

Eventi sismici 15/12/2009

**Ordinanza Presidente Consiglio dei Ministri
n. 3853 del 03/03/2010**

**INTERVENTI DI RIPARAZIONE DEI DANNI E DI RAFFORZAMENTO
LOCALE DEGLI EDIFICI PRIVATI DANNEGGIATI DAL SISMA**

DIRETTIVE TECNICHE

DIRETTIVE TECNICHE PER GLI INTERVENTI DI RIPARAZIONE DEI DANNI, DI RIPRISTINO E RAFFORZAMENTO LOCALE DELLE COSTRUZIONI PRIVATE DANNEGGIATE DAL SISMA DEL 15 DICEMBRE 2009 E GIORNI SUCCESSIVI IN UMBRIA.

1. OBIETTIVO DEGLI INTERVENTI

L'obiettivo degli interventi è quello di garantire un rapido recupero dell'agibilità degli edifici¹, intesi quali Unità Strutturali (U.S.), che hanno subito danni a seguito del sisma del 15.12.2009 allo scopo di consentire il rientro delle famiglie sgomberate nelle proprie abitazioni e la ripresa delle attività produttive.

Le presenti direttive riguardano gli interventi minimi da eseguire per conseguire la riparazione dei danni, il ripristino e il rafforzamento sismico² delle U.S., nel rispetto delle norme tecniche di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 e della relativa circolare applicativa n. 617 del 2 febbraio 2009, recante «Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni».

Il ripristino dell'agibilità deve essere conseguito attraverso interventi volti alla eliminazione delle condizioni di rischio, alla riparazione e/o al reintegro degli elementi non strutturali e strutturali. In ogni caso si dovrà garantire che gli interventi progettati non aggravino la situazione degli edifici adiacenti né quella delle porzioni dell' U.S. nelle quali non si eseguono interventi strutturali.

Gli interventi sugli elementi strutturali sono finalizzati a eliminare le principali carenze strutturali dell'U.S. che danno luogo ai danni e ai meccanismi di collasso che più frequentemente si manifestano per effetto dei terremoti e dunque a conseguire un maggiore livello di sicurezza della costruzione, nel rispetto di quanto specificato nel paragrafo 8.4.3 delle Norme tecniche.

Così operando, non è richiesta l'analisi sismica dell'intera costruzione ma solo la valutazione dell'incremento di sicurezza, in termini di resistenza e/o di duttilità, della parte strutturale su cui si interviene.

Operativamente, per tali interventi sono richiesti:

- il rilievo locale della zona d'intervento;
- l'indicazione, nella zona d'intervento, delle carenze strutturali;
- le verifiche sismiche locali laddove si interviene (in particolare, cinematismi di collasso per ribaltamento fuori-piano dove si eseguono interventi minimi);

¹Si intende per edificio l'**Unità Strutturale (U.S.)** così come definita al par. 8.7.1 delle Norme tecniche di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008: "[...] in presenza di fabbricati in aggregato, contigui, a contatto ed interconnessi con edifici adiacenti, l'Unità Strutturale [...] dovrà avere continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi", quali ad esempio:

- a) fabbricati costruiti in epoche diverse;
- b) fabbricati costruiti con materiali diversi;
- c) fabbricati con solai posti a quota diversa;
- d) fabbricati aderenti solo in minima parte.

² Si considerano interventi di rafforzamento quelli coerenti con le disposizioni del paragrafo 8.4.3 (*Riparazione o Intervento locale*) delle Norme tecniche di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 e del par. C.8.4.3 della relativa circolare applicativa n. 617 del 2 febbraio 2009.

- le verifiche locali per carichi verticali delle parti dove si interviene e di quelle strutturalmente connesse, comprensive di eventuali verifiche in fondazione, quando necessarie.

2. EDIFICI AMMESSI A CONTRIBUTO PER GLI INTERVENTI MINIMI

Gli interventi ammessi a contributo riguardano le Unità Strutturali (U.S.) che non raggiungono né la soglia di danno, né la soglia di vulnerabilità, né la soglia di carenze strutturali gravi, come di seguito specificate.

2.1 EDIFICI IN MURATURA

2.1.1. Soglie di danno

La soglia di danno si intende superata se è presente una delle seguenti condizioni:

- a) Pareti fuori piombo per un'ampiezza superiore a 5 centimetri sull'altezza di un piano, o comunque che riguardano un'altezza superiore ai 2/3 della parete stessa;
- b) crolli parziali delle strutture verticali portanti che interessino una superficie superiore al 5% della superficie totale delle murature portanti;
- c) lesioni diagonali passanti che, in corrispondenza di almeno un livello, interessino almeno il 30% della superficie totale delle strutture portanti del livello medesimo;
- d) lesioni di schiacciamento che interessino almeno il 5% delle murature portanti;
- e) cedimenti delle fondazioni e fenomeni di dissesto idrogeologico segnalati in cartografia o di nuova individuazione.

2.1.2. Soglia di vulnerabilità

La soglia di vulnerabilità si intende superata se:

- a) la *resistenza convenzionale* alle azioni orizzontali delle murature, valutata al piano terra dell'U.S. ed espressa attraverso il parametro C_{CONV} , pari al rapporto fra forze orizzontali e il peso dell'U.S., calcolato secondo le indicazioni riportate al punto 4. delle presenti direttive, è inferiore al valore limite:

$$C_{RIF} = a_{SLU(RIF)}/g = 0.09$$

- b) la *resistenza convenzionale* ai piani superiori è inferiore a valori di C_{CONV} ottenuti moltiplicando il valore di cui al comma a) per i coefficienti di maggiorazione definiti nella tabella 3 del punto 4..

2.1.3. Soglia di carenze strutturali gravi

Si definiscono **carenze strutturali gravi**, che possono essere causa di notevole vulnerabilità e richiedere interventi pesanti, quelle consistenti in almeno una delle condizioni di seguito definite:

1. carenza di resistenza della muratura dovuta:
 - alla presenza di murature a sacco con assenza di collegamento tra i paramenti;oppure:
 - alla presenza di murature portanti in forati, con percentuale di vuoti > 70 % ed estesa per oltre il 30 % delle superfici resistenti ad uno stesso livello;

2. murature portanti insistenti in falso su solai, in percentuale superiore al 10 % del totale anche ad un solo livello;
3. coperture realizzate con orditura principale e secondaria prive di collegamenti mutui, quali solette o tavolati.

La presenza di una delle condizioni descritte ai punti 1, 2 e 3 comporta il superamento della soglia di carenze strutturali.

Non sono viceversa considerate carenze strutturali gravi quelle di seguito elencate:

- a) carenza di collegamenti fra pareti confluenti;
- b) carenza di collegamenti fra pareti ed orizzontamenti;
- c) presenza di spinte non contrastate;
- d) carenza di vincolamento negli elementi non strutturali.

La valutazione di sicurezza, ai sensi del paragrafo 8.4.3 delle Norme tecniche, deve essere riferita alle carenze strutturali di cui alle precedenti lettere a), b), c) e d), con particolare riferimento allo sviluppo di meccanismi di ribaltamento.

Tali carenze strutturali debbono comunque essere risolte con gli interventi minimi obbligatori.

2.2 EDIFICI IN CEMENTO ARMATO E IN ACCIAIO

Gli edifici ammessi a contributo non devono aver subito danni alla struttura portante e non devono essere interessati da cedimenti delle fondazioni.

2.3 EDIFICI IN STRUTTURA MISTA (MURATURA E CEMENTO ARMATO OPPURE MURATURA E ACCIAIO)

Per gli edifici in struttura mista valgono le soglie di danno di cui al punto 2.1.1 per la parte in muratura e al punto 2.2 per la parte in cemento armato o in acciaio.

Ove il sistema costruttivo, al quale è affidato prevalentemente il compito di resistere alle forze orizzontali, sia in muratura, fermo quanto previsto al punto 2.1.3 riguardo le carenze strutturali:

- la soglia di vulnerabilità dovrà essere valutata come specificato al comma a) del punto 2.1.2;
- la soglia di carenze strutturali gravi dovrà essere valutata come specificato al punto 2.1.3.

3. TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Coerentemente con gli obiettivi degli interventi richiamati dall' ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3853/2010 e nel rispetto delle prescrizioni di cui al D.M. 14.01.08 e della relativa circolare n. 617/2009, gli interventi ammissibili a finanziamento saranno unicamente finalizzati:

- a ripristinare le condizioni precedenti all'evento con riparazioni locali;
- a rafforzare le parti strutturali critiche attraverso gli interventi minimi;
- a ridurre il rischio di caduta di elementi non strutturali pesanti.

Al fine della realizzazione degli interventi costituiscono utile suggerimento le indicazioni contenute nel decreto ministeriale 14.01.2008 e nella relativa Circolare n. 617/09, nelle *Linee guida per la riparazione e il rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni* e nelle *Linee guida sulle Modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per i progetti di riparazione/miglioramento/ricostruzione di edifici inagibili* del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale.

Gli interventi strutturali minimi di seguito elencati per ciascuna tipologia di Unità Strutturali (U.S.) sono da considerarsi inderogabili, dovranno rispettare l'ordine di priorità esposto e dovranno essere estesi a tutti i livelli dell'Unità Strutturali (U.S.).

3.1 EDIFICI IN MURATURA

- a) riparazione dei danni e riduzione dei vuoti nei maschi murari (p. es. effettuata mediante la tecnica del cuci e scuci o mediante iniezione di malta cementizia ovvero cuciture armate iniettate con malta cementizia localizzate nelle connessioni tra pareti o in prossimità di irregolarità strutturali);
- b) collegamenti fra solai e maschi murari o tra copertura e maschi murari e fra questi ultimi confluenti in martelli murari ed angolate, conseguibile mediante interventi poco invasivi (quali catene, profili metallici, cuciture o tecniche innovative di pari efficacia) da privilegiarsi rispetto ad altri più invasivi (p. es.: cordoli in breccia);
- c) riduzione delle spinte non contrastate di coperture, archi e volte, conseguibili mediante tiranti o tecniche innovative di pari efficacia.

3.2 EDIFICI IN CEMENTO ARMATO E ACCIAIO

- a) riparazione dei danni;
- b) interventi di ripristino della resistenza originaria delle tamponature e verifica dei collegamenti delle stesse alla struttura;
- c) interventi di spostamento, creazione e irrobustimento di tamponature per migliorare il comportamento sismico, sia in pianta che in elevazione.

3.3 EDIFICI IN STRUTTURA MISTA

Valgono le tipologie di intervento e le priorità elencate per la parte in muratura (punto 3. sub. 3.1) e per quella in cemento armato ed in acciaio (punto 3. sub. 3.2). Particolare attenzione deve essere posta ai collegamenti fra le due tipologie strutturali ed alla compatibilità delle deformazioni conseguenti alla diversa deformabilità dei due sistemi.

4. VALUTAZIONE SEMPLIFICATA DELLA RESISTENZA CONVENZIONALE ALLE FORZE SISMICHE ORIZZONTALI

La valutazione è effettuata con riferimento alla resistenza a taglio dei maschi murari. La resistenza tangenziale di riferimento da utilizzare è riportata nella tabella seguente in funzione della tipologia della muratura.

Tab. 1 - Tensione tangenziale di riferimento per il calcolo della resistenza dei maschi murari ad azioni nel piano medio della parete.

Descrizione tipologia muraria	Resistenza tangenziale di calcolo τ_d (t/m ²) ⁽³⁾
Muratura a sacco in pietrame	1.48
Muratura in pietrame non squadrato o sbozzato	2.59
Muratura in pietrame squadrato e ben organizzato o in blocchi di tufo	4.15
Mattoni, blocchi di argilla espansa, blocchi di calcestruzzo, blocchi di laterizio, purché pieni o semipieni ($\phi < 45\%$), con malta bastarda	5.56
Mattoni, blocchi di argilla espansa, blocchi di calcestruzzo, blocchi di laterizio, purché pieni o semipieni ($\phi < 45\%$), con malta cementizia	13.33

La resistenza viene valutata al piano terra, inteso come quota di spiccato campagna, o, in caso di Unità Strutturale (U.S) in pendio, come quota del piano a monte. Il calcolo si effettua determinando inizialmente le grandezze riportate in tabella 2.

Tab. 2 - Parametri per il calcolo della resistenza convenzionale C_{CONV} dell'Unità Strutturale (U.S.) alle forze orizzontali.

Numero dei piani al di sopra della quota di verifica	N
Area totale coperta	A_t
Area totale elementi resistenti in direzione x	A_x
Area totale elementi resistenti in direzione y	A_y
Area minima fra A_x e A_y	A
Area massima fra A_x e A_y	B
Rapporto fra area minima delle murature ed area coperta A/A_t	a_o
Rapporto fra area massima e minima delle murature B/A	γ
Resistenza tangenziale di calcolo	τ_d
Peso specifico delle murature	ρ_m
Carico permanente per metro quadrato di solaio	p_s
Altezza media di interpiano	h

Nel caso in cui l'U.S. oggetto di verifica sia adiacente ad altre e ne condivida le murature la valutazione dell'area coperta dovrà comprendere non meno del 50% delle aree degli edifici adiacenti comprese fra le murature condivise e il primo elemento strutturale parallelo.

Nel caso in cui i parametri detti siano ragionevolmente uniformi sull'altezza dell'U.S. si determina il peso medio per unità di area coperta di un livello dell' U.S.:

$$q = \frac{(A_x + A_y) \cdot h \cdot \rho_m}{A_t} + p_s \quad (1)$$

³ La resistenza tangenziale di calcolo (τ_d) è data da τ_{min}/FC per un livello di confidenza LC1, fattore di confidenza FC = 1.35, fattore di sicurezza sui materiali $\gamma_M = 1$ (analisi non lineare).

La resistenza convenzionale C_{CONV} ($= a_{SLU}/g$) assume l'espressione:

$$C_{CONV} = \frac{a_{SLU}}{g} = \frac{q_s}{F_0} \frac{a_0 \tau_d}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{qN}{1.5 \tau_d a_0 (1 + \gamma)}} \quad (2)$$

dove:

fattore di struttura $q_s = 2.25$ (edifici irregolari in elevazione);
 coefficiente spettrale $F_0 = 2,4$ (media valori territorio di Spina);
 N = numero di piani sovrastanti quello di riferimento.

Nel caso in cui ci siano forti variazioni in elevato, occorrerà calcolare q per ogni livello, adottare un valore medio da inserire nella formula (1) ed effettuare la determinazione di C_{CONV} nella formula (2) con valori di a_0 e γ propri del livello di verifica.

Ai piani superiori la verifica della resistenza convenzionale verrà effettuata con riferimento al numero di piani N sovrastanti quello di verifica e ad un valore di C_{CONV} incrementato secondo la tabella seguente, ottenuta nell'ipotesi di coefficienti di distribuzione delle forze sismiche di piano lineari sull'altezza.

Tab. 3 - Calcolo del coefficiente di maggiorazione della resistenza convenzionale C_{CONV} ai piani superiori a quello di riferimento.

Piano di verifica	Numero totale di piani dell' Unità Strutturale				
	1	2	3	4	5
1	--	1	1	1	1
2	--	1,33	1,25	1,20	1,17
3	--	--	1,50	1,40	1,33
4	--	--	--	1,60	1,50
5	--	--	--	--	1,67

EDIFICI IN MURATURA O STRUTTURA MISTA CON PREVALENZA DI STRUTTURE IN MURATURA

SOGLIE DI VULNERABILITÀ

CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI RESISTENZA CONVENZIONALE ALLE AZIONI ORIZZONTALI "C_{CONV}"

$$q = \frac{(Ax + Ay)hp_m}{A_t} + p_s \qquad C_{CONV} = \frac{a_{SLU}}{g} = \frac{q_s}{F_0} \frac{a_0 \tau_d}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{qN}{1.5 \tau_d a_0 (1 + \gamma)}}$$

dove:

fattore di struttura $q_s = 2.25$ (edifici irregolari in elevazione);

coefficiente spettrale $F_0 = 2,4$ (media valori territorio di Spina).

Parametri per il calcolo delle resistenza convenzionale

Numero dei piani al di sopra della quota di verifica	N
Area totale coperta	A _t
Area totale elementi resistenti in direzione x	A _x
Area totale elementi resistenti in direzione y	A _y
Area minima fra Ax e Ay	A
Area massima fra Ax e Ay	B
Rapporto fra area minima delle murature ed area coperta A/At	a _o
Rapporto fra area massima e minima delle murature	B/A
Resistenza tangenziale di calcolo	τ _d
Peso specifico delle murature	ρ _m
Carico permanente per metro quadrato di solaio	p _s
Altezza media di interpiano	h

PIANO N.	VALORE DI CALCOLO		VALORE DI RIFERIMENTO	
	$C_{conv} = \frac{a_{SLU}}{g}$		$C_{\delta} = C_{RIF} \cdot \delta$ $C_{RIF} = \frac{a_{g_{rif}}}{g} = 0,09$ δ VEDI TABELLA	
1	C ₁ =		C δ =	
2	C ₂ =		C δ =	
3	C ₃ =		C δ =	
4	C ₄ =		C δ =	
5	C ₅ =		C δ =	

COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE (δ) DELLA RESISTENZA DI RIFERIMENTO "C_{RIF}" AI PIANI SUPERIORI A QUELLI DI RIFERIMENTO

PIANO DI VERIFICA	NUMERO TOTALE DI PIANI DELL'EDIFICIO				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2	--	1.33	1.25	1.2	1.17
3	--	--	1.5	1.4	1.33
4	--	--	--	1.6	1.5
5	--	--	--	--	1.67

Tabella per il calcolo della resistenza convenzionale C dell'edificio alla forze orizzontali

DATI COMUNI A TUTTI I LIVELLI DELL'EDIFICIO								
Fatture di struttura qS		2,25	Coefficiente spettrale F0		2,4	Fattore di confidenza FC		1,35
Piano di verifica	Numero dei livelli al di sopra della quota di verifica	Area totale coperta	Lunghezza totale elementi resistenti in direzione x	Spessore medio degli elementi resistenti in direzione x	Area totale elementi resistenti in direzione x	Lunghezza totale elementi resistenti in direzione y	Spessore medio degli elementi resistenti in direzione y	Area totale elementi resistenti in direzione y
	N	A _t [m ²]	L _x [m]	S _x [m]	A _x [m ²]	L _y [m]	S _y [m]	A _y [m ²]
1								
2								
3								
4								
5								
...								
Piano di verifica	Area minima tra A _x e A _y	Area massima tra A _x e A _y	Rapporto tra area minima delle murature ed area coperta A/ A _t	Rapporto tra area massima e minima delle murature B/A	Resistenza di riferimento di calcolo τ _d	Peso specifico delle murature p _m	Carico permanente per metro quadro di solaio p _s	Altezza media di interpiano h
	A	B	a ₀	γ	[t/m ²]	[t/m ³]	[t/m ²]	[m]
1								
2								
3								
4								
5								
...								
Piano di verifica	Peso medio per unità di area coperta al livello q [t/m ²]	Capacità convenzionale in accelerazione	Accelerazione di riferimento	Coefficiente di maggiorazione della resistenza di riferimento δ	Accelerazione di riferimento totale	VERIFICA VULNERABILITA'		
		a _{slu} /g	a _{grit} /g	δ	a _{grit} /g x δ			
1						PIANO NON VERIFICATO		
2						PIANO NON VERIFICATO		
3						PIANO VERIFICATO		
4						PIANO VERIFICATO		
5						PIANO VERIFICATO		
...								

Tipologia della muratura	Resistenza Tangenziale τ _d [t/m ²]	Piano n.				
		1	2	3	4	5
Muratura a sacco in pietrame	1,48					
Muratura in pietrame non squadrato o sbizzato	2,59					
Muratura in pietrame squadrato o ben organizzato o in blocchi di tufo	4,15					
Mattoni, blocchi di argilla espansa, blocchi di calcestruzzo, blocchi di laterizio, purchè pieni o semipieni (φ<45%), con malta bastarda	5,56					
Mattoni, blocchi di argilla espansa, blocchi di calcestruzzo, blocchi di laterizio, purchè pieni o semipieni (φ<45%), con malta cementizia	13,33					