



Claudio Ciavattini

Apertura Vani in pareti portanti in zona sismica

PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO

- Progetto degli interventi locali
- Calcolo rigidezza, resistenza e deformabilità di una parete
- Dimensionamento cerchiature con telai metallici o in c.a.
- 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

Ciavattini, Claudio

APERTURA VANI IN PARETI PORTANTI IN ZONA SISMICA

Ed. VIII (5-2019)

ISBN 13 978-88-277-0070-9

EAN 9 788827 700709

Collana **Software** (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.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

**CONTATTI
IMMEDIATI**



ProntoGRAFILL
Tel. 091 226679



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



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.

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	p.	7
1.1. Aspetti normativi	"	7
1.2. Percezione dell'indebolimento strutturale	"	10
1.3. Evoluzione della normativa	"	15
2. COMPORTAMENTO DI PARETI IN MURATURA	"	17
2.1. Calcolo della rigidezza.....	"	17
2.1.1. Caso di parete con aperture	"	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
2.3.1. La geometria	"	34
2.3.2. I dettagli costruttivi	"	35
2.3.3. 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	"	50
3. REALIZZAZIONE DI NUOVE APERTURE	"	57
Esempio 3	"	58
3.1. Verifica della rigidezza.....	"	60
Esempio 4	"	62
3.1.1. 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. VERIFICA DEL TELAIO METALLICO DI CERCHIATURA E DELL'ARCHITRAVE	"	92
4.1. Classificazione delle sezioni	"	93

4.2.	Verifica del telaio	p.	95
4.2.1.	Verifica di resistenza agli SLU dei piedritti e del traverso.....	"	99
4.2.2.	Verifica di deformabilità del traverso superiore (SLE).....	"	100
4.2.3.	Verifica delle unioni e dei giunti	"	101
4.3.	Verifica dell'architrave.....	"	109
4.3.1.	Verifica di resistenza allo SLU – collasso per formazione di cerniera plastica	"	110
4.3.2.	Verifica di deformabilità (SLE).....	"	112
4.3.3.	Verifica della muratura per carichi concentrati	"	112
5.	VERIFICA DEL TELAIO IN C.A. E DELL'ARCHITRAVE	"	115
5.1.	Verifica del telaio	"	115
5.1.1.	Verifica a presso flessione dei piedritti e del traverso	"	116
5.1.2.	Verifica a taglio dei piedritti e del traverso	"	122
5.1.3.	Verifica di deformabilità del traverso.....	"	123
5.1.4.	Verifica delle tensioni di esercizio	"	123
5.2.	Verifica dell'architrave.....	"	124
5.2.1.	Verifica a flessione	"	124
5.2.2.	Verifica delle tensioni di esercizio	"	125
6.	ESEMPI APPLICATIVI	"	126
6.1.	Modifica delle aperture senza necessità di opere di rinforzo/consolidamento	"	127
6.1.1.	Progetto dell'architrave in acciaio	"	142
6.1.2.	Progetto dell'architrave in c.a.	"	147
6.2.	Modifica di aperture con inserimento di telaio metallico	"	154
6.3.	Modifica di aperture con inserimento di telaio in c.a.	"	176
6.4.	Calcolo della forza sismica agente sul telaio	"	190
7.	ESEMPI	"	192
7.1.	Esempio 1. Apertura vano porta in parete portante.....	"	192
7.2.	Esempio 2. Apertura finestra su prospetto.....	"	207
7.3.	Esempio 3. Ampliamento apertura esistente	"	213
	APPENDICE LEGISLATIVA	"	227
–	D.M. (MIT) 17 gennaio 2018 <i>Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (stralcio)</i>	"	229
–	D.M. (Infrastrutture) 14 gennaio 2008 <i>Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni. (stralcio)</i>	"	239
–	D.M. (MIT) 14 settembre 2005 <i>Norme tecniche per le costruzioni. (stralcio)</i>	"	247

– D.M. (MIT) 16 gennaio 1996	
<i>Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. (stralcio)</i>	p. 251
– C.M. (MIT) 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP..	
<i>Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle</i>	
<i>“Norme tecniche per le costruzioni”»</i>	
<i>di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (stralcio)</i>	” 259
– C.M. (MIT) 2 febbraio 2009, n. 617	
<i>Istruzioni per l'applicazione delle nuove</i>	
<i>norme tecniche per le costruzioni</i>	
<i>di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (stralcio)</i>	” 264
– O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274	
<i>Primi elementi in materia di criteri generali</i>	
<i>per la classificazione sismica del territorio nazionale</i>	
<i>e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica</i>	” 267
INSTALLAZIONE 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
GUIDA ALL'UTILIZZO DI MODELLI ED ESEMPI	” 273
BIBLIOGRAFIA.....	” 285

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 ζ_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 ζ_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 ζ_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;*
- d) 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.”.*

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;

COMPORAMENTO 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"):

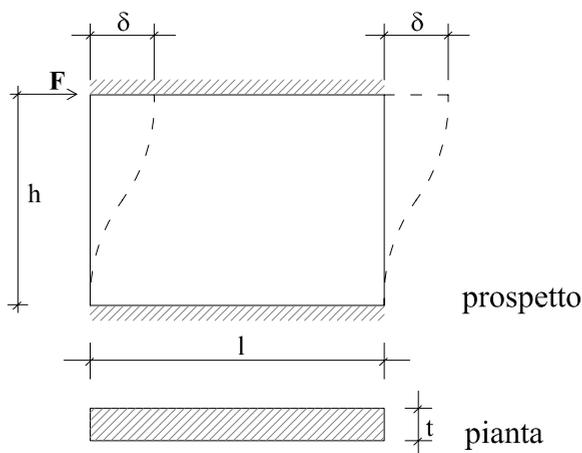


Figura 2.1.

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

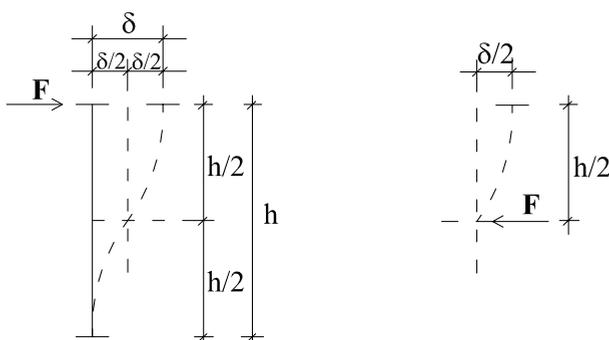


Figura 2.2.

Per effetto della forza F , l'estremo superiore subisce uno spostamento δ , somma di due contributi, quello dovuto alla flessione δ^F e quello dovuto al taglio δ^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:

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

Lo spostamento totale sarà dato da:

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

da cui:

$$\delta = F \left(\frac{h^3}{12EJ} + \chi \frac{h}{GA} \right) \quad (2.1.1)$$

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

$$K = F / \delta$$

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:

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

dove:

δ = spostamento;

h = altezza del maschio murario;

l = lunghezza del maschio murario;

REALIZZAZIONE DI NUOVE APERTURE

L'allegato 11.E dell'O.P.C.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.

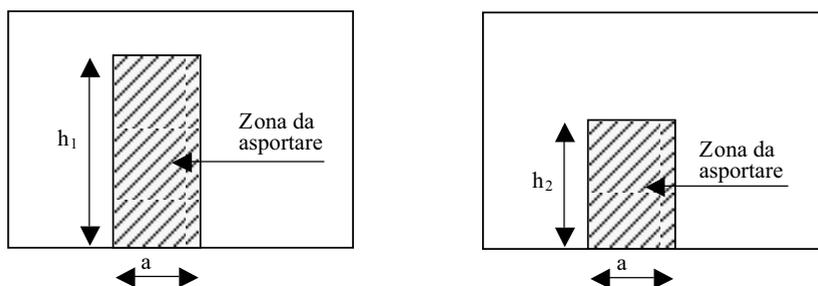


Figura 3.1.

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).

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 rigidità richiesta al rinforzo da mettere in atto, procedendo in due modi distinti.

Il primo, caso A), prevede di calcolare la perdita di rigidità nel modo definito "errato" ossia uguagliando la rigidità 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 rigidità subita dalla parete nel passaggio dalla fase iniziale a quella finale (con realizzazione della nuova apertura).

Caratteristiche della parete:

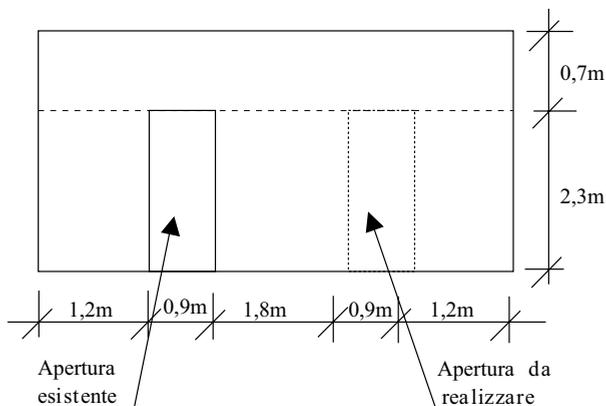
$$G = 780 \text{ N/mm}^2$$

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

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

Caso a)

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



Calcolo della rigidità da asportare

	G	t	l	h	A	E	K
	N/mm ²	m	m	m	m ²	N/mm ²	KN/m
1	780	0,45	0,9	2,3	0,41	2400	41338,3
RIGIDEZZA ASPORTATA (KN/m)							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.

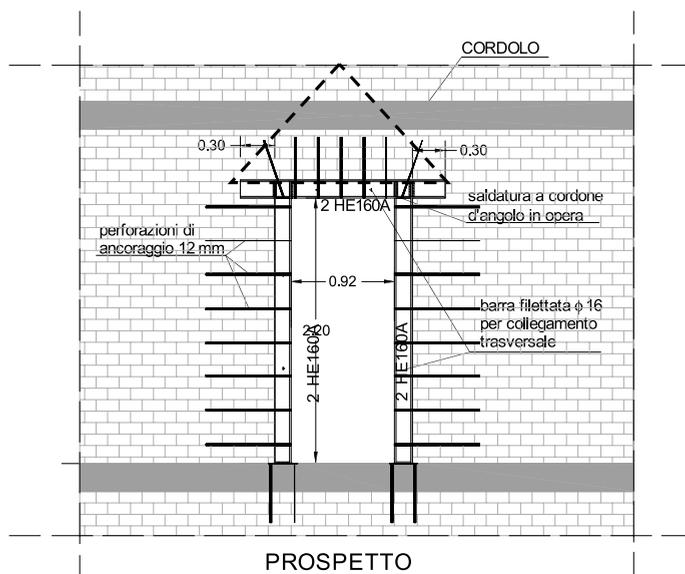


Figura 4.1.

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.

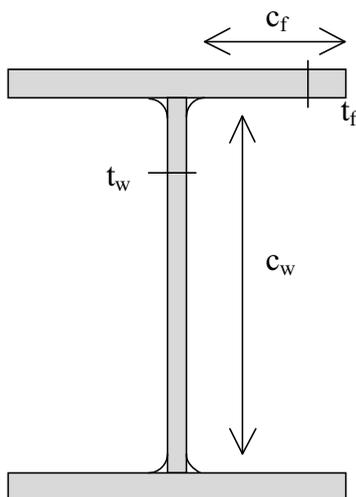
La classe di un profilo, che dipende dalla snellezza dei suoi componenti (ala e anima) e dal tipo di acciaio, indica la sua capacità di plasticizzare (capacità rotazionale): i profili appartenenti alle classi 1 e 2 sono in grado di sviluppare il momento plastico e sono dette “duttili” quelle di classe 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_w/t_w ;
- 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.



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).

