



CENTRO SPERIMENTALE
DI SVILUPPO DELLE COMPETENZE
NELL'AREA DELLE COSTRUZIONI



La tua
Campania
cresce in
Europa



Monografie Edil-lab

**INNOVAZIONE
TECNOLOGIA E AMBIENTE**

**Valutazione e
consolidamento sismico
di edifici esistenti**

ITA

Valutazione e consolidamento sismico di edifici esistenti

Il progetto è stato promosso dall'ATI Edil-lab: mandataria CFS Napoli; mandanti STAMPA Soc. Coop. a r.l., Istituto Tecnico Statale "Della Porta - Porzio", STRESS scarl, Consorzio TRE, AMRA – Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambiente S.c.ar.l., ACEN - Associazione Costruttori Edili di Napoli, S.I. Impresa – Azienda Speciale della CCIAA di Napoli, Brancaccio Costruzioni spa, Credendino Costruzioni spa, Edildovi snc, Iterga Costruzioni Generali Appalti spa, RR Costruzioni Generali spa.

L'ideazione dell'iniziativa "Monografie Edil-lab" è delle imprese Brancaccio Costruzioni spa, Credendino Costruzioni spa, Edildovi snc, Iterga Costruzioni Generali Appalti spa, RR Costruzioni Generali spa.

L'elaborazione della monografia è a cura dell'ing. Antonio Salzano, del prof. Marco Di Ludovico, del prof. Andrea Prota, e dell'ing. Tommaso Prota.

Elaborazioni grafiche: Edizioni Graffiti srl

Si ringraziano per gli apporti tecnici: Roberta Ajello, Federica Brancaccio, Aldo Checchi, Ester Chica, Antonio Credendino, Mattia D'Acunto, Giancarlo Di Luggo, Marco Ferra, Antonio Giustino, Angelo Lancellotti, Massimo Maresca, Gabriella Reale, Barbara Rubertelli, Gaetano Troncone, Francesco Tuccillo, Diego Vivarelli von Lobstein, nonché gli uffici dell'ANCE.

Si ringrazia, inoltre, il Comitato Tecnico Esecutivo di Edil-lab nelle persone di: Paola Marone, Ennio Rubino e Stefano Russo.

Si ringraziano inoltre: l'Assessore alla Formazione della Regione Campania, Chiara Marciani, il Dirigente dell'UOD Formazione Professionale, Prospero Volpe, il Funzionario Titolare di P.O., Gerardo de Paola, ed il coordinatore amministrativo del Progetto Valerio Iacono.

editing: Giovanni Aurino

impaginazione: Emma Di Lauro

Edizioni Graffiti srl

Napoli. giugno 2017

Indice

Introduzione	pag 04
1. Vulnerabilità sismica degli edifici esistenti	pag 09
2. Valutazione della sicurezza delle costruzioni esistenti	pag 12
3. Gli interventi per migliorare la risposta al sisma	pag 17
3.1 Strutture in cemento armato	pag 18
3.2 Strutture in muratura	pag 30
4. Alcune considerazioni sugli interventi conseguenti al sisma di l'aquila del 2009	pag 35
5. Potenzialità del sisma bonus per la riduzione del rischio sismico	pag 44
5.1 La determinazione della classe di rischio	pag 46
5.2 Interventi e miglioramento della classe	pag 49
6. Considerazioni conclusive	pag 52
Bibliografia	pag 56

Indice delle figure

- Figura 1 Periodo di costruzione degli edifici in c.a in Italia
CENSIS 2001 pag 10
- Figura 2 Tecniche di adeguamento e miglioramento
strutturale basate sull'aumento della capacità (a) o sulla
diminuzione della domanda (b). pag 22
- Figura 3 Rinforzo locale di nodi non confinati con sistemi in
composito: fasce diagonali con tessuto metallico
unidirezionale su nodo d'angolo (a); tessuto quadriassiale
bilanciato in fibra di carbonio posto in corrispondenza del
pannello di un nodo intermedio (b); confinamento di pilastri di
un nodo intermedio (c); rinforzo a taglio con configurazione
ad U delle estremità delle travi di un nodo intermedio (d). pag 25
- Figura 4 Rinforzo locale di nodi non confinati con piastre in
acciaio: piastra in acciaio sagomata sul pannello di nodo
intermedio (a); Angolari in acciaio ad L su nodo intermedio
(b); calastrelli saldati agli angolari metallici (c); piastre in
acciaio sagomate sulle superfici delle travi (d). pag 26
- Figura 5 Danni su pilastri tozzi in corrispondenza della di un
piano interrato (a) ed in corrispondenza della cassa scala (b);
intervento di riparazione mediante iniezioni di malta (c), e
applicazione di rinforzo a taglio in avvolgimento mediante
FRP. pag 27

- Figura 6 Interventi di collegamento perimetrale a pilastri e travi emergenti: rimozione dell'intonaco esistente lungo le fasce perimetrali di ancoraggio (a); bicomponente ad elevata duttilità e di rete a maglie quadrate bilanciata (0° , 90°) in fibra di vetro di qualità alcali-resistente (vetro A.R.), apprettata (b); Applicazione di un secondo strato di malta cementizia bicomponente ad elevata duttilità (c); applicazione di fazzoletto in tessuto unidirezionale in fibre di acciaio e primerizzazione del foro (d); realizzazione dell'intervento (e,f). pag 29
- Figura 7 Vista in sezione di catena semplice aderente al muro trasversale a livello del solaio (a); schema di disposizione di capochiave a paletto (b). pag 32
- Figura 8 Sezione 1 – Scheda AeDES pag 36
- Figura 9 Interventi di rafforzamento locale (Edifici con danni leggeri - Esito B/C): edifici in c.a. (a); edifici in muratura (b). pag 40
- Figura 10 Interventi di miglioramento sismico (Edifici con danni severi - Esito E): edifici in c.a. (a); edifici in muratura (b). pag 41

INTRODUZIONE

L'Italia è tra i paesi con maggior rischