

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 delle cerchiature dei vani con telai sia metallici che in c.a.
- Verifica agli S.L. del telaio in c.a.
- Verifica agli S.L. del telaio metallico e dei collegamenti sia metalliche che in c.a.
- Verifica agli S.L. delle architravi metalliche o in c.a.
- Redazione della relazione tecnica e di calcolo

SESTA 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



**PRONTO
GRAFILL**

Clicca e richiedi di essere contattato
per informazioni e promozioni



Claudio Ciavattini

APERTURA VANI IN PARETI PORTANTI IN ZONA SISMICA

Ed. VI (2017)

ISBN 13 978-88-8207-893-5

EAN 9 788882 078935

Collana **Software** (98)

Ciavattini, Claudio <1961->
Apertura vani in pareti portanti in zona sismica /
Claudio Ciavattini. – 6. ed. – Palermo : Grafill, 2017.
(Software ; 98)
ISBN 978-88-8207-893-5
1. Edifici – Consolidamento - Zone sismiche.
690.24 CDD-23 SBN Pal0292510
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Il volume è **disponibile anche in eBook** (formato *.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader**.

Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con c/c postale, bonifico bancario, carta di credito e PayPal.

Per i pagamenti con carta di credito e PayPal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno Smartphone o un Tablet il Codice QR sottostante.



I lettori di Codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **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

Finito di stampare nel mese di febbraio 2017

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.	1
1.1. Aspetti normativi	"	1
1.2. Percezione dell'indebolimento strutturale	"	3
1.3. Evoluzione della normativa	"	8
2. COMPORTAMENTO DI PARETI IN MURATURA	"	10
2.1. Calcolo della rigidezza.....	"	10
2.1.1. Caso di parete con aperture	"	12
2.2. Calcolo della resistenza	"	15
2.2.1. Fascia di piano	"	17
2.2.2. Maschi murari	"	18
2.3. Identificazione del livello di conoscenza	"	23
2.3.1. La geometria	"	23
2.3.2. I dettagli costruttivi	"	24
2.3.3. Le proprietà dei materiali	"	24
2.4. Livelli di conoscenza e caratteristiche dei materiali	"	28
2.5. Comportamento dei maschi murari.....	"	31
Esempio 1	"	33
Esempio 2	"	36
3. REALIZZAZIONE DI NUOVE APERTURE	"	43
Esempio 3	"	44
3.1. Verifica della rigidezza.....	"	46
Esempio 4	"	48
3.1.1. Dimensionamento della cerchiatura.....	"	50
Esempio 5	"	52
3.2. Verifica della resistenza	"	55
Esempio 6	"	58
3.3. Posizione dell'apertura nella parete.....	"	62
3.4. Rinforzo dei maschi murari con FRP.....	"	65
Esempio 7	"	71
3.5. Rinforzo dei maschi murari con tecniche tradizionali.....	"	73
4. VERIFICA DEL TELAIO METALLICO DI CERCHIATURA E DELL'ARCHITRAVE	"	78
4.1. Classificazione delle sezioni	"	79

4.2.	Verifica del telaio	p.	81
4.2.1.	Verifica di resistenza agli SLU dei piedritti e del traverso.....	"	85
4.2.2.	Verifica di deformabilità del traverso superiore (SLE).....	"	86
4.2.3.	Verifica delle unioni e dei giunti	"	87
4.3.	Verifica dell'architrave.....	"	95
4.3.1.	Verifica di resistenza allo SLU – collasso per formazione di cerniera plastica	"	96
4.3.2.	Verifica di deformabilità (SLE).....	"	98
4.3.3.	Verifica della muratura per carichi concentrati	"	98
5.	VERIFICA DEL TELAIO IN C.A. E DELL'ARCHITRAVE	"	101
5.1.	Verifica del telaio	"	101
5.1.1.	Verifica a presso flessione dei piedritti e del traverso	"	102
5.1.2.	Verifica a taglio dei piedritti e del traverso	"	108
5.1.3.	Verifica di deformabilità del traverso.....	"	109
5.1.4.	Verifica delle tensioni di esercizio	"	109
5.2.	Verifica dell'architrave.....	"	110
5.2.1.	Verifica a flessione	"	110
5.2.2.	Verifica delle tensioni di esercizio	"	111
6.	ESEMPI APPLICATIVI	"	112
6.1.	Modifica delle aperture senza necessità di opere di rinforzo/consolidamento.....	"	113
6.1.1.	Progetto dell'architrave in acciaio	"	128
6.1.2.	Progetto dell'architrave in c.a.	"	133
6.2.	Modifica di aperture con inserimento di telaio metallico	"	140
6.3.	Modifica di aperture con inserimento di telaio in c.a.	"	162
6.4.	Calcolo della forza sismica agente sul telaio	"	176
7.	ESEMPI	"	178
7.1.	Esempio 1. Apertura vano porta in parete portante.....	"	178
7.2.	Esempio 2. Apertura finestra su prospetto.....	"	194
7.3.	Esempio 3. Ampliamento apertura esistente	"	199
↘	APPENDICE LEGISLATIVA	"	213
–	Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 <i>Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (stralcio)</i>	"	215
–	Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 settembre 2005 <i>Norme tecniche per le costruzioni (stralcio)</i>	"	223

–	Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti 16 gennaio 1996	
	<i>Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (stralcio).....</i>	p. 227
–	Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617	
	<i>Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (stralcio).....</i>	" 235
–	Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274	
	<i>Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica</i>	" 238
↘	INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO	" 241
–	Note sul software incluso	" 241
–	Requisiti hardware e software	" 242
–	Download del software e richiesta della password di attivazione.....	" 242
–	Installazione ed attivazione del software.....	" 243
↘	GUIDA ALL'UTILIZZO DI MODELLI ED ESEMPI	" 244
↘	BIBLIOGRAFIA.....	" 254

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 D.M. 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 – D.M. 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”.

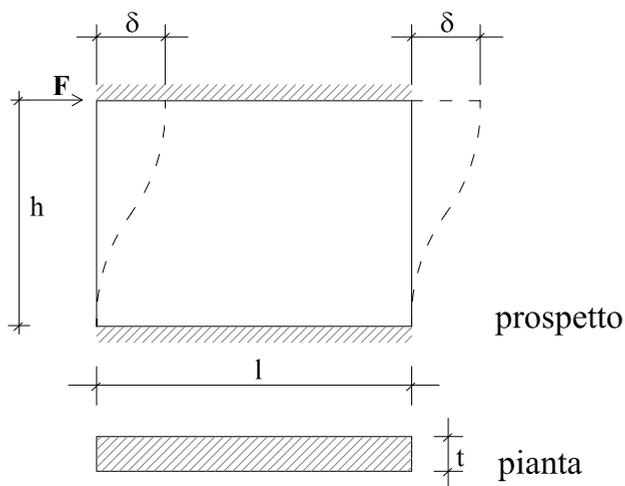
Questo è confermato anche dalla Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009 contenente le “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” dove al punto C8.4.3 recita: *“Infine, interventi di variazione della configurazione di un elemento strutturale, attraverso la sua sostituzione 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”.

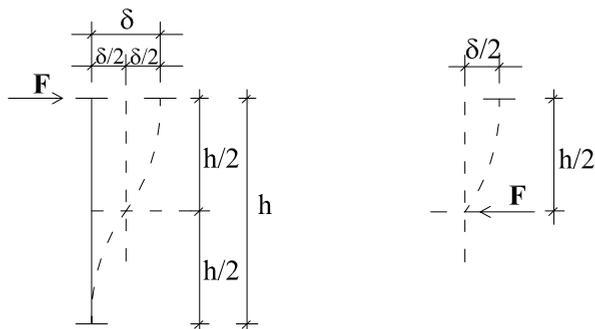
A maggior ragione si considera l'intervento di miglioramento nel caso in cui l'edificio faccia parte del patrimonio culturale vincolato ai sensi del Codice dei Beni Culturali (D.L. n. 42/2004) dove all'articolo 29 si legge: *“... nel caso di beni immobili situati nelle zone di-*

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 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 rigidità e resistenza tali da ripristinare la condizione preesistente.

Questo concetto viene ripreso anche dalle NTC (punto 8.7.4) e dalla Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" dove al punto C8A.5.5 si prevede, per la realizzazione di nuove aperture, l'inserimento di un telaio chiuso di rigidità e resistenza tali da ripristinare la condizione preesistente. Infatti, l'apertura di un varco nella muratura provoca una diminuzione della rigidità e della resistenza di quest'ultima, oltre a modificarne il comportamento globale.

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 rigidità 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 rigidità 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.

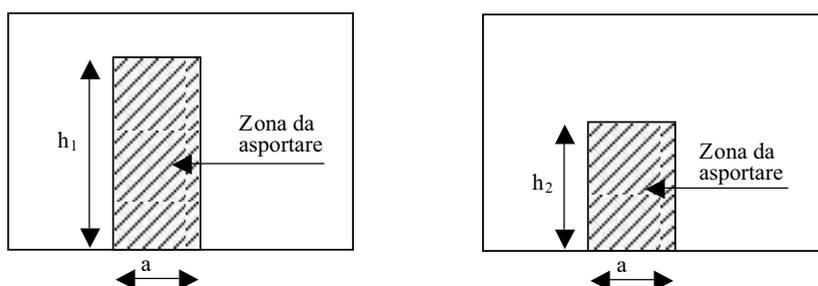


Figura 3.1.

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

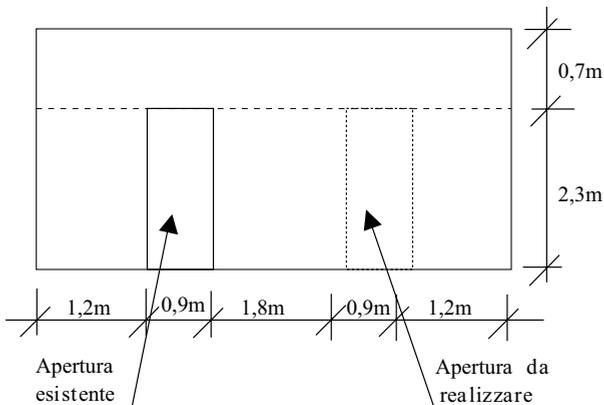
$$G = 780 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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 2008.

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.

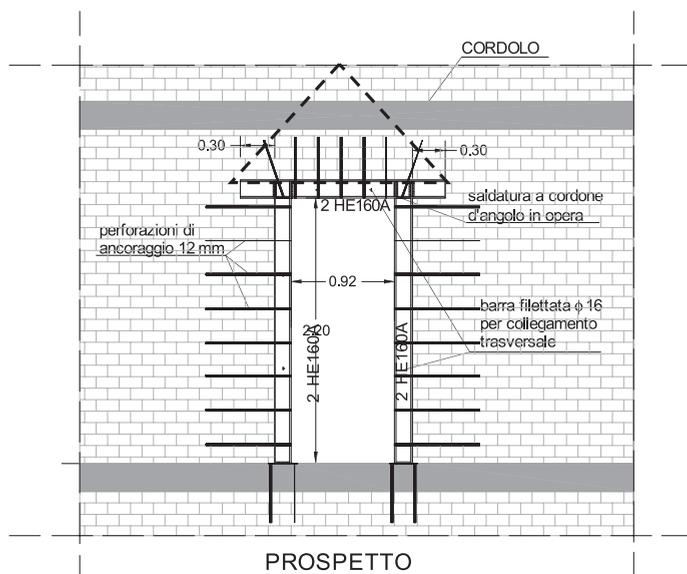


Figura 4.1.

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 2008.

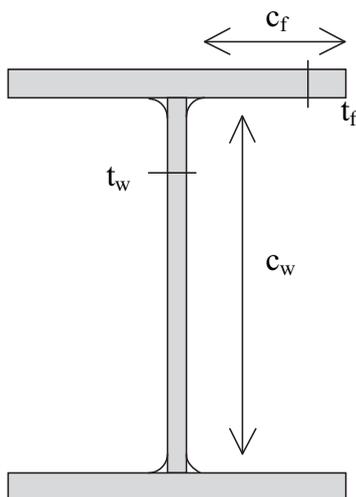
La classe di un profilo, che dipende dalla snellezza dei suoi componenti (ala e anima) e dal tipo di acciaio, indica la sua capacità di plasticizzare (capacità rotazionale): i profili appartenenti alle classi 1 e 2 sono in grado di sviluppare il momento plastico e sono dette "compatte"; viceversa, i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

Generalmente, dal momento che usualmente si impiegano profili tipo IPE o HE, ci si trova ad utilizzare sezioni di tipo compatto ossia 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 2008) 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 2008.

In sintesi le verifiche riguardano:

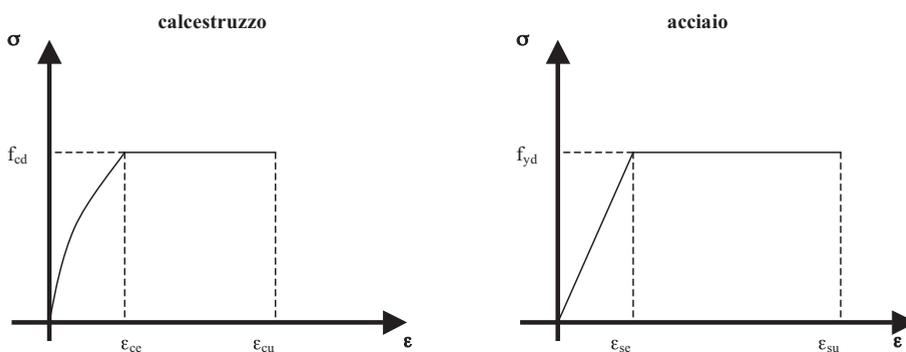
1. resistenza dei piedritti e del traverso alle sollecitazioni di sforzo normale, flessione e taglio (SLU);
2. deformabilità del traverso (SLE);
3. tensioni di esercizio (SLE).

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%.



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

La verifica consiste nel controllare che:

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

dove:

M_{Rd} = momento resistente della sezione corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} = sforzo normale di calcolo;

M_{Ed} = momento flettente di calcolo.

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 figura seguente ed assumendo:

- per il calcestruzzo ϵ_{cu} (‰) = 3,5 ϵ_{ce} (‰) = 2
- per l'acciaio ϵ_{su} (‰) = 10 ϵ_{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.

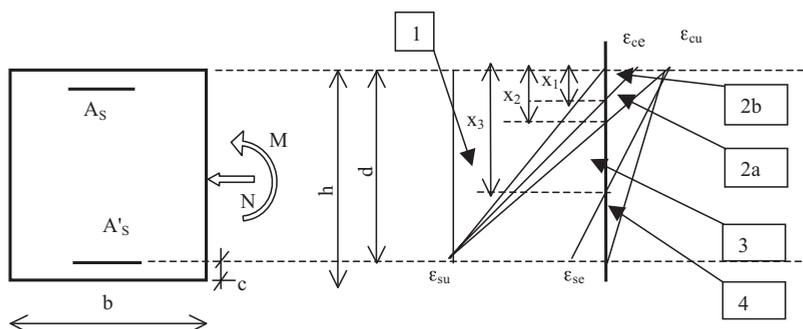


Figura 5.1. Campi di rottura

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.

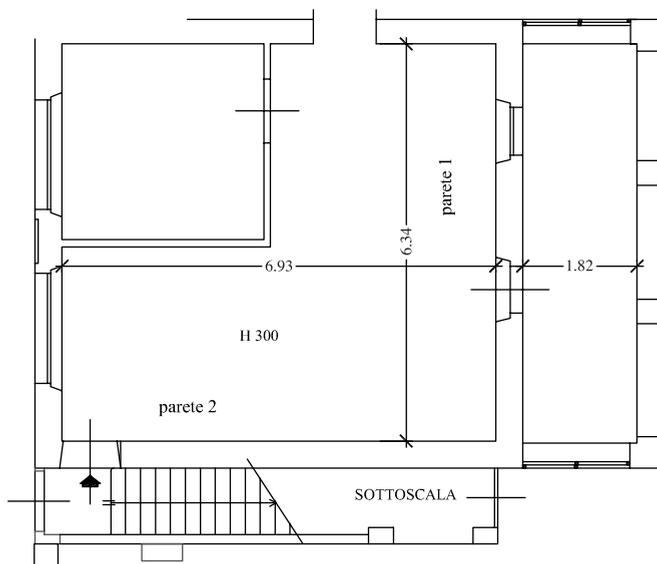
A volte il miglioramento si ottiene anche senza particolari opere, ma solamente mediante una redistribuzione delle aperture all'interno della parete. È comunque sempre necessario, trattandosi di interventi di *“riparazione o intervento locale”*, dimostrare che la situazione finale (stato di progetto)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

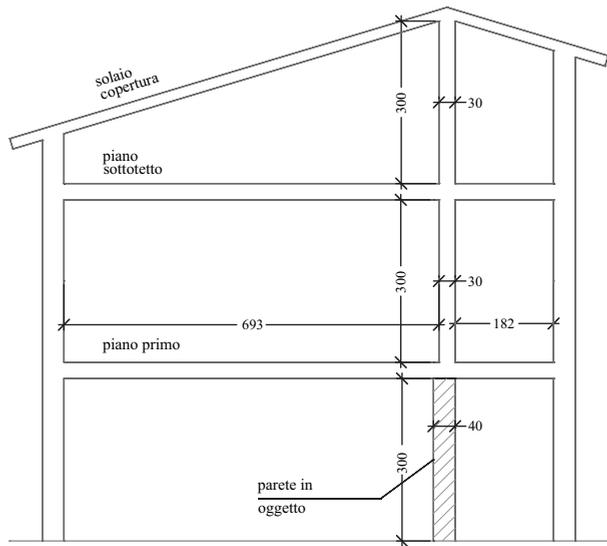
Si prende a riferimento il caso della riorganizzazione funzionale di una villetta bi-familiare costituita da piano terra, piano primo, sottotetto e copertura.

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

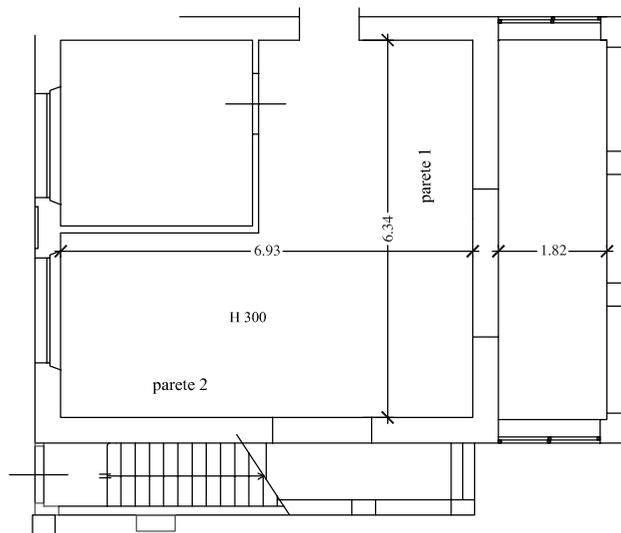


SEZIONE

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.

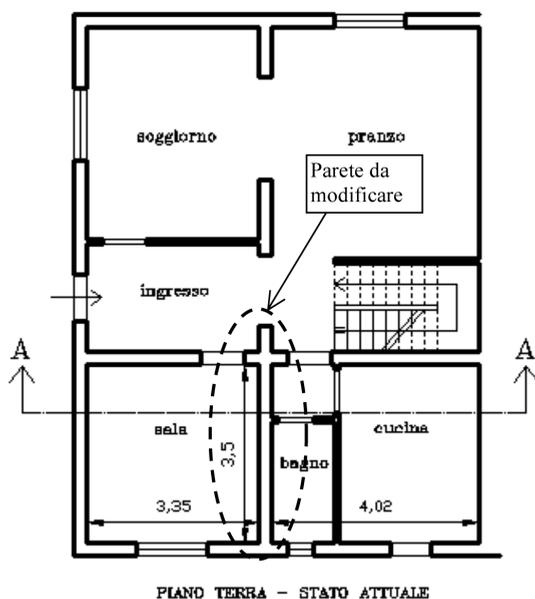


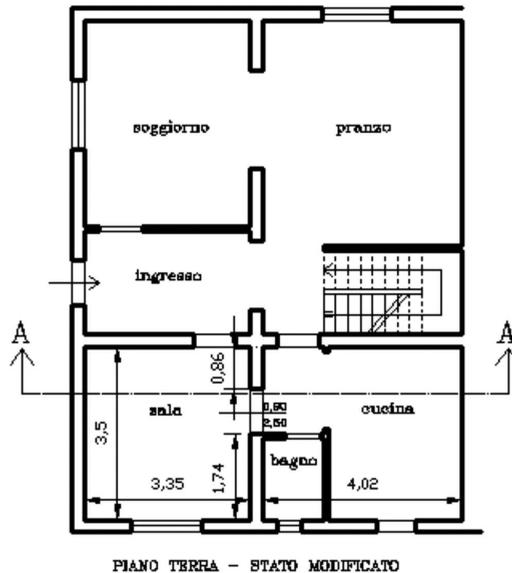
P. TERRA - stato finale

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_m e τ_o 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.

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

$$f_m = (240 + 400)/2 = 320 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_o = (6 + 9,2)/2 = 7,6 \text{ N/cm}^2$$

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

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

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

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

APPENDICE LEGISLATIVA



**PRONTO
GRAFILL**

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

DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE 14 GENNAIO 2008*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (stralcio)*

[G.U.R.I 4-02-2008, N. 29 – S.O. N. 30]

*(omissis)***8. COSTRUZIONI ESISTENTI****8.1. OGGETTO**

Il presente capitolo definisce i criteri generali per la valutazione della sicurezza e per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli interventi sulle costruzioni esistenti.

È definita costruzione esistente quella che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, la struttura completamente realizzata.

8.2. CRITERI GENERALI

Per quanto non diversamente specificato nel presente capitolo, le disposizioni di carattere generale contenute negli altri capitoli della presente norma costituiscono il riferimento anche per le costruzioni esistenti. Nel caso di interventi non dichiaratamente strutturali (impiantistici, di redistribuzione degli spazi, ecc.) dovrà essere valutata la loro possibile interazione con gli SLU e gli SLE della struttura o parti di essa.

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi su costruzioni esistenti devono tenere conto dei seguenti aspetti:

- la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione e di realizzazione;
- la costruzione può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione dei modelli strutturali, si dovrà, inoltre, tenere conto che:

- la geometria e i dettagli costruttivi sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive;
- la conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera ma solo della omogeneità dei materiali stessi all'interno della costruzione, del livello di approfondimento delle indagini conoscitive e dell'affidabilità delle stesse;
- i carichi permanenti sono definiti e la loro conoscenza dipende dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive.

Si dovrà prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso, nelle verifiche di sicurezza, di adeguati "fattori di confidenza", che modificano i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali.

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguiti con riferimento ai soli SLU; nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli SLE i relativi livelli di prestazione possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente. Le Verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla

condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC).

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorra anche una delle seguenti situazioni:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta ad azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni), situazioni di funzionamento ed uso anomalo, deformazioni significative imposte da cedimenti del terreno di fondazione;
- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità.

Qualora le circostanze di cui ai punti precedenti riguardino porzioni limitate della costruzione, la valutazione della sicurezza potrà essere limitata agli elementi interessati e a quelli con essi interagenti, tenendo presente la loro funzione nel complesso strutturale.

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.

La valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano gli interventi strutturali di cui al punto 8.4, e dovrà determinare il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento.

Il Progettista dovrà esplicitare, in un'apposita relazione, i livelli di sicurezza attuali o raggiunti con l'intervento e le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

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

Gli interventi di adeguamento e miglioramento devono essere sottoposti a collaudo statico.

Per i beni di interesse culturale in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'articolo 29 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza.

8.4.1. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

È fatto obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza e, qualora necessario, all'adeguamento della costruzione, a chiunque intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;

DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 14 SETTEMBRE 2005

Norme tecniche per le costruzioni (stralcio)

[G.U.R.I 23-09-2005, N. 222 – S.O. N. 159]

(omissis)

9. COSTRUZIONI ESISTENTI

9.1. OGGETTO

Le presenti norme hanno lo scopo di individuare i criteri generali per la verifica della sicurezza ed il collaudo delle costruzioni esistenti. È definita costruzione esistente quella che alla data di entrata in vigore della presente normativa risulta edificata, collaudata ovvero utilizzata.

9.2. CRITERI GENERALI

Le costruzioni esistenti devono avere i livelli di sicurezza definiti dai principi normativi fondamentali riportati al capitolo 2 e che sono identificati dalle specifiche norme per i diversi materiali costituenti la costruzione, di cui al capitolo 5.

Quando ricorrono particolari complessità a livello di acquisizione dati e di processo conoscitivo, come nei casi di edifici storico-monumentali ed artistici di grande significatività e complessità, la valutazione della sicurezza potrà essere fondata su una accurata anamnesi storica della costruzione e su processi logico-deduttivi, ed espressa e motivata, con un “giudizio esperto” formulato da una commissione di tre esperti, di acclarato valore.

Per le strutture per le quali non sia reperibile il progetto esecutivo dell’opera, la relazione di calcolo, i disegni costruttivi ovvero le indagini originali sui materiali e sui terreni di sedime, si potrà impostare una campagna di accertamenti in situ possibilmente mediante prove non distruttive ed indagini che non alterino il comportamento dei terreni di fondazione.

9.2.1. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l’uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l’uso debba essere modificato nel verso di un minore cimento statico (declassamento);
- debba essere necessario procedere ad aumentare la capacità portante (consolidamento);
- debba essere necessario procedere a ripristinare la capacità portante preesistente ad un danno (riparazione);
- debba essere necessario adeguare la sicurezza dell’opera, in tutto od in parte, alle prescrizioni della presente norma (adeguamento).

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorrono le seguenti situazioni:

1. Scadenza della vita di servizio a partire dalla fine della costruzione ovvero dalla data del collaudo statico;
2. In caso di evidente riduzione della capacità resistente dei materiali o elementi strutturali nel loro insieme;
3. A seguito di azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura) che abbiano compromesso la capacità resistente della struttura;

4. Per degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali dei componenti strutturali della struttura nel suo complesso;
5. In caso di azioni accidentali (urti, incendi, esplosioni), e di situazioni di funzionamento ed uso anomalo;
6. In presenza di distorsioni significative imposte da deformazioni del terreno di fondazione;
7. Per riscontrati errori di progetto o di costruzione;
8. A seguito di trasformazione delle condizioni d'uso della struttura;
9. A seguito di un cambio della destinazione d'uso della costruzione con variazione dei carichi variabili sulla costruzione;
10. Per aumentato cimento statico delle strutture.

Nella valutazione della sicurezza degli edifici esistenti, fermo restando l'azione dei carichi, la resistenza ed il comportamento delle strutture potrà essere valutata con i più avanzati metodi dell'ingegneria strutturale.

La valutazione di cui al punto 1 sarà la base di riferimento per la compilazione del fascicolo del fabbricato.

Il committente e/o il proprietario, sotto la loro responsabilità nei riguardi della pubblica incolumità, secondo i principi del capitolo 2, individueranno il termine della vita di servizio dell'opera.

9.3. INTERVENTI SULLE COSTRUZIONI ESISTENTI

9.3.1. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI FINALIZZATI ALL'AUMENTO DELLA SICUREZZA DELLA COSTRUZIONE

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

1. Intervento di consolidamento;
2. Intervento di riparazione.

9.3.1.1. Intervento di consolidamento

L'intervento di consolidamento è l'insieme delle opere ed interventi che conferiscono alla struttura un grado di sicurezza maggiore di quello preesistente all'intervento.

È obbligo procedere ad intervento di consolidamento quando la struttura ricade nei casi 2, 3, 4 e 6 del punto 9.2.1. Il progetto deve essere riferito all'intera struttura ovvero alla parte strutturale avente funzionamento autonomo.

Il progetto, sviluppato in relazione alle cause che hanno determinato la non adeguatezza della struttura, deve comunque prevedere 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;

DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 16 GENNAIO 1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (stralcio)

[G.U.R.I 5-02-1996, N. 19 – S.O.]

(omissis)

C.9. INTERVENTI SUGLI EDIFICI ESISTENTI

C.9.0. Gli interventi di adeguamento o di miglioramento di seguito definiti possono essere eseguiti senza l'obbligo del rispetto di quanto stabilito ai punti precedenti delle presenti norme, relativi alle nuove costruzioni.

Gli interventi comprendono le riparazioni dei danni prodotti da eventi sismici.

C.9.1. DEFINIZIONI

C.9.1.1. Intervento di adeguamento

Si definisce intervento di adeguamento l'esecuzione di un complesso di opere sufficienti per rendere l'edificio atto a resistere alle azioni sismiche definite ai punti C.9.5.3., C.9.6.3. e C.9.7.3. È fatto obbligo di procedere all'adeguamento a chiunque intenda:

- a) sopraelevare o ampliare l'edificio. Si intende per ampliamento la sopraelevazione di parti dell'edificio di altezza inferiore a quella massima dell'edificio stesso. In tal caso non sussiste più l'obbligo del rispetto delle prescrizioni di cui al punto C.3.;
- b) apportare variazioni di destinazione che comportino, nelle strutture interessate dall'intervento, incrementi dei carichi originari (permanenti e accidentali) superiori al 20%;
- c) effettuare interventi strutturali rivolti a trasformare l'edificio mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente;
- d) effettuare interventi strutturali rivolti ad eseguire opere e modifiche per rinnovare e sostituire parti strutturali dell'edificio, allorché detti interventi implicino sostanziali alterazioni del comportamento globale dell'edificio stesso.

Le sopraelevazioni, nonché gli interventi che comportano un aumento del numero dei piani, sono ammissibili esclusivamente ove siano compatibili con le larghezze delle strade su cui prospettano; è altresì ammissibile una variazione di altezza, senza il rispetto delle norme di cui ai punti C.2 e C.3. qualora sia necessaria per l'abitabilità degli ambienti, a norma dei regolamenti edilizi, sempre che resti immutato il numero dei piani.

C.9.1.2. Intervento di miglioramento

Si definisce intervento di miglioramento l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza peraltro modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale.

È fatto obbligo di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio.

Tale tipologia d'intervento si applica, in particolare, al caso degli edifici di carattere monumentale di cui all'articolo 16 della legge 2 febbraio 1974, n. 64, in quanto compatibile con le esigenze di tutela e di conservazione del bene culturale.

C.9.2. PROGETTO ESECUTIVO

C.9.2.1. Progetto esecutivo degli interventi di adeguamento

Gli interventi di adeguamento antisismico di un edificio devono essere eseguiti sulla base di un progetto esecutivo firmato, ai sensi dell'articolo 17 della legge 2 febbraio 1974, n. 64, da un ingegnere, architetto, geometra o perito edile iscritto nell'albo, nei limiti delle rispettive competenze. Il progetto deve essere completo ed esauriente per planimetrie, piante, sezioni, particolari esecutivi, relazione tecnica, relazione sulle fondazioni e fascicolo dei calcoli per la verifica sismica. In particolare la relazione tecnica deve riferirsi anche a quanto indicato nei successivi punti C.9.2.3. e C.9.2.4.

In ogni caso i disegni di progetto devono contenere le necessarie informazioni atte a definire le modalità di realizzazione degli interventi nonché, ogni qualvolta occorra, la descrizione e la rappresentazione grafica delle fasi di esecuzione con le relative prescrizioni specifiche. Nel caso in cui sia prescritto l'adeguamento ai sensi del precedente punto C.9.1.1., e viceversa, in relazione allo stato di fatto dell'edificio e sulla base degli accertamenti e delle verifiche eseguite, risulti che non occorranò provvedimenti di adeguamento, deve essere ugualmente presentata, ai sensi del citato articolo 17 della legge 2 febbraio 1974, n. 64, la documentazione tecnica sopra indicata riferita al fabbricato esistente.

La verifica sismica è tassativa per gli edifici con struttura in cemento armato, metallica ed a pannelli portanti. Essa può essere omessa e sostituita da una specifica ed adeguata relazione tecnica per gli edifici in muratura ordinaria che allo stato di fatto o dopo l'avvenuta esecuzione delle opere di rinforzo eventualmente progettate, posseggano i requisiti costruttivi di cui al punto C.5.1 e C.5.2. Se gli edifici in muratura ordinaria non hanno i requisiti citati, la verifica sismica è obbligatoria. Nelle verifiche sismiche, per gli interventi di adeguamento, si terrà conto dei coefficienti di protezione sismica I definiti nei punti precedenti.

C.9.2.2. Progetto esecutivo degli interventi di miglioramento

Nel caso di interventi di miglioramento il progetto deve contenere di norma la documentazione prescritta per gli interventi di adeguamento limitatamente alle opere interessate.

Nella relazione tecnica deve essere dimostrato che gli interventi progettati non producano sostanziali modifiche nel comportamento strutturale globale dell'edificio.

C.9.2.3. Operazioni progettuali

Il progetto di un intervento su di un edificio è basato sulle seguenti operazioni:

- a) individuazione dello schema strutturale nella situazione esistente;
- b) valutazione delle condizioni di sicurezza attuale dell'edificio e delle caratteristiche di resistenza degli elementi strutturali interessati dagli interventi, avuto riguardo alla eventuale degradazione dei materiali e ad eventuali dissesti in atto;
- c) scelta progettuale dei provvedimenti di intervento operata sulla base degli elementi come sopra determinati;
- d) verifica sismica, se necessaria, del nuovo organismo strutturale.

C.9.2.4. Criteri di scelta progettuale

I criteri adottati nella scelta del tipo di intervento devono scaturire da uno studio preliminare dell'organismo edilizio riguardante in particolare:

