

Eventi sismici 15/12/2009

Legge regionale 8 febbraio 2013, n. 3

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

DIRETTIVE TECNICHE

Le presenti direttive tecniche sono state redatte dal gruppo di lavoro costituito dalla Regione Umbria Servizio Ricostruzione edifici privati, programmi integrati di recupero e risorse finanziarie e dalla Provincia di Perugia Servizio Controllo costruzioni e Protezione civile con la partecipazione di:

- *Ing. Utilio Nasini*
- *Arch. Paolo Battisti*
- *Ing. Elisabetta Aisa*
- *Geom. Fabio Campagnacci*
- *Ing. Alessandro De Maria*
- *Ing. Gianluca Fagotti*
- *Geom. Claudio Serafini*



DEFINIZIONE DI EDIFICIO

Si intende per edificio l'**Unità Strutturale (U.S.)** caratterizzata da continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali, 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.

SOGLIE DI DANNO – VULNERABILITA' E CARENZE STRUTTURALI GRAVI

1. EDIFICI IN MURATURA

1.1. Soglie di danno

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

- 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;
- crolli parziali delle strutture verticali portanti che interessino una superficie superiore al 5% della superficie totale delle murature portanti;
- lesioni diagonali passanti che, in corrispondenza di almeno un livello, interessino almeno il 30% della superficie totale delle strutture portanti del livello medesimo;
- lesioni di schiacciamento che interessino almeno il 5% delle murature portanti;
- cedimenti delle fondazioni e fenomeni di dissesto idrogeologico segnalati in cartografia o di nuova individuazione.

1.2. Soglia di vulnerabilità

La soglia di vulnerabilità si intende superata se:

- 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:

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

- 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..

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:

- carezza 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;
- murature portanti insistenti in falso su solai, in percentuale superiore al 10 % del totale anche ad un solo livello;
- 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.

2. EDIFICI IN CEMENTO ARMATO E IN ACCIAIO

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

- danni alla struttura portante;
- cedimenti delle fondazioni.

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 1.1. per la parte in muratura e al punto 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 1.3. riguardo le carenze strutturali:

- la soglia di vulnerabilità dovrà essere valutata come specificato al comma a) del punto 1.2.;



- la soglia di carenze strutturali gravi dovrà essere valutata come specificato al punto 1.3.

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) ⁽¹⁾
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.:

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

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

¹ 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).



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

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

DIRETTIVE TECNICHE – INTERVENTI SU EDIFICI CON SOGLIA DI DANNEGGIAMENTO E VULNERABILITA' INFERIORI AI VALORI INDICATI NELL'ALLEGATO A2 PRIVI DI CARENZE STRUTTURALI

1. OBIETTIVO DEGLI INTERVENTI

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);
- 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. Così come indicate nell'allegato A2

3. TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Coerentemente con gli obiettivi degli interventi 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.

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.

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 cucì e scucì 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.

DIRETTIVE TECNICHE – INTERVENTI SU EDIFICI CON SOGLIE DI DANNEGGIAMENTO O VULNERABILITA' SUPERIORI AI VALORI INDICATI NELL'ALLEGATO A2 O CON CARENZE STRUTTURALI GRAVI.

1. PREMESSA

Le presenti direttive tecniche si applicano per l'esecuzione degli interventi di ripristino, con miglioramento sismico, delle Unità Strutturali (US) in muratura, calcestruzzo armato ed acciaio danneggiate dalla crisi sismica del 15 dicembre 2009. Esse sono previste dall'art. 3 comma 7 della legge Regionale n. 3 del 8 febbraio 2013.

Esse si applicano, dove compatibili, anche agli interventi sugli edifici dichiarati di interesse culturale ai sensi dell'articolo 13 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della L. 6 luglio 2002, n. 137). Per tali edifici vigono le specifiche raccomandazioni di cui alla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011 (Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008). Gli interventi faranno riferimento alle prescrizioni del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" ed alla Circolare del Ministero delle Infrastrutture n. 617 del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008" (nel seguito indicate brevemente con la dizione "NTC 2008").

Potranno essere eseguiti anche interventi alternativi della stessa natura, eventualmente con tecnologie e materiali innovativi, purché di pari e comprovata efficacia e nel rispetto delle NTC 2008. In ogni caso si dovrà garantire che gli interventi progettati non aggravino la situazione degli edifici adiacenti né quella delle porzioni di edificio nelle quali non si eseguono interventi strutturali.

2. TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Le presenti direttive riguardano edifici in muratura, cemento armato, acciaio o sistemi misti dei predetti materiali che hanno superato almeno una tra la soglia di danno, la soglia di vulnerabilità o la soglia di carenze strutturali gravi così come specificate nell'allegato A2.

Gli interventi regolati dalla presente direttiva saranno, in genere, ricadenti nell'ambito degli interventi di miglioramento ai sensi del punto 8.4 del D.M. 14 gennaio 2008 fatto salvo il caso in cui ricorrano le condizioni di adeguamento di cui al paragrafo 8.4 dello stesso D.M. 14 gennaio 2008. In quest'ultimo caso si dovrà rispettare interamente quanto disposto dalle NTC 2008 per gli interventi di adeguamento e non saranno oggetto di finanziamento le tipologie di intervento di cui al punto 8.4.1 del D.M. 14 gennaio 2008.

Gli interventi di ripristino, con riparazione e miglioramento sismico, degli edifici danneggiati devono assicurare, al minimo, la riduzione o l'eliminazione delle carenze strutturali che ne influenzano sfavorevolmente il comportamento sismico. Alcuni interventi minimi, normalmente necessari per conseguire il ripristino ed il miglioramento, sono definiti in seguito. Il progettista è comunque libero di effettuare scelte autonome, purché idonee al conseguimento degli stessi obiettivi di quelle proposte.

3. INTERVENTI MINIMI OBBLIGATORI SU EDIFICI CHE SUPERANO ALMENO UNA DELLE SOGLIE DI DANNO, VULNERABILITÀ O CARENZE STRUTTURALI GRAVI

3.1 Edifici in muratura

Le opere dovranno rispettare il seguente ordine di priorità:

1. interventi di somma urgenza;
2. riparazione dei danni;

3. collegamenti fra orizzontamenti e maschi murari e fra questi ultimi, attuati mediante interventi poco invasivi con catene e profili metallici, da privilegiarsi rispetto ad altri più invasivi come cordoli in breccia;
4. eliminazione delle carenze strutturali (carenza di resistenza della muratura, pareti portanti in falso su solai, assenza di collegamenti mutui fra orditura principale e secondaria della copertura, riduzione delle spinte generate dalle coperture e, se necessario, dalle strutture voltate, vincolamento di elementi non strutturali).

Gli interventi di cui sopra sono da considerarsi obbligatori.

3.2 Edifici in cemento armato ordinario o prefabbricato e in acciaio

Le opere dovranno rispettare il seguente ordine di priorità:

1. interventi di somma urgenza;
2. riparazione dei danni;
3. interventi di ripristino della resistenza originaria delle tamponature e verifica dei collegamenti delle stesse alla struttura nei casi in cui non siano inserite nelle maglie dei telai;
4. interventi di collegamento fra membrature di edifici in elementi prefabbricati ed interventi di collegamento fra elementi di strutture in acciaio.

Gli interventi di cui sopra sono da considerarsi obbligatori.

3.3 Edifici in struttura mista di muratura con cemento armato o acciaio

Gli interventi minimi obbligatori sono definiti nei precedenti paragrafi 3.1 e 3.2 relativi alla tipologia degli elementi strutturali ai quali è prevalentemente affidato il compito di resistere alle forze orizzontali.

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. ANALISI DI DANNO - VULNERABILITÀ E CRITERI DI PROGETTAZIONE

Il progettista deve dimostrare la necessità e l'efficacia degli interventi proposti attraverso un'analisi dei danni subiti e delle caratteristiche di vulnerabilità prima e dopo l'esecuzione dell'intervento. Per quanto riguarda i danni, deve descriverne tipo ed entità distinguendo quelli dovuti al sisma da quelli preesistenti. Per quanto riguarda le eventuali carenze in grado di influenzare significativamente la vulnerabilità, deve identificarle e chiarire l'effetto su di esse degli interventi previsti.

Il progettista in caso di intervento di miglioramento dovrà fornire la valutazione esplicita di sicurezza ai sensi del paragrafo 8.3 del D.M. 14 gennaio 2008 indicando se l'uso della costruzione possa continuare o le eventuali limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

Al fine della realizzazione degli interventi costituiscono utile suggerimento le indicazioni contenute nella Circolare Min. Infrastrutture del 2 febbraio 2009.

Per gli edifici in muratura sono consentiti, ove necessario, gli interventi di irrigidimento degli orizzontamenti, da ancorare comunque in maniera efficace alle murature perimetrali. Nel caso di realizzazione di cordoli di tetti, occorre che il cordolo sia efficacemente collegato alla muratura sottostante affinché possa funzionare da vincolo per la stessa. Nel caso di sostituzione di orizzontamenti, da giustificare adeguatamente, occorre controllare che non si abbia un peggioramento delle condizioni di sicurezza causato dall'eventuale aumento di peso. In ogni caso il progetto dovrà comprendere l'analisi della qualità muraria.

Per gli edifici in cemento armato o in acciaio sono consentiti gli interventi volti al miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi resistenti, all'aggiunta di nuovi elementi resistenti, quali pareti in c.a., controventi in acciaio, etc. e alla eliminazione di eventuali comportamenti a piano "debole". Nelle strutture in acciaio potranno essere valutati e curati il miglioramento della stabilità locale e flessione-torsionale degli elementi e globale della struttura ed il miglioramento dei dettagli costruttivi nelle zone dissipative e nei collegamenti trave-colonna.

Tutti i materiali usati per gli interventi dovranno essere compatibili con quelli originali e durevoli.

5. SISMICITÀ

La PGA di riferimento per la valutazione di sicurezza e la progettazione degli interventi è data dal prodotto della a_g e del coefficiente S come di seguito illustrato:

$$PGA_{RIF} = a_g \times S$$

L'accelerazione sismica di riferimento a_g è assunta in base ai disposti delle NTC 2008 e dipende dal tempo di ritorno del sisma di riferimento e dalle coordinate geografiche del sito in esame.

Il tempo di ritorno cui riferirsi per la valutazione dell'azione sismica attesa è quello corrispondente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV ed alla classe d'uso e vita nominale attribuiti alla costruzione in esame secondo i disposti del cap. 2 del D.M. 14 gennaio 2008.

Gli effetti amplificativi dovuti alla stratigrafia del sottosuolo ed alla configurazione topografica del sito in cui ricade la costruzione in esame sono tenuti in conto tramite il coefficiente S valutato come indicato ai paragrafi 3.2.2 e 3.2.3.2.1 del D.M. 14 gennaio 2008.

Per la valutazione della categoria di sottosuolo e della tipologia di terreno sarà possibile svolgere indagini geotecniche in consorzio fra più committenti le cui costruzioni ricadano in siti posti nello stesso contesto litostratigrafico.

6. VERIFICHE SISMICHE

Il progettista deve valutare l'efficacia antisismica degli interventi proposti attraverso la determinazione del grado di sicurezza finale raggiunto e dell'incremento di sicurezza conseguito con gli interventi. Il progettista dovrà calcolare:

per gli edifici in muratura:

- PGA corrispondente al meccanismo di collasso globale della costruzione;
- PGA corrispondente ai meccanismi di collasso locali nel piano e fuori del piano delle murature;
- PGA corrispondente alla rottura o perdita di efficacia dei collegamenti fra i vari elementi strutturali;
- PGA corrispondente alla capacità limite del terreno di fondazione.

Per gli edifici in cemento armato o in acciaio:

- PGA corrispondente alla meccanismo di collasso globale della costruzione, tenendo conto dell'eventuale contributo delle tamponature efficaci;
- PGA corrispondente alla instabilità delle tamponature e dei tramezzi fuori dal loro piano con riferimento alle disposizioni di norma e alla efficacia del loro collegamento con le strutture in c.a.
- PGA corrispondente alla capacità limite del terreno di fondazione;
- PGA corrispondente alla crisi dei collegamenti fra membrature di costruzioni prefabbricate.

Il progettista dovrà dimostrare:

a. che la costruzione e le sue parti siano in grado di sopportare almeno un'azione sismica orizzontale pari al 60% di PGA_{RIF} : $0,60 \times a_g \times S$
dove a_g è l'accelerazione di riferimento allo SLV per il sito in cui ricade la costruzione e per la classe d'uso e la vita nominale associati alla costruzione.

b. l'entità del miglioramento sismico conseguito rispetto alla situazione originale dell'edificio.

Entrambe le verifiche sismiche dovranno prendere in esame almeno i meccanismi di collasso fondamentali. A tal fine il progettista:

- calcolerà il valore della massima PGA sostenibile dalla costruzione nelle condizioni originarie non danneggiate. Il minimo valore di PGA fra quelli corrispondenti ai meccanismi di collasso esaminati viene chiamato PGA_0 ;

- calcolerà il valore della massima PGA sostenibile dalla costruzione dopo gli interventi progettati. Il minimo valore di PGA fra quelli corrispondenti ai meccanismi di collasso esaminati viene chiamato PGA_{fin} .

Dovrà risultare:

- $PGA_{fin} \geq 0.60 PGA_{rif}$
- $PGA_{fin} > PGA_o$.

7. VERIFICHE PER SOLI CARICHI VERTICALI

Le verifiche nei confronti dei carichi verticali ai sensi delle NTC 2008 ed i conseguenti interventi, nel caso in cui la verifica non sia soddisfatta, non sono di norma obbligatorie nell'ambito del miglioramento sismico, fatta eccezione per le situazioni di seguito identificate (punti 1, 2, 3 e 4) normalmente riguardanti gli elementi strutturali consolidati o di nuova introduzione e tutti gli elementi strutturali con questi interagenti.

Ambiti di verifica:

GRUPPO A. verifiche locali dei singoli elementi strutturali (solai, coperture, scale, architravi, pareti in muratura, elementi strutturali in c.a., acciaio, legno)

GRUPPO B. verifiche globali di pareti in muratura, pareti e elementi strutturali in c.a., acciaio, legno

GRUPPO C. verifiche alla capacità limite del terreno di fondazione

Per verifiche nei confronti dei soli carichi verticali si intende la determinazione dei coefficienti di sicurezza nelle combinazioni fondamentali allo SLU ai sensi delle NTC 2008.

1) SOLO VERIFICHE GRUPPO A

È sufficiente effettuare solo le verifiche di cui al punto A nel caso in cui gli interventi sulla struttura si limitino a:

- sostituzione di elementi strutturali portanti esistenti con elementi strutturali portanti nuovi o consolidamento degli elementi strutturali esistenti (es. sostituzione o consolidamento di solai, coperture, scale, architravi, tamponature, pareti o elementi strutturali in c.a., acciaio, legno) senza significativi aumenti di peso né variazioni di orditura;
- significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali di singoli elementi strutturali (solai, coperture, scale, architravi, tamponature, pareti o elementi strutturali in c.a., acciaio, legno) allo Stato Attuale;
- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa di singoli elementi strutturali allo Stato Attuale.

2) SOLO VERIFICHE GRUPPO C

È sufficiente effettuare solo le verifiche di cui al punto C nel caso in cui gli interventi sulla struttura si limitino a:

- interventi che modifichino il sistema fondale dell'edificio (es. micropali, sottofondazioni, interventi sul terreno di fondazione);
- deformazioni significative imposte da cedimenti del terreno di fondazione allo Stato Attuale.

3) VERIFICHE GRUPPI B + C

È sufficiente effettuare solo le verifiche di cui al punto B e C nel caso in cui gli interventi sulla struttura si limitino a:

- realizzazione di interventi di consolidamento sulle murature che ne aumentino significativamente il peso (es. intonaco armato, iniezioni);

- inserimento di nuovi setti e delle relative fondazioni che modificano la distribuzione di tensioni di compressione sulla muratura e sul terreno;
- realizzazione di interventi sull'edificio che comportino un significativo incremento di tensione verticale (es. realizzazione di aperture su muri portanti tali da ridurre significativamente l'area di muratura resistente, realizzazione di aperture a piano terra tali da ridurre significativamente l'area di fondazione);
- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa degli elementi strutturali verticali allo Stato Attuale.

4) VERIFICHE GRUPPI A + B + C

E' necessario effettuare le verifiche di cui ai punti A, B e C nel caso in cui gli interventi sulla struttura siano compresi in una delle seguenti categorie:

- sostituzione di elementi strutturali portanti esistenti con elementi portanti strutturali nuovi o consolidamento degli elementi strutturali esistenti (es. sostituzione o consolidamento di solai, coperture, scale, architravi, tamponature, pareti o elementi strutturali in c.a., acciaio, legno) con significativi aumenti di peso o variazioni di orditura;
- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura allo Stato Attuale;
- significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali diffuso sulla maggior parte degli elementi strutturali orizzontali e/o verticali allo Stato Attuale;
- cambio di destinazione d'uso o aumento di carichi in elevazione senza interventi che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione inferiori al 10%.

8. EDIFICI ARTISTICI

Gli interventi sugli edifici dichiarati di interesse culturale ai sensi dell'articolo 13 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio), dovranno rispettare le indicazioni fornite nei paragrafi precedenti e dovranno raggiungere un livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche pari almeno al 60% di quello previsto per l'adeguamento qualora compatibili con le particolari esigenze di tutela e conservazione.

In ogni caso per gli edifici aventi interesse artistico, storico o culturale si dovrà fare riferimento alla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011 (Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008).

Dovrà essere valutata la massima PGA sostenibile prima e dopo l'intervento e dovrà risultare:

$$PGA_{fin} > PGA_o$$

Per tali edifici dovrà essere effettuata un'analisi storico - critica comprendente la storia del bene in termini di trasformazioni, con particolare riferimento alle caratteristiche degli eventi subiti nel tempo e del quadro architettonico e statico, nonché delle trasformazioni avvenute e della risposta generale agli eventi subiti (quadri di danno) e di specifici altri interventi di restauro e di riparazione effettuati. Dovrà essere, altresì, effettuata una sistematica ricognizione dell'edificio nel suo insieme, ricorrendo, ove necessario, ad indagini sperimentali indirizzate alla conoscenza dei materiali, delle strutture e dello stato tensionale esistente. Per questi edifici i materiali utilizzati dovranno essere compatibili con le esigenze di tutela e conservazione.

9. LIVELLI DI CONOSCENZA, PROPRIETÀ DEI MATERIALI, MODELLAZIONE

I calcoli e le verifiche richieste ai punti 6 e 7 dovranno essere svolti valutando i livelli di conoscenza come richiesto al paragrafo 8.5.4 del D.M. 14 gennaio 2008 e con le procedure illustrate nella Circolare Min. Infrastrutture n. 617 del 2 febbraio 2009.

Per le proprietà dei materiali si potrà fare riferimento a quanto definito nelle NTC 2008. Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche delle murature esistenti si potrà far riferimento alle tabelle C8A.2.1 e C8A.2.2 dell'allegato A alla Circolare Min. Infrastrutture n. 617 del 2 febbraio 2009.

I criteri di analisi e modellazione sono definiti come nel capitolo 8 e C8 delle NTC 2008.

Per le U.S. in muratura facenti parte di un aggregato edilizio sono ammissibili i metodi di analisi globale semplificata illustrati al paragrafo 8.7.1 del D.M. 14 gennaio 2008 e al paragrafo C8.7.1 della Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009. Si dovrà tenere conto delle interazioni fra la U.S. in esame e quelle adiacenti.

La verifica di una U.S. dotata di solai sufficientemente rigidi può essere svolta mediante l'analisi statica non lineare, analizzando e verificando separatamente ciascun interpiano dell'edificio, e trascurando la variazione della forza assiale nei maschi murari dovuta all'effetto dell'azione sismica. Con l'esclusione di unità strutturali d'angolo o di testata, così come di parti di edificio non vincolate o non aderenti su alcun lato ad altre unità strutturali, l'analisi potrà anche essere svolta trascurando gli effetti torsionali, nell'ipotesi che i solai possano unicamente traslare nella direzione considerata dell'azione sismica. Nel caso invece di U.S. d'angolo o di testata è comunque ammesso il ricorso ad analisi semplificate, purché si tenga conto di possibili effetti torsionali e dell'azione aggiuntiva trasferita dalle U.S. adiacenti applicando opportuni coefficienti maggiorativi delle azioni orizzontali.

Qualora i solai dell'edificio siano flessibili si potrà procedere all'analisi delle singole pareti o dei sistemi di pareti complanari, ciascuna parete essendo soggetta ai carichi verticali di competenza ed alle corrispondenti azioni del sisma nella direzione parallela alla parete