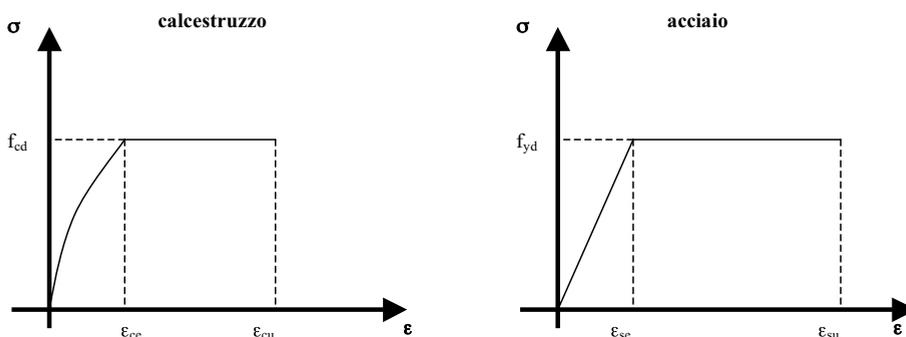
Analogamente a quanto detto per il telaio metallico, la verifica di stabilità del piedritto può essere omessa in quanto quest'ultimo risulta collegato alla muratura adiacente per mezzo di perforazioni armate che quindi ne contrastano gli spostamenti laterali.

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:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed} \quad \mu_{\phi} = \mu_{\phi}(N_{Ed}) \geq \mu_{Ed}$$

dove:

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

N_{Ed} = valore di progetto dello sforzo normale sollecitante;

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

μ_{ϕ} = valore di progetto della duttilità di curvatura corrispondente a N_{Ed} ;

μ_{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).

Con riferimento alla seguente figura 5.1 ed assumendo:

- per il calcestruzzo $\epsilon_{cu} (\%) = 3,5$ $\epsilon_{ce} (\%) = 2$
- per l'acciaio $\epsilon_{su} (\%) = 10$ $\epsilon_{se} (\%) = 1,86 (\epsilon_{se} = E_s / f_{yd})$

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 ($h - c$);
- A_s, 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.

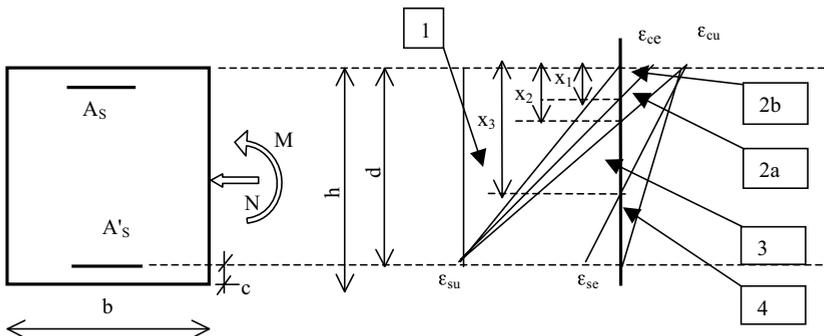


Figura 5.1. Campi di rottura

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.

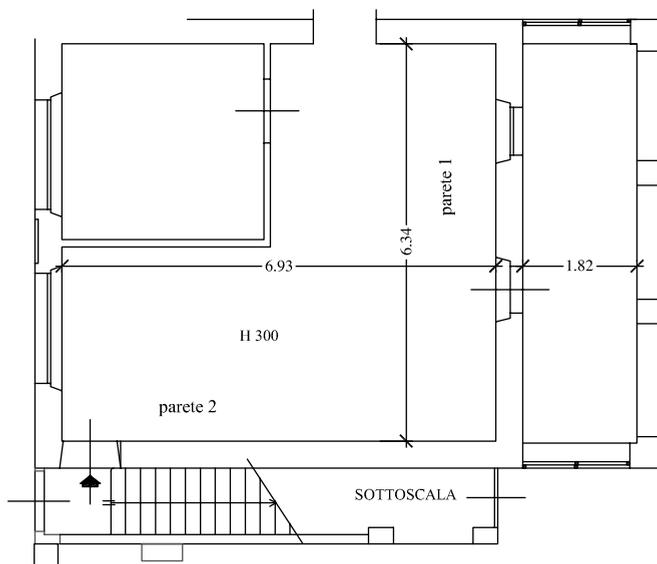
A volte il miglioramento si ottiene anche senza particolari opere, ma solamente mediante una redistribuzione delle aperture all'interno della parete. È comunque sempre necessario, trattandosi di interventi di *“riparazione o intervento locale”*, dimostrare che la situazione finale (stato di progetto)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

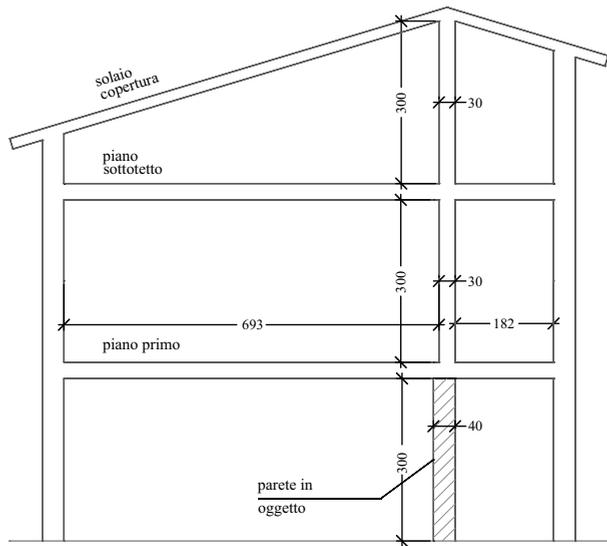
Si prende a riferimento il caso della riorganizzazione funzionale di una villetta bi-familiare costituita da piano terra, piano primo, sottotetto e copertura.

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

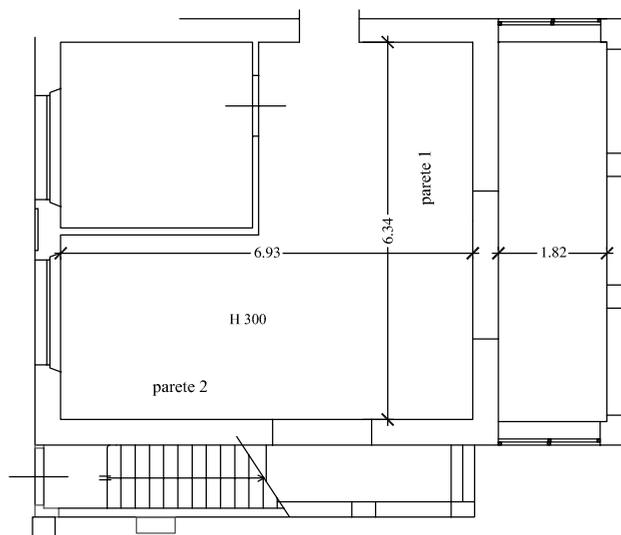


SEZIONE

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.



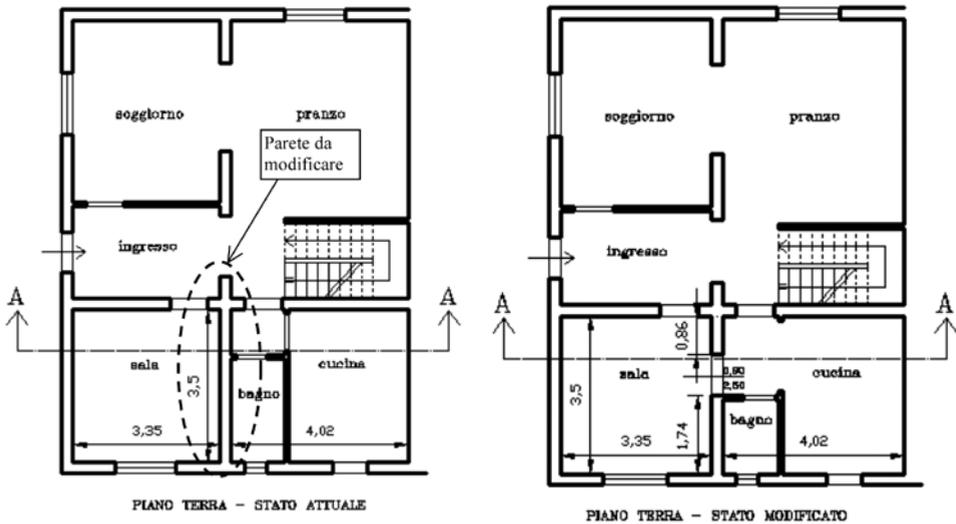
P. TERRA - stato finale

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 , τ_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:

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

$$\tau_0 = (5 + 13) / 2 = 9 \text{ N/cm}^2$$

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

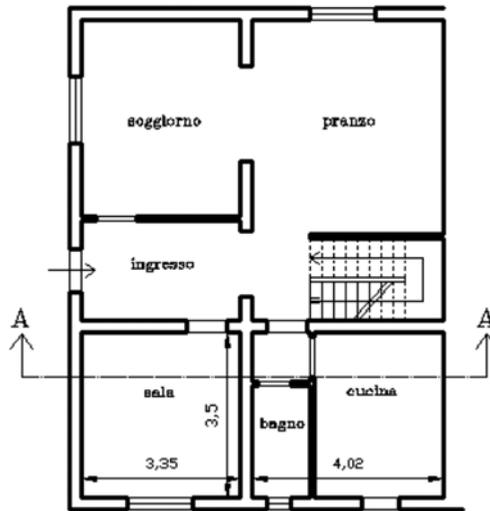
$$E = (1200 + 1800) / 2 \cdot 0,5 = 750 \text{ N/mm}^2$$

$$G = (400 + 600) / 2 \cdot 0,5 = 250 \text{ N/mm}^2$$

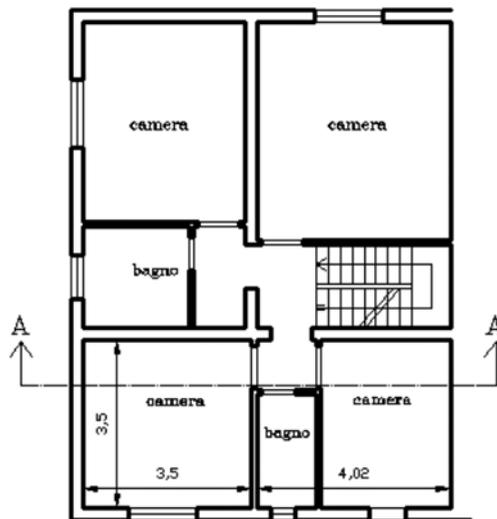
$$w = 18 \text{ KN/m}^3$$

Peso solaio di calpestio piano primo: 4,5 KN/m² per peso permanente e 2 KN/m² di carico variabile.

Stato attuale



PIANO TERRA - STATO ATTUALE



PIANO 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);

- f) 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 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.

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**.

GUIDA ALL'UTILIZZO DI MODELLI ED ESEMPI

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



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

1. Modelli

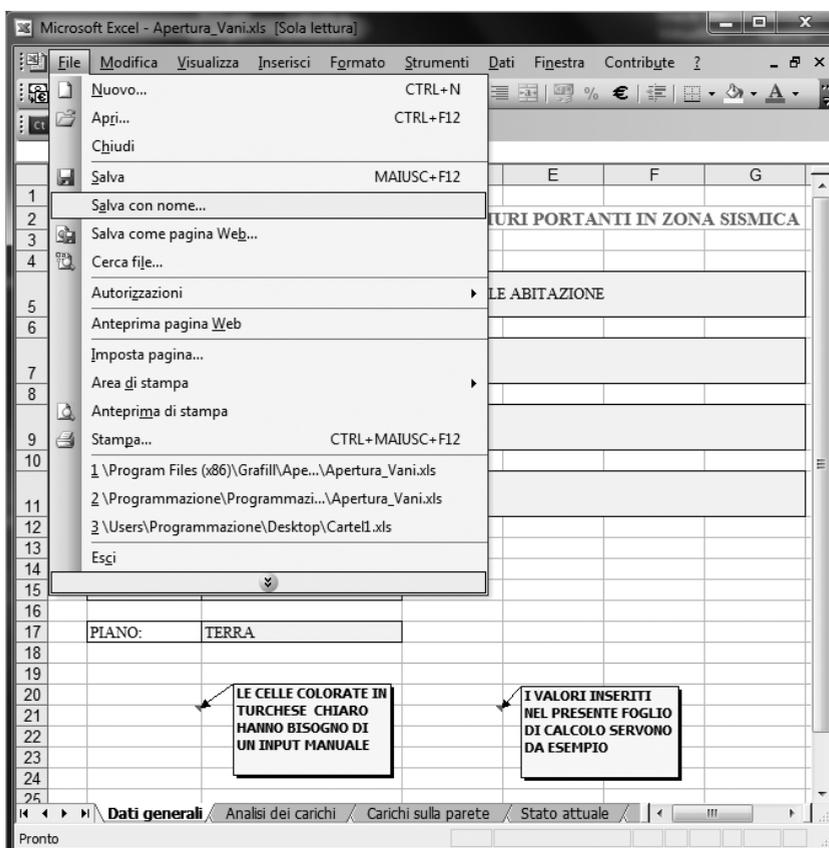
- Apertura vani
- Verifica telaio in acciaio
- Verifica architrave in acciaio
- Verifica telaio in c.a.
- Verifica architrave in c.a.
- Relazione introduttiva

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.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.**

Guida operativa e software di calcolo per i progettisti che si occupano di interventi sul patrimonio edilizio esistente, anche sottoposto a vincolo storico-artistico. Si tratta del problema che nasce con i progetti di ristrutturazione o di riorganizzazioni funzionali di edifici in muratura che prevedono una diversa distribuzione interna con modifica delle aperture nei muri portanti (spostamento di vani porte, nuove aperture di vani porte o finestre, ecc.). L'indebolimento della struttura a causa delle nuove aperture (in termini di resistenza, di rigidità e deformabilità alle azioni sismiche orizzontali) deve essere colmato con la progettazione di idonee opere di rinforzo e/o consolidamento opportunamente dosate per ripristinare le condizioni ante-intervento, in conformità alle norme vigenti (e secondo quanto previsto dalle nuove **NTC 2018 di cui al D.M. 17 gennaio 2018** e dalla **Circolare applicativa n. 7 del 21 gennaio 2019**).

NOTE SUL SOFTWARE INCLUSO

Il software incluso consente di accedere alle seguenti utility:

- Fogli di calcolo per la verifica di aperture in pareti portanti, per le verifiche agli SLU sul telaio in c.a. e sul telaio in acciaio e relativi collegamenti saldati e sull'architrave sia in c.a. che metallico. I fogli di calcolo sono dotati di commenti e disegni schematici chiariscono gli input necessari, nonché di messaggi di errore per correggere le scelte effettuate;
- Esempio di relazione illustrativa sulle metodologie di calcolo e di verifica adottate;
- Esempi numerici di calcolo;
- Utilità: Glossario, FAQ, Test base / Test avanzato.

Le **novità di questa edizione del software** sono:

- Sono state implementate le richieste normative rispetto alle caratteristiche della muratura, in particolare per la distinzione tra muratura regolare ed irregolare;
- Calcolo della resistenza a taglio della muratura prendendo in considerazione i vari meccanismi di collasso previsti dalle norme (taglio scorrimento-taglio con fessurazione diagonale-pessoflessione);
- L'utente può scegliere il tipo di muratura tra quelle previste dalla normativa vigente, oppure definire una nuova tipologia indicando i parametri meccanici, nonché le caratteristiche migliorative o peggiorative rispetto alle condizioni standard;
- Calcola automaticamente ed evidenzia, nella relazione di calcolo, quali sono le caratteristiche meccaniche standard e quali quelle corrette da usare nei calcoli (mediante i coefficienti correttivi previsti dalla normativa vigente);
- La definizione della tipologia della cerchiatura metallica risulta molto più snella e semplice, dovendosi solo indicare il tipo e il numero dei profilati metallici da impiegare;
- La stampa della relazione di calcolo risulta più chiara e ordinata in quanto arricchita di contenuti che ne facilitano la lettura e la comprensione.

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.

Claudio Ciavattini, ingegnere civile, libero professionista e Dottore di Ricerca in Ingegneria Edile al Politecnico di Torino e Università di Pisa dove ha svolto ricerca e supporto alla didattica presso la facoltà di Ingegneria per le cattedre di Architettura Tecnica e Recupero e Conservazione degli Edifici.



Assistenza
tecnica

ISBN 13 978-88-277-0070-9



9 788827 700709 >

Euro 44,00