesta al rinforzo da mettere in atto, procedendo in due modi distinti.

Il primo, caso A), prevede di calcolare la perdita di rigidezza nel modo definito "errato" ossia uguagliando la rigidezza del rinforzo in progetto a quella della porzione di muratura asportata; il secondo, caso B), prevede invece il calcolo del rinforzo da mettere in atto attraverso la valutazione della perdita di rigidezza subita dalla parete nel passaggio dalla fase iniziale a quella finale (con realizzazione della nuova apertura).

Caratteristiche della parete:

 $G = 780 \text{ N/mm}^2$ 

 $E = 2400 \text{ N/mm}^2$ 

 $w = 22 \text{ KN/m}^3$ 

#### Caso a)

Si calcola la perdita di rigidezza che subisce la parete, valutandola considerando la porzione di muratura da asportare.



#### Calcolo della rigidezza da asportare

	G	t	1	h	А	Е	K	
	N/mm <sup>2</sup>	m	m	m	m <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	KN/m	
1	780	0,45	0,9	2,3	0,41	2400	41338,3	
RIG	41338,31							



## VERIFICA DEL TELAIO METALLICO DI CERCHIATURA E DELL'ARCHITRAVE

Il telaio metallico, i relativi collegamenti e l'eventuale architrave devono essere verificati agli SLU e SLE rispetto a quanto previsto dalle NTC 2018.

In sintesi, le verifiche da effettuare sul telaio metallico sono:

- 1. resistenza delle membrature;
- 2. deformabilità del traverso;
- 3. collegamento saldato tra piedritto e traverso superiore o inferiore;
- 4. collegamento saldato tra piedritto e piastra di base;
- 5. giunto di base.

La verifica di stabilità flesso torsionale può, generalmente, essere omessa perché le ali dei profilati sono di solito collegate efficacemente alla muratura adiacente per mezzo di barre d'acciaio inghisate nella muratura stessa (figura 4.1); in questo modo, l'ala compressa è vincolata alla muratura che quindi ne contrasta efficacemente gli spostamenti e le rotazioni, costituendo quindi un valido vincolo rispetto all'instabilità flesso torsionale.





Nel caso in cui siano presenti i cordoli di piano in c.a. come in figura 4.1, allora si potrà optare per una cerchiatura dove il traverso inferiore è costituito dal cordolo stesso; in questo caso i piedritti saranno vincolati al cordolo mediante piastra in acciaio e tirafondi in modo da



realizzare un vincolo ad incastro. Nel caso invece di assenza del cordolo in c.a., si provvederà a realizzare una cerchiatura mediante telaio chiuso in acciaio, quindi anche con traverso inferiore in acciaio.

Per quanto riguarda, invece, le verifiche da effettuare sull'architrave, si ha:

- 1. resistenza delle membrature;
- 2. deformabilità dell'architrave;
- 3. verifica della muratura per carichi concentrati (tensioni sull'appoggio).

#### 4.1. Classificazione delle sezioni

Per eseguire le verifiche è necessario, preliminarmente, procedere alla classificazione delle sezioni dei profili da impiegare secondo quanto riportato al punto 4.2.3.1 delle NTC 2018.

La classe di un profilo, che dipende dalla snellezza dei suoi componenti (ala e anima) e dal tipo di acciaio, indica la sua capacità di plasticizzare (capacità rotazionale): i profili appartenenti alle classi 1 e 2 sono in grado di sviluppare il momento plastico e sono dette "duttili" quelle di classe 1 e "compatte" quelle di classe 2; viceversa, i profili appartenenti alle classi 3 e 4 non riescono a raggiungere il momento plastico perché intervengono fenomeni di instabilità locali; sono dette rispettivamente "semi-compatte" e "snelle".

Generalmente, dal momento che usualmente si impiegano profili tipo IPE o HE, ci si trova ad utilizzare sezioni di classe 1 o 2.

La classe di un profilo, ad esempio IPE o HE si stabilisce a partire dalla classe dei suoi componenti compressi (anima e ala), per i quali occorre calcolare la snellezza, intesa come rapporto tra lunghezza e spessore:

- per l'anima: c<sub>w</sub>/t<sub>w</sub>;
- $\quad per \ l'ala: \ c_f\!/t_f\!.$

I valori della snellezza così ottenuti si confrontano con i limiti imposti dalle norme (punto 4.2.3.1. NTC 2018) e quindi è agevole attribuire la classe di appartenenza.



CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE Soft

## VERIFICA DEL TELAIO IN C.A. E DELL'ARCHITRAVE

La cerchiatura in c.a. deve essere verificata agli SLU e SLE rispetto a quanto previsto dalle NTC 2018 e, in sintesi, le verifiche riguardano: la resistenza dei piedritti e del traverso alle sollecitazioni di sforzo normale, flessione e taglio SLU), la deformabilità del traverso (SLE) e la tensioni di esercizio (SLE).

Analogamente a quanto detto per il telaio metallico, la verifica di stabilità del piedritto può essere omessa in quanto quest'ultimo risulta collegato alla muratura adiacente per mezzo di perforazioni armate che quindi ne contrastano gli spostamenti laterali.

Le verifiche da fare invece sulla sola architrave, qualora appunto l'intervento preveda solo questo tipo di elemento strutturale, sono:

- 1. resistenza dell'architrave alla sollecitazione di flessione e taglio (SLU);
- 2. deformabilità dell'architrave (SLE);
- 3. tensioni di esercizio (SLE);
- 4. verifica della muratura per carichi concentrati (tensioni sull'appoggio SLU).

Per quanto riguarda il legame costitutivo dei materiali (calcestruzzo e acciaio) si può far riferimento ai diagrammi tensioni-deformazioni riportati di seguito. Per l'acciaio si considera un tratto plastico limitato al 10‰.

Per lo scopo del presente libro, la possibilità di sfruttare i benefici (in termini soprattutto di duttilità) del legame costitutivo del calcestruzzo confinato, non viene presa in considerazione in quanto, l'eventuale cerchiatura in c.a. sarebbe comunque inserita all'interno di una struttura in muratura senza possibilità di governarne la risposta sismica.



#### 5.1. Verifica del telaio

Una volta calcolate le sollecitazioni, così come indicato al punto 4.2, definita la geometria della sezione, il tipo di calcestruzzo, il numero e diametro dei tondini sia in zona tesa che in

zona compressa, si esegue la verifica dei piedritti, sollecitati a presso/tenso flessione e taglio e poi la verifica del traverso, sollecitato a presso/flessione e taglio.

#### 5.1.1. Verifica a presso flessione dei piedritti e del traverso

Le verifiche si eseguono confrontando la capacità, espressa in termini di resistenza e, quando richiesto, di duttilità, con la corrispondente domanda, secondo le relazioni:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \ge M_{Ed} \qquad \qquad \mu_{\phi} = \mu_{\phi} (N_{Ed}) \ge \mu_{Ed}$$

dove:

 $M_{Rd}$  = valore di progetto del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

N<sub>Ed</sub> = valore di progetto dello sforzo normale sollecitante;

 $M_{Ed}$  = valore di progetto del momento di domanda;

 $\mu_{\phi}$  = valore di progetto della duttilità di curvatura corrispondente a N<sub>Ed</sub>;

 $\mu_{Ed}$  = domanda in termini di duttilità di curvatura.

Per la resistenza della sezione si fa riferimento ai campi di rottura per tensioni normali così come definiti dalle norme tecniche, con distribuzione semplificata delle tensioni di compressioni nel calcestruzzo (stress-block).

 $\varepsilon_{ce}$  (‰) = 2

 $\epsilon_{se}$  (‰) = 1,86 ( $\epsilon_{se} = E_s / f_{vd}$ )

Con riferimento alla seguente figura 5.1 ed assumendo:

- per il calcestruzzo  $\varepsilon_{cu}$  (‰) = 3,5
- per l'acciaio  $\varepsilon_{su}$  (‰) = 10

mediante semplici proporzioni si ricava:

- $x_1 = 0,167 \cdot d;$
- $x_2 = 0,259 \cdot d$  (rottura bilanciata);
- $x_3 = 0,653 \cdot d;$
- c = copriferro;
- h, b = altezza e base della sezione;
- d = altezza utile della sezione (h c);
- As, A's = armatura in zona tesa e armatura in zona compressa;
- $f_{cd} = 0.83 \cdot 0.85 \cdot R_{ck} / \gamma_c$  = tensione di calcolo del calcestruzzo;
- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  = tensione di calcolo dell'acciaio.



Figura 5.1. Campi di rottura



## CAPITOLO 6 ESEMPI APPLICATIVI

Si riportano di seguito alcuni casi applicativi, riguardanti il progetto di nuove aperture in muri portanti, accompagnate da relazione di calcolo certificanti il miglioramento ottenuto sulle pareti interessate, in termini di rigidezza, di resistenza e di duttilità.

A volte il miglioramento si ottiene anche senza particolari opere, ma solamente mediante una ridistribuzione delle aperture all'interno della parete. È comunque sempre necessario, trattandosi di interventi di *"riparazione o intervento locale"*, dimostrare che la situazione finale (stato di progetto) non è peggiore della situazione iniziale (stato attuale).

Gli esempi sono sviluppati secondo uno schema utile per la redazione della relazione di calcolo da presentare ai competenti uffici regionali del territorio (Genio Civile); i calcoli sono stati eseguiti per mezzo dei fogli di calcolo forniti con il presente libro.

Si prende a riferimento il caso della riorganizzazione funzionale di una villetta bi-familiare costituita da piano terra, piano primo, sottotetto e copertura.

La struttura portante è in muratura di pietra a spacco al piano terra e in mattoni pieni ai piani superiori; i solai del piano primo e del sottotetto sono in profilati di ferro e tavelloni mentre il solaio di copertura è realizzato con travetti prefabbricati in laterocemento con interposte pignatte di alleggerimento.

Di seguito si riporta lo stato iniziale del piano terra e una sezione.



P. TERRA - stato iniziale

CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE



6.1. Modifica delle aperture senza necessità di opere di rinforzo/consolidamento

Al piano terra si prevede, nella parete 1, di eliminare la finestra e la porta finestra e fare una grande apertura (di lunghezza maggiore della somma delle due eliminate), come indicato nello stato di progetto (stato finale) seguente. Tale parete, nello stato attuale, è formata da tre maschi murari, individuati con i relativi numeri. L'altezza del piano terra (pavimento-soffitto) è di 3 m.

La parete è portante in quanto tutti i solai dei vari piani si appoggiano su di essa.



P. TERRA - stato finale



CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno <u>SCONTO SPECIALE</u> 

## ESEMPI

#### 7.1. Esempio 1. Apertura vano porta in parete portante

Oggetto dell'intervento è la manutenzione straordinaria e opere interne ad un edificio composto da piano terra, piano primo e soffitte, dove si prevede di realizzare un vano porta, di larghezza 90 cm e altezza 250 cm, nella parete portante al piano terra.

Le pareti portanti sono realizzate in mattoni pieni a due teste, spessore 25 cm. I solai sono in laterocemento: quelli di calpestio del piano terra, del piano primo e del piano soffitte hanno altezza 24 cm (20 + 4) mentre il solaio di copertura ha altezza 20 cm (16 + 4). È presente il cordolo di piano in c.a. in corrispondenza di ogni impalcato.



#### Caratteristiche dei materiali

Sia per le resistenze (f,  $\tau_0$ ,  $f_{v0}$ ) che per i moduli elastici (E e G) si sono presi i valori medi di tabella 2.1. Inoltre, i moduli elastici sono stati ridotti del 50% per tener conto di condizioni fessurate. Inoltre si assume FC = 1.

Nel caso di muratura di mattoni pieni e malta di calce, si ha:

 $f = (260 + 430) / 2 = 345 \text{ N/cm}^2$ 

 $\tau_{\rm o} = (5 + 13) / 2 = 9 \text{ N/cm}^2$ 

 $f_{v0} = (13 + 27) / 2 = 20 \text{ N/mm}^2$ 

 $E = (1200 + 1800) / 2.0,5 = 750 \text{ N/mm}^2$ 

$$\label{eq:G} \begin{split} G = (400+600) \; / \; 2 \, \cdot \, 0,5 = 250 \; N/mm^2 \\ w = 18 \; KN/m^3 \end{split}$$

Peso solaio di calpestio piano primo: 4,5 KN/m<sup>2</sup> per peso permanente e 2 KN/m<sup>2</sup> di carico variabile.

Stato attuale



PLANO PRIMO



## INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO

#### Note sul software incluso

Il software incluso consente di accedere alle seguenti utilità:

- APERTURA VANI: foglio di calcolo che consente di:
  - a) effettuare l'analisi e la combinazione dei carichi sui solai;
  - b) calcolare il carico agente sulla parete in esame;
  - c) calcolare la rigidezza e la resistenza ultima della parete nello stato ante-intervento;
  - d) calcolare la rigidezza e la resistenza della parete nello stato post-intervento, tenendo conto di eventuali miglioramenti-rinforzi eseguiti (iniezioni, lastre di placcaggio, ecc.);
  - e) effettuare, se necessario, il predimensionamento della cerchiatura dei vani (in acciaio o in c.a.);
  - f) dimostrare l'effettivo miglioramento strutturale ottenuto.
- VERIFICA ARCHITRAVE IN ACCIAIO: foglio di calcolo che consente di:
  - a) effettuare l'analisi e la combinazione dei carichi verticali agenti sull'architrave;
  - *b)* classificare le sezioni;
  - c) effettuare le verifiche di resistenza allo SLU per l'architrave a flessione e taglio;
  - *d*) effettuare la verifica di deformabilità dell'architrave;
  - *e)* effettuare la verifica sulla muratura per carichi concentrati dovuti alle reazioni scaricate dall'architrave sugli appoggi (con o senza piastra di ripartizione).
- VERIFICA TELAIO IN ACCIAIO: foglio di calcolo che consente di:
  - a) effettuare l'analisi e la combinazione dei carichi verticali agenti sul telaio;
  - b) classificare le sezioni;
  - *c)* effettuare le verifiche di resistenza allo SLU per i piedritti e per il traverso a presso flessione e taglio;
  - d) effettuare la verifica di deformabilità del traverso;
  - e) verificare i collegamenti saldati tra piedritto e traverso;
  - *f)* dimensionare e verificare il giunto di base, la piastra e i tirafondi sia per quanto riguarda le resistenze che il rispetto dei vincoli geometrici imposti dalle norme.
- VERIFICA ARCHITRAVE IN C.A.: foglio di calcolo che consente di:
  - a) effettuare l'analisi e la combinazione dei carichi verticali agenti sull'architrave;
  - b) individuare il campo di rottura per tensioni normali;
  - c) effettuare le verifiche di resistenza dell'architrave allo SLU a flessione e a taglio;
  - d) effettuare la verifica di deformabilità dell'architrave (SLE);
  - e) effettuare la verifica alle tensioni di esercizio (SLE);

- VERIFICA TELAIO IN C.A.: foglio di calcolo che consente di:
  - a) effettuare l'analisi e la combinazione dei carichi verticali agenti sul telaio;
  - b) individuare il campo di rottura per tensioni normali;
  - *c)* effettuare le verifiche di resistenza allo SLU per i piedritti e per il traverso a presso flessione e taglio;
  - d) effettuare la verifica di deformabilità del traverso (SLE);
  - e) effettuare la verifica alle tensioni di esercizio (SLE).
- RELAZIONE INTRODUTTIVA: esempio di relazione illustrativa sulle metodologie di calcolo e di verifica adottate, da allegare alla relazione di calcolo da presentare all'ufficio del territorio (ex genio civile).
- **ESEMPI**: esempi numerici di calcolo.

Le utility contengono dei commenti evidenziati in rosso (invisibili nelle stampe) che guidano l'utente nell'input dei dati per personalizzare il proprio file di progetto.

Il software riporta, inoltre, le seguenti utilità: Glossario (termini più ricorrenti sull'argomento); FAQ (risposte alle domande più frequenti); Test base / Test avanzato (verifiche sulla conoscenza dell'argomento).

## Requisiti hardware e software

- Processore da 2.00 GHz;
- MS Windows Vista/7/8/10 (è necessario disporre dei privilegi di amministratore);
- MS .Net Framework 4+;
- 250 MB liberi sull'HDD;
- 2 GB di RAM;
- MS Office 2003+;
- Accesso ad internet e browser web.

## Download del software e richiesta della password di attivazione

1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

## http://www.grafill.it/pass/0070\_9.php

- 2) Inserire i codici "A" e "B" (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [Continua].
- 3) Per utenti registrati su www.grafill.it: inserire i dati di accesso e cliccare [Accedi], accettare la licenza d'uso e cliccare [Continua].
- 4) **Per utenti non registrati** su www.grafill.it: cliccare su **[Iscriviti]**, compilare il form di registrazione e cliccare **[Iscriviti]**, accettare la licenza d'uso e cliccare **[Continua]**.
- 5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati, in tempo reale, all'indirizzo di posta elettronica inserito nel form di registrazione.

п



#### Installazione ed attivazione del software

- 1) Scaricare il setup del software (file \*.exe) cliccando sul link ricevuto per e-mail.
- 2) Installare il software facendo doppio-click sul file 88-277-0071-6.exe.
- 3) Avviare il software:

Per utenti MS Windows Vista/7/8: [Start] > [Tutti i programmi] > [Grafill]

> [Apertura vani in pareti portanti in zona sismica – VIII Ed.] (cartella)

> [Apertura vani in pareti portanti in zona sismica – VIII Ed.] (icona di avvio)

Per utenti MS Windows 10: [Start] > [Tutte le app] > [Grafill] > [Apertura vani in pareti portanti in zona sismica – VIII Ed.] (icona di avvio)

- 4) Compilare la maschera Registrazione Software e cliccare su [Registra].
- 5) Verrà visualizzata la finestra Start del software dalla quale si potrà accedere alle utilità disponibili.



## Assistenza tecnica (TicketSystem)

I prodotti **Grafill** sono coperti da assistenza tecnica gratuita per 365 giorni dall'acquisto. La tipologia di assistenza prevista riguarda l'installazione, l'avvio o la reinstallazione del prodotto (*non è prevista assistenza per il recupero dei dati*), se la configurazione hardware rispetta i requisiti richiesti.

L'assistenza *TicketSystem* è disponibile all'indirizzo **https**://**www.supporto.grafill.it**. Effettuare il login al *TicketSystem* utilizzando i dati del profilo utente di **www.grafill.it** ed aprire un ticket seguendo le istruzioni.

La cronologia dei ticket resterà disponibile sulla schermata principale del *TicketSystem*.

CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

## GUIDA ALL'UTILIZZO DI MODELLI ED ESEMPI

Cliccando il pulsante «**Modelli ed Esempi**» della finestra Start del software si aprirà la seguente finestra.

-& Modelli ed Esempi -	×
APERTURA VANI IN PARETI PORTANTI IN ZONA SISMICA Claudio Ciavattini	
🖂 1 - Modelli	^
Apertura Vani	
Venfica architrave acciaio	
Verifica architrave cemento armato	
Verfica telaio in acciaio	
Verifica telaio in cemento armato	
Relazione introduttiva	
2 - Esempio con architrave	
Esempio - Apertura Vani con architrave	
Esempio - Verifica Architrave in acciaio	
Esempio - Verifica Architrave in cemento armato	~
	>
<u>www.grafill.it</u>	

La finestra «Modelli ed Esempi» contiene i seguenti menu con struttura ad albero:

GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni

#### 1. Modelli

- Apertura vani
- Verifica telaio in acciaio
- Verifica architrave in acciaio
- Verifica telaio in c.a.
- Verifica architrave in c.a.
- Relazione introduttiva

#### 2. Esempio con architrave

- Esempio\_Apertura vani con architrave

- Esempio Verifica architrave in acciaio
  - Esempio Verifica architrave in c.a.
- 3. Esempio con telaio in acciaio
  - Esempio\_Apertura vani con telaio acciaio
  - Esempio\_Verifica telaio in acciaio
- 4. Esempio con telaio in c.a.
  - Esempio\_Apertura vani con telaio c.a.
  - Esempio\_Verifica telaio in c.a.

Per aprire il documento di proprio interesse cliccare sulla relativa etichetta. Per evitare di sovrascrivere i files di origine si consiglia di lavorare sempre su una copia del file, salvabili nella propria cartella di progetto attraverso il comando *Salva con nome*....

× N	licros	oft Excel - Aj	pertura_Vani	xls [Sola le	ettura]				-	_		x			
·••	<u>F</u> ile	<u>M</u> odifica	<u>V</u> isualizza	<u>I</u> nserisci	F <u>o</u> rmato	<u>S</u> trumenti	<u>D</u> ati	Fi <u>n</u> estra	Contrib <u>u</u> te	2	-	δ×			
: 50		<u>N</u> uovo				CTRL+N		·••] 🗐 %	€∣≣∣	- ð	• <u>A</u>	- 2			
Ct	ð	Ap <u>r</u> i				CTRL+F12									
		C <u>h</u> iudi													
		<u>S</u> alva			M	AIUSC+F12		E	F		G				
1		S <u>a</u> lva con n	ome					IDODTA	NTLIN 70	NA ST	SMC	- <b>T</b>			
2	<u>.</u>	Salva come	pagina We <u>b</u>				IUK	IPOKIA		NIT IN ZONA SISMICA					
4	12	Cerca fi <u>l</u> e													
		Autorizzazio	oni			•	LE A	BITAZION	E						
5 6		Anteprima	pagina <u>W</u> eb												
		Imposta pa	gina												
7		Area <u>d</u> i stan	npa			,			1			_			
8	a.	Antepri <u>m</u> a	di stampa				-					-			
9		Stampa			CTRL+MA	AIUSC+F12									
10		1 \Program	Files (x86)\G	rafill\Ape	\Apertura \	/ani.xls						Ξ			
44		2 \Program	mazione\Pro	grammazi.	.\Apertura	Vani.xls									
12		3 \Users\Programmazione\Desktop\Cartel1.xls													
13		Esci													
14				*			⊢								
16															
17		PIANO:	TERRA	4											
18															
20			u	E CELLE COI	ORATE IN			I VALORI I	NSERITI	1					
21			T H	URCHESE ( ANNO BISO	HIARO GNO DI			NEL PRESEN	TE FOGLIO			-TU			
22			U	N INPUT M	ANUALE			DA ESEMPI	0						
24															
_25 I4 _4	• •	) Dati der	nerali / Ana	alisi dei cari	chi / Cari	chi sulla paret	e /	Stato attua	le 🖉 🔳 📢	III		F Ja			
Pront	0														

**N.B.**: *Le celle colorate di turchese chiaro hanno bisogno di un input manuale.* Le celle contenenti formule sono protette: per modificare occorre rimuovere la protezione attraverso il percorso: **strumenti > protezione > rimuovi protezione**.

