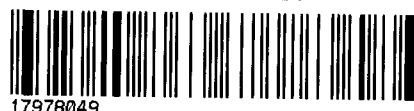




## *Presidenza del Consiglio dei Ministri*

IL COMMISSARIO DEL GOVERNO PER LA RICOSTRUZIONE NEI TERRITORI  
INTERESSATI DAL SISMA DEL 24 AGOSTO 2016



### **Ai Sigg.ri Direttori degli Uffici speciali per la ricostruzione Regioni Abruzzo, Lazio, Marche ed Umbria**

**Oggetto:** Criteri di indirizzo per gli interventi di riparazione con rafforzamento locale da eseguire sugli immobili che hanno riportato danni lievi e sono stati dichiarati temporaneamente inagibili per effetto degli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016.

L'articolo 8 del decreto-legge 17 ottobre 2016, n. 189, convertito, con modificazioni, dalla legge 15 dicembre 2016, n. 229, ha introdotto una procedura speditiva per l'effettuazione degli interventi di immediata esecuzione destinati al recupero dell'agibilità, previa attuazione di opere di riparazione con rafforzamento locale, degli edifici a uso abitativo che a seguito degli eventi sismici verificatisi nelle Regioni Abruzzo, Lazio, Marche ed Umbria a far data dal 24 agosto 2016 hanno riportato danni lievi e sono stati dichiarati temporaneamente inagibili.

Alla norma suindicata è stata data attuazione con l'ordinanza del Commissario straordinario n. 4 del 17 novembre 2016, che ha disciplinato le procedure per l'avvio dei lavori e la successiva domanda di accesso ai contributi, e con l'ordinanza n. 8 del 14 dicembre 2016, che ha disciplinato i criteri per il calcolo e il riconoscimento dei contributi medesimi.

Dal combinato disposto della norma primaria e delle ordinanze citate, più volte oggetto di modifiche nei mesi successivi anche in conseguenza dei nuovi e gravi eventi sismici che hanno interessato le medesime zone, si ricava una procedura che può essere basata sull'immediato avvio dei lavori di riparazione, previa comunicazione corredata dal progetto e da altra documentazione minima, e sul successivo deposito della domanda di contributo (vedi art. 8 del d.l. n. 189/2016) ovvero svolgersi in via ordinaria, nel caso in cui la presentazione della domanda avvenga prima dell'inizio dei lavori (vedi art. 4, comma 3, dell'ordinanza n. 4/2016).

Sono segnalate difficoltà tecniche e operative insorte nella prassi applicativa della disciplina sopra richiamata, a seguito della riscontrata esigenza di far sì che anche agli interventi di rafforzamento locale si accompagni sempre l'adozione delle necessarie misure idonee a ridurre la vulnerabilità sismica degli edifici interessati, ciò che impone l'effettuazione di scelte tecniche non sempre univocamente individuabili e rimesse alla valutazione progettista. Tale problematica ha reso necessaria la definizione da parte del comitato tecnico scientifico istituito presso questa struttura commissariale ai sensi dell'articolo 50, comma 5, del precitato d.l. n. 189/2016 di apposite linee guida, nelle quali sono enunciati criteri e indirizzi da valere sia nei confronti dei professionisti incaricati della progettazione sia quale ausilio agli Uffici speciali chiamati a istruire le domande di accesso ai contributi.



## *Presidenza del Consiglio dei Ministri*

IL COMMISSARIO DEL GOVERNO PER LA RICOSTRUZIONE NEI TERRITORI  
INTERESSATI DAL SISMA DEL 24 AGOSTO 2016

Il documento allegato del C.T.S., contenente i suindicati criteri e indirizzi, verrà recepito in un'ordinanza commissariale di imminente approvazione, nella quale sarà precisato che essi hanno carattere vincolante e si applicano ai soli progetti che saranno depositati dopo l'entrata in vigore dell'ordinanza medesima. Al tempo stesso, si ritiene di dover partecipare immediatamente il documento stesso agli Uffici in indirizzo, affinché gli stessi ne tengano conto ai fini delle valutazioni tecniche da compiere sui progetti già presentati e in corso di esame; per questi ultimi, i criteri in questione non hanno carattere vincolante ed è rimessa all'apprezzamento discrezionale degli Uffici speciali la verifica in ordine alla loro incidenza ai fini di un eventuale adeguamento del progetto già predisposto.

Cordiali saluti.

Il Commissario straordinario  
Paola De Micheli

**CRITERI DI INDIRIZZO  
PER LA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE  
DEGLI INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE**

Versione del 26 ottobre 2017

## **INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INDICAZIONI GENERALI .....</b>	<b>3</b>
<b>3. EDIFICI IN MURATURA.....</b>	<b>4</b>
3.1.    SCARSA QUALITÀ MURARIA .....	4
3.2.    CARENZE NEI COLLEGAMENTI .....	5
3.3.    PRESENZA DI ELEMENTI SPINGENTI .....	6
3.4.    INCREMENTO DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEGLI ORIZZONTAMENTI .....	6
<b>4. EDIFICI CON STRUTTURA DI C.A. ....</b>	<b>8</b>
4.1.    AMMALORAMENTI LOCALI .....	8
4.2.    ELEMENTI DI TAMPONATURA E FACCIATE DI CHIUSURA PERIMETRALE.....	9
4.3.    NODI TRAVE-PILASTRO.....	9
4.4.    GIUNTI DI DILATAZIONE DI AMPIEZZA INSUFFICIENTE .....	11
4.5.    ELEMENTI NON STRUTTURALI PERICOLOSI .....	11

## 1. INTRODUZIONE

Si premette che qualunque intervento su una costruzione esistente danneggiata dal sisma, che si tratti di ripararla e rafforzarla o di demolirla per poi ricostruirla, ha l'obbligo di rispettare quanto dettato dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) e di seguire, preferibilmente ma non obbligatoriamente, la relativa Circolare di attuazione (Cir).

Peraltro NTC e Cir non bastano a disciplinare il percorso progettuale di riparazione/ricostruzione orientandolo correttamente verso un uso oculato delle risorse e una sistematica riduzione del rischio sismico, senza l'adozione di specifiche Ordinanze.

Le Ordinanze emesse dal Commissario Straordinario (CS) hanno cercato di fare ordine in questo complesso problema, individuando macro categorie nelle quali accorpare situazioni relativamente omogenee per livello di danno e possibile metodologia di intervento e dettando, per ciascuna categoria, i criteri di intervento.

Nel caso di danni lievi il percorso progettuale è risultato particolarmente delicato e complesso, sia nel come valutare i livelli di danno, sia nel definire gli interventi da eseguire. Il motivo per cui gli interventi sugli edifici che hanno subito danni lievi necessitano di alcuni chiarimenti è legato al rapporto tra danno sismico e vulnerabilità sismica.

La vulnerabilità sismica di una costruzione è la inclinazione che essa ha a subire danni per effetto di un sisma ed è una caratteristica propria della costruzione che, peraltro, si manifesta solo quando la costruzione è investita da un terremoto, attraverso i danni che quel terremoto produce.

Accade così che, a parità di vulnerabilità, le costruzioni manifestino danni diversi a seconda della severità del terremoto che le ha colpite; se una costruzione ha riportato danni lievi ciò non deve far concludere che la costruzione è sismicamente poco vulnerabile. Potrebbe infatti trattarsi di una costruzione a vulnerabilità sismica elevata che ha incontrato un terremoto lieve.

Poiché la ricostruzione post-sisma vuole non solo riparare i danni da terremoto passato, ma anche svolgere attività di prevenzione nei confronti dei danni da terremoto futuro, almeno là dove occorre intervenire per riparare anche danni lievi, è evidente che un intervento di riparazione che non sia attento alla valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica è un intervento incompleto.

Ecco dunque che l'attività di riparazione deve essere necessariamente accompagnata da un'attività di riduzione della vulnerabilità sismica dell'edificio sul quale si interviene.

Per determinare l'effettiva condizione di rischio di una costruzione occorre incrociare la vulnerabilità sismica con la pericolosità sismica, ottenendo, dalla combinazione delle due, il rischio sismico della costruzione. In particolare le *"Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni"*, emesse dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici il 28 febbraio 2017, possono costituire un utile supporto in tal senso.

Seguendo le linee guida citate, la riduzione della vulnerabilità sismica può essere perseguita attraverso la sistematica applicazione di una serie di interventi di rafforzamento locale finalizzati a ridurre/eliminare i collassi locali.

Tali interventi sono realizzati con tecniche diverse che, tra loro equivalenti in linea di principio, risultano poi, in funzione delle caratteristiche e delle peculiarità della costruzione su cui si interviene, diversamente efficaci nell'eliminare i collassi locali.

Sta al progettista scegliere la tecnica più efficace tra quelle disponibili e individuare, tra le tante potenziali cause di vulnerabilità, quelle su cui è più opportuno intervenire, in una corretta ottica costi-benefici.

Per facilitare tale scelta, nel seguito verranno evidenziate le principali cause di vulnerabilità sismica e le tecniche di intervento più efficaci nel ridurle, distinguendo le costruzioni di muratura da quelle con struttura di c.a. e trattando separatamente le relative tecniche di intervento.

## 2. INDICAZIONI GENERALI

Le tipologie di intervento previste dalle norme vigenti (NTC) e dalla relativa circolare attuativa (Cir) sono articolate in tre livelli, di difficoltà attuativa e impegno economico correlato progressivamente crescenti:

- 1° livello        riparazione e/o rafforzamento locale,
- 2° livello        miglioramento,
- 3° livello        adeguamento.

### **Gli interventi cui ci si riferisce sono quelli del 1° livello.**

Le norme, pensate per operare in "tempo di pace", si riferiscono in generale all'intero panorama edilizio nazionale, considerando interventi finanziati con risorse sia private sia pubbliche, su edifici posti in una qualsiasi zona d'Italia, più o meno sismica; esse non possono coprire al meglio tutte le problematiche specifiche che si presentano nella realtà.

Si ricorda inoltre che, quanto agli edifici esistenti, la scelta del normatore è stata quella di scrivere, in un testo che ha validità di legge (le NTC), solo alcuni principi di base, demandando tutto il resto ad una circolare (la Cir) per evitare interventi "in libertà" e spreco di risorse.

### **Tra gli interventi di 1° Livello, qui interessano quelli che si riferiscono ad edifici con stato di danno 1 (danno lieve) e ricadono in zone:**

- a) la cui pericolosità è tale da far presupporre ulteriori eventi di magnitudo significativa in un futuro più o meno prossimo; se si vogliono evitare interventi inefficaci e quindi nuovi disastri, **bisogna che gli interventi**, oltre alla riparazione, **perseguano la riduzione della vulnerabilità sismica attraverso il rafforzamento locale**;
- b) che hanno caratteristiche ambientali/climatiche sfavorevoli; è quindi opportuno (e previsto dalla legge per la ricostruzione) che entrino in gioco, nelle scelte relative al tipo di intervento, anche gli aspetti impiantistici e di efficientamento energetico, non considerati in NTC e Cir;

Poiché gli interventi di 1° livello che si attuano hanno **l'obiettivo di riparare e insieme rafforzare localmente, gli interventi di rafforzamento locale debbono essere scelti in modo da ridurre la vulnerabilità massimizzando tale riduzione.**

Per i casi di "danno lieve", disciplinati dalle Ordinanze 4 e 8 così come modificate dalla 20, si evidenzia l'importanza di considerare gli elementi di elevata vulnerabilità eventualmente presenti.

In generale si sottolinea l'opportunità di intervenire in modo che le eventuali situazioni di vulnerabilità elevata siano eliminate o quanto meno ridotte, a cominciare da quelle descritte nei § 3 e 4, per ciascuna delle quali si indicano, a titolo esemplificativo, alcune tipologie di intervento.

### **Tutti i concetti sopra enunciati si applicano anche ai beni vincolati.**

Le indicazioni che seguono, per gli edifici in muratura e per gli edifici con struttura di c.a., riguardano gli interventi prioritari per conseguire la riparazione dei danni lievi e il rafforzamento sismico finalizzato alla riduzione delle vulnerabilità principali, nell'ambito delle risorse disponibili.

Potranno essere eseguiti anche interventi alternativi della stessa natura, purché di analoga o maggiore efficacia, con particolare riferimento a quelli indicati in NTC e Cir. In ogni caso, si dovrà garantire che tali interventi non aggravino la situazione degli edifici adiacenti, né quella delle porzioni di edificio nelle quali non si eseguono interventi strutturali e che non producano sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme.

### 3. EDIFICI IN MURATURA

Si dovranno riparare, anzitutto, i danni e le lesioni causati dal sisma.

Si dovrà poi valutare se la costruzione esistente abbia:

1. qualità muraria sufficiente per rispondere ad azioni, sia verticali, sia orizzontali come quelle sismiche, senza disgregarsi;
2. vincoli bilaterali efficaci tra pareti e tra pareti e orizzontamenti, nonché vincoli efficaci sugli elementi non strutturali (comignoli, torrini, sporti di gronda, parapetti).
3. sufficiente capacità di sostenere le spinte di archi, volte e coperture;
4. orizzontamenti con capacità portante per carichi verticali sufficiente.

**Le eventuali patologie rilevate nei confronti dei comportamenti di cui sopra sono da ridursi, preferibilmente, nell'ordine di elencazione, ma sempre nei limiti delle risorse disponibili.**

#### 3.1. Scarsa qualità muraria

Come primo punto occorre considerare la capacità o meno della tipologia muraria dell'edificio in esame di avere un comportamento strutturale vero e proprio. Infatti, nel caso in cui la muratura tenda a disgregarsi e decomporsi sotto azioni cicliche ripetute, viene vanificato qualsiasi tipo di intervento che non sia capace anche di ostacolare tale disgregazione; in queste situazioni perdono significato sia i valori delle caratteristiche di resistenza e deformabilità di cui alle **NTC** e **Cir**, sia i metodi di analisi ivi previsti.

Peraltro, molti degli edifici delle aree interessate sono stati realizzati con murature di pietrame di forma irregolare, messe in opera con malte di deboli o debolissime capacità coesive. Molto spesso tali murature sono costituite da più paramenti tra loro non collegati e non rispettano né il corretto sfalsamento dei giunti verticali, né l'orizzontalità dei filari.

Molto spesso le tipologie murarie descritte presentano, sotto l'azione ciclica del sisma, un comportamento di tipo disgregativo che può condurre la costruzione al collasso prima che si possano attivare meccanismi resistenti, locali o globali che siano.

Il caso, sopra richiamato, di propensione alla disgregazione è uno dei peggiori che possano presentarsi. Per valutare, in modo comunque qualitativo, la propensione di una qualsiasi tipologia muraria a disgregarsi, possono essere utili metodi di analisi della qualità muraria che si avvalgono della lettura visiva dei paramenti e della sezione<sup>1</sup>.

È evidente che la migliore soluzione per questa problematica sarebbe quella di un intervento di rafforzamento complessivo della fabbrica muraria, ma in questo modo si uscirebbe da quanto previsto per i casi di danno lieve. Alcuni interventi compatibili con il livello operativo in questione (**LO**) sono elencati nel seguito ed hanno l'obiettivo di contenere il fenomeno della disgregazione del solido murario, senza modificare in modo sostanziale le caratteristiche di rigidità della struttura.

A titolo esemplificativo e non esaustivo si citano:

- rifacimento dell'intonaco con idonea malta, previa incisa scarnitura delle commessure murarie;
- posa in opera di intonaco eseguito con malta leggera e rinforzato con reti di metallo o di altro materiale resistente a trazione. L'intervento deve avvenire, di norma, su entrambi i lati della parete, collegando tra loro le reti mediante adeguati connettori. Caratteristiche delle reti,

---

<sup>1</sup> Si veda, ad esempio, il documento ReLUI WP1\_1-1\_2015UNIPG, disponibile nel sito ReLUI.



spessore e malta dell'intonaco rinforzato così ottenuto dovranno essere tali da non comportare variazioni significative del comportamento della costruzione;

- ristilatura armata con connessione dei paramenti, effettuata mediante fili di acciaio o altro materiale resistente a trazione, passanti nelle commessure previa incisa scarnitura delle stesse e loro successiva stuccatura;
- iniezioni localizzate di miscele cementizie o di calce, purché non comportino variazioni significative del comportamento della costruzione e a condizione che gli effettivi benefici delle iniezioni vengano verificati sia preliminarmente (attraverso prove di iniettabilità), sia a posteriori (attraverso saggi e riscontri sperimentali);
- interventi di scuci e cuci, finalizzati al ripristino della continuità muraria, al risanamento di porzioni di muratura gravemente deteriorate e/o lesionate. Devono essere realizzati con materiali simili a quelli originari, collegando i nuovi elementi alla muratura esistente con adeguate ammorsature;
- inserimento di diatoni artificiali di dimensioni contenute e proporzionate agli spessori e alla tipologia muraria esistente, per realizzare un efficace collegamento tra i paramenti murari, al fine di conferire alla parete un comportamento di insieme per azioni ortogonali al proprio piano. L'efficacia dell'intervento è comunque legata all'effettiva possibilità di realizzare la solidarietà dei presidi con la muratura circostante che, pertanto, deve presentare buona consistenza;
- inserimento di tirantini antiespulsivi nello spessore murario, idonei soprattutto nei casi in cui siano già evidenti rigonfiamenti per distacco dei paramenti. L'efficacia dell'intervento è comunque legata all'effettiva possibilità di realizzare la solidarietà dei presidi con la muratura circostante che, pertanto, deve presentare buona consistenza.

Come ulteriore motivo di scarsa qualità muraria si segnala la presenza di vuoti all'interno della compagine muraria che, nelle zone colpite dal sisma, ha spesso innescato lesioni o collassi di murature. Tali vuoti costituiscono punti di debolezza che devono, ove possibile, essere sanati ripristinando la continuità della muratura senza alterare la rigidità della costruzione esistente.

La riduzione dei vuoti nei maschi murari (nicchie, cavedi, canne fumarie e simili) non potrà essere realizzata mediante semplice riempimento del vuoto ma dovrà essere effettuata con una muratura eseguita in opera, compatibile con quella presente; dovranno essere eseguite diffuse prese di collegamento fra le due murature in modo da ottenere un solido murario dal comportamento il più possibile omogeneo.

### **3.2. Carenze nei collegamenti**

Un secondo importante elemento di vulnerabilità, oltre la qualità muraria, è costituito dalle eventuali carenze nei collegamenti tra elementi strutturali, in particolare fra pareti confluenti (angolate, martelli murari, incroci) e, soprattutto, fra pareti ed orizzontamenti (solai e coperture).

Tali carenze conducono alla possibilità di meccanismi locali di collasso. Per contrastare tali cinematismi si possono adottare gli interventi di seguito elencati o interventi equivalenti, il cui obiettivo principale è il ripristino o la creazione di efficaci collegamenti fra gli elementi strutturali, senza alterare il comportamento globale della costruzione.

A titolo esemplificativo e non esaustivo si citano:

- realizzazione di cerchiature esterne in acciaio o in materiale composito, opportunamente chiuse ed ancorate;
- catene e tiranti in acciaio o in materiale composito, diffusi sull'intera struttura e opportunamente ancorati, preferibilmente mediante capochiave a piastra per ripartire meglio

le tensioni sulla muratura. La muratura intorno al capochiave dovrà comunque essere adeguatamente bonificata e consolidata.

- collegamenti tra solai e pareti d'ambito realizzati mediante perforazioni armate con opportuno passo, diametro e profondità, le cui armature siano annegate in una soletta leggera da porre sopra il solaio esistente. È fondamentale per l'efficacia di tale intervento che la muratura, nella zona dei perfori, sia di buona qualità o previamente bonificata e consolidata;
- collegamenti fra coperture e pareti d'ambito realizzati mediante cordoli di limitata rigidità quali, ad esempio, quelli di muratura armata o di acciaio o di calcestruzzo armato, purché di limitato spessore. Detti cordoli dovranno essere collegati alla muratura sottostante (debitamente bonificata e consolidata nel caso in cui non sia di buona qualità) tramite perfori armati di adeguata lunghezza;
- ammorsamenti tra murature che si intersecano, realizzati con la tecnica del scuci e cuci;
- locali rinforzi di angolate e martelli murari mediante intonaci bilaterali rinforzati con reti in acciaio o in materiale composito;
- perforazioni armate di connessione fra pareti, da utilizzare però solo su murature di elevate caratteristiche meccaniche.

La presenza di collegamenti efficaci alla struttura muraria deve essere perseguita anche per gli elementi non strutturali (comignoli, torrini, sporti di gronda, parapetti, tramezzature, etc.) soprattutto se danneggiati dal sisma.

### **3.3. Presenza di elementi spingenti**

Le spinte generate da coperture, archi e volte si manifestano già in fase statica e sono incrementate dal sisma; spesso producono danni legati all'insorgere di cinematismi di collasso fuori piano.

Gli interventi che seguono hanno l'obiettivo di ridurre o eliminare tali spinte, senza alterare il comportamento globale della costruzione, attraverso:

- inserimento di fasce di acciaio o in materiale composito a cerchiare le coperture ed a contenerne le spinte. Analogo scopo hanno i cordoli illustrati al paragrafo precedente;
- inserimento di catene in acciaio o in materiale composito per assorbire le spinte di archi e volte;
- ove possibile, inserimento di speroni, muri a scarpa, contrafforti e presidi esterni in genere, in grado di contrastare le spinte suddette purché non modifichino il comportamento globale della costruzione

### **3.4. Incremento della capacità portante degli orizzontamenti**

Vengono qui di seguito elencati alcuni interventi per i solai e le coperture danneggiati, che hanno come finalità quella di garantire una sufficiente portanza per carichi verticali.

A titolo esemplificativo e non esaustivo si citano:

- risarciture di piccole lesioni;
- rinforzo di solai e coperture esistenti senza aumentarne il peso e senza variarne in modo significativo la rigidità; tale requisito può essere ottenuto, ad esempio, impiegando solette armate in calcestruzzo leggero facilmente asportabili (intervento reversibile) e ben collegate alle murature d'ambito;
- sostituzione di singoli elementi danneggiati di solai e coperture esistenti;

- sostituzione di campi di solai o coperture esistenti danneggiate senza aumentarne il peso e senza variarne in modo significativo la rigidità; è consentita la variazione dell'orditura solo in copertura al fine di eliminare le spinte;
- rinforzo di volte, finalizzato a non alterare la loro rigidità, ottenuto mediante materiali compositi o con cappe di spessore limitato di calcestruzzo tradizionale o leggero, o con la sostituzione dei riempimenti con calcestruzzo armato leggero, facilmente asportabile con utensili manuali, quindi reversibile;
- riduzione di vulnerabilità indotta da pareti o colonne insistenti in falso su solai o volte, ad esempio mediante realizzazione di travi in acciaio di adeguata rigidità poste sotto la parete in falso;
- sostituzione di architravi danneggiate dal sisma.

Nella progettazione ed esecuzione di alcuni degli interventi elencati si raccomanda di valutare la possibilità di riduzione dei pesi, ad esempio attraverso la rimozione di pavimentazioni stratificate nel tempo, in modo da aumentare la sicurezza nei confronti dei carichi verticali aggiuntivi e diminuire le masse e quindi le forze sismiche".

## 4. EDIFICI CON STRUTTURA DI C.A.

I danni leggeri agli edifici con struttura di c.a. si verificano innanzitutto negli elementi di tamponatura e nei tramezzi, che possono essere più o meno lesionati o anche parzialmente o totalmente crollati. In relazione allo stato di danno e alle altre eventuali lavorazioni finalizzate al rafforzamento sismico, si dovrà valutare se risarcire le lesioni o rifare completamente l'elemento danneggiato; in quest'ultimo caso si avrà cura che le caratteristiche di rigidità del nuovo elemento siano simili a quelle degli altri elementi presenti nell'edificio. Valgono, inoltre, le disposizioni per il rafforzamento degli elementi di tamponatura di cui al paragrafo 4.2.

Qualora siano presenti leggere lesioni agli elementi strutturali, travi e pilastri, si dovrà provvedere al risarcimento, accertandosi che tali lesioni non siano conseguenza di carenze importanti rispetto alle sollecitazioni prodotte dai carichi verticali. In questo caso occorrerà prevedere interventi idonei a risolvere la problematica (ad esempio insufficiente resistenza a flessione delle travi, eccessivi sforzi assiali nei pilastri, etc.) mediante interventi di rafforzamento locale.

Si dovrà, poi, valutare se la costruzione esistente presenti:

1. ammaloramenti locali che possano compromettere la resistenza e la duttilità originaria dei singoli elementi strutturali;
2. pericolo di ribaltamento degli elementi di tamponatura e dei principali tramezzi, con particolare attenzione a quelli realizzati, in parte o in tutto, al di fuori delle maglie strutturali;
3. nodi non confinati, in particolare di quelli perimetrali, con priorità per i nodi esterni d'angolo;
4. giunti di dilatazione di ampiezza insufficiente;
5. elementi non strutturali pericolosi (comignoli, torrioni, sporti di gronda, parapetti, antenne, ecc).

**Le eventuali patologie rilevate sono da ridursi, preferibilmente, nell'ordine di elencazione, ma sempre nei limiti delle risorse disponibili.**

### 4.1. Ammaloramenti locali

L'esigenza di porre rimedio al degrado degli elementi strutturali è sancito dalle NTC08 che, al paragrafo 8.2 recitano: *"La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi su costruzioni esistenti devono tenere conto dei seguenti aspetti: ...omissis..."*

- *le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria." Al paragrafo 8.3, inoltre, riportano: "Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorra anche una delle seguenti situazioni: .....omissis....."*
- *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..."*

L'ammaloramento degli elementi di calcestruzzo armato si presenta tipicamente sotto due forme:

- disgregazione superficiale del conglomerato, con o senza deformazioni od ossidazione delle armature metalliche esistenti;
- presenza di stati fessurativi diffusi e più o meno profondi che interessano l'intera sezione della struttura o parte di essa.

Le cause possono essere interne ed esterne. Le prime sono legate al fatto che il conglomerato raramente è stato progettato e realizzato in funzione della sua durabilità, mentre le seconde sono da rinvenire nei seguenti fattori:

- penetrazione di sostanze che causano la corrosione delle armature;
- attacchi chimici da parte dell'ambiente circostante in relazione alla sua aggressività;

- attacchi fisico - meccanici dovuti all'ambiente o al tipo di utilizzo.

In tutti i casi, dopo aver individuato le cause, andranno adottati i provvedimenti più opportuni per evitare il ripetersi dei medesimi fenomeni. Si dovrà, inoltre, dopo aver rimosso la porzione di calcestruzzo ammalorato, ripristinare la sezione con malte idonee allo scopo ricostituendo l'armatura eventualmente deteriorata e preparando adeguatamente la superficie in modo da garantire l'aggrappaggio necessario a ricostituire la monoliticità con la parte preesistente.

#### **4.2. Elementi di tamponatura e facciate di chiusura perimetrale**

Le tamponature svolgono la funzione di chiusura dell'involucro edilizio e, conseguentemente, sono poste prevalentemente sul perimetro dell'edificio a chiusura degli spazi presenti tra le travi e i pilastri di calcestruzzo perimetrali. Le tamponature, soprattutto nel passato, venivano posizionate sulla struttura senza alcun fissaggio agli elementi in calcestruzzo e, conseguentemente, risultano molto vulnerabili nei confronti dell'azione combinata delle deformazioni nel piano delle tamponature e delle accelerazioni ortogonali, che si producono sull'edificio per effetto degli eventi sismici. Tale criticità è accentuata dal fatto che, al fine di risolvere i ponti termici, le tamponature sono traslate verso l'esterno e, quindi, parzialmente esterne alla maglia di telaio.

Un analogo problema riguarda anche le facciate giustapposte alla costruzione ed i rivestimenti a cortina che, in occasione di azioni sismiche, attivano facilmente meccanismi di ribaltamento fuori dal piano, per la mancanza di vincoli lungo tutta l'altezza dell'edificio.

Il ribaltamento delle tamponature è, ovviamente, pericoloso per l'incolumità delle persone, e per questo è necessario impedire per quanto possibile l'attivazione dei meccanismi di ribaltamento. Le modalità con cui conseguire tale risultato sono molteplici. Il collegamento degli elementi di facciata alla struttura in calcestruzzo armato risulta certamente una delle modalità più semplici ed agevoli.

I collegamenti tra pannelli murari di tamponamento e cornice strutturale possono essere effettuati con tecnologie diverse, essenzialmente riconducibili all'uso di materiali fibrorinforzati o di elementi metallici. Per i dettagli sulle modalità di dimensionamento e di realizzazione si può fare riferimento alla documentazione di letteratura sull'argomento, tra cui le linee "LINEE GUIDA PER RIPARAZIONE E RAFFORZAMENTO DI ELEMENTI STRUTTURALI, TAMPONATURE E PARTIZIONI", [http://www.reluis.it/doc/pdf/Linee\\_guida1.pdf](http://www.reluis.it/doc/pdf/Linee_guida1.pdf).

#### **4.3. Nodi trave-pilastro**

La risposta di un edificio con struttura a telaio di calcestruzzo armato è fortemente condizionata dal comportamento dei nodi di collegamento tra le travi ed i pilastri.

Le NTC08 recitano: "7.4.4.3 Nodi trave-pilastro: *Si definisce nodo la zona del pilastro che si incrocia con le travi ad esso concorrenti.*"

L'efficienza strutturale dei nodi assicura la ridondanza della struttura, così come assunta nelle analisi strutturali e nelle verifiche di sicurezza. Il danneggiamento o il collasso dei nodi determina la compromissione della continuità strutturale tra travi e pilastri, una riduzione della ridondanza (in pratica il nodo diviene una cerniera per gli elementi ad esso collegati) e un progressivo raggiungimento della condizione di labilità della struttura, fino al collasso globale.

Nelle strutture esistenti, tipicamente, non veniva posta particolare cura ai dettagli costruttivi necessari a garantire una adeguata resistenza e, dunque, il corretto comportamento del nodo sotto azioni cicliche alternate. Gli eventi sismici del passato hanno evidenziato tali criticità, particolarmente elevata nei nodi "non interamente confinati", ovvero quelli che hanno una, o più,

delle quattro facce verticali libere. Ciò accade in particolare nei nodi posti lungo il perimetro dell'edificio e, ancor di più, negli spigoli dell'edificio, in assenza di travi a sbalzo in prosecuzione delle travi del telaio.

In corrispondenza del nodo, inoltre, si realizzano tipicamente le riprese di getto, il che determina una zona di maggior debolezza, sia per la qualità del calcestruzzo, sia per la scarsa aderenza tra i getti successivi.

Il nodo è soggetto a forti sollecitazioni taglianti determinate dai momenti e dai tagli trasmessi dalle travi e dai pilastri a esso collegati. Inoltre, nel caso soprattutto dei nodi perimetrali, anche la tamponatura inserita nella maglia strutturale esercita una forza trasversale in corrispondenza dell'attacco pilastro-nodo, che si sviluppa al deformarsi della struttura; tale forza determina una concentrazione di sforzi taglianti proprio in corrispondenza dell'attacco pilastro-nodo, in una zona che spesso è anche di ripresa del getto, così da determinare lo scorrimento e la dislocazione dell'estremità del pilastro rispetto al nodo.

Gli interventi da attuare devono mirare alla riduzione del rischio d'innescio di meccanismi fragili, quali:

- rottura dei nodi trave-pilastro dovuta alle azioni trasmesse direttamente dalle travi e dai pilastri convergenti nel nodo stesso, che tipicamente determina una prevalente sollecitazione tagliante nel pannello di nodo;
- rottura del collegamento nodo-pilastro inferiore per scorrimento in corrispondenza della ripresa di getto o per taglio all'estremità superiore del pilastro determinata dalla componente tagliante della forza di puntone equivalente trasmessa dal pannello di tamponamento della maglia strutturale;
- rottura per taglio alle estremità delle travi;

L'intervento di rafforzamento, per quanto detto, non deve riguardare unicamente il pannello nodale ma anche le parti terminali di travi e pilastri e deve essere finalizzato ad aumentare la loro resistenza a taglio e, nel contempo, a realizzare un confinamento delle parti dove si concentrano le massime richieste di duttilità in flessione e in pressoflessione.

Una particolare attenzione va rivolta alla condizione dei cosiddetti pilastri corti, tipicamente presenti nelle scale o determinati dalla presenza di finestrature a nastro con muratura di tamponamento robusta, per i quali va previsto un trattamento analogo a quello descritto per il nodo, volto ad aumentare sensibilmente la resistenza a taglio, così da favorire lo sviluppo della duttilità.

Per quanto detto, gli interventi di rafforzamento locale nei telai in c.a. dovranno innanzitutto riguardare i nodi e le parti terminali dei pilastri e delle travi a essi collegati, con priorità per quelli d'angolo. Ovviamente, potranno individuarsi situazioni particolari che possono favorire meccanismi fragili o richieste concentrate di duttilità, eventualmente evidenziate dal danno prodotto dal terremoto; esse meriteranno interventi ad hoc, volti a migliorare il comportamento locale. Potrebbe, ad esempio, essere il caso di nodi interni di telai interrotti, dunque con caratteristiche di nodo esterno, pilastri e travi corte, soggette a grossi sforzi taglianti, etc. È comunque evidente che il rafforzamento dei telai periferici, che risultano spesso essere quelli più robusti della struttura per la presenza di travi emergenti, presenta vantaggi importanti, legati anche alla maggiore capacità di contrasto degli effetti torsionali globali della struttura.

Per conseguire il confinamento del nodo è possibile operare con diverse modalità, utilizzando tecnologie sia più tradizionali che più innovative. Per i dettagli sulle modalità di dimensionamento

e di realizzazione si può fare riferimento alla documentazione di letteratura sull'argomento, tra cui le linee "LINEE GUIDA PER RIPARAZIONE E RAFFORZAMENTO DI ELEMENTI STRUTTURALI, TAMPONATURE E PARTIZIONI", [http://www.reluis.it/doc/pdf/Linee\\_guida1.pdf](http://www.reluis.it/doc/pdf/Linee_guida1.pdf).

#### **4.4. Giunti di dilatazione di ampiezza insufficiente**

Accade frequentemente che gli eventuali giunti di dilatazione presenti nelle strutture in c.a. non rispettino i distacchi che le NTC richiedono al fine di evitare martellamenti tra le diverse parti della struttura.

È possibile ridurre la vulnerabilità conseguente al possibile martellamento ampliando il più possibile il giunto, senza ovviamente variare la rigidezza e la resistenza degli elementi strutturali adiacenti, e, se non si raggiungono ancora i limiti di norma, interponendo tra le facce dello stesso che si fronteggiano materiali deformabili in grado di attenuare, per quanto possibile, gli urti.

#### **4.5. Elementi non strutturali pericolosi**

Accade frequentemente che sulla costruzione siano presenti elementi non strutturali (comignoli, torrini, sporti di gronda, parapetti, antenne, ecc), pericolosi perché non ancorati efficacemente alla struttura con vincoli bilaterali.

Tali situazioni devono, per quanto possibile, essere eliminate, curando la effettiva bilateralità dei vincoli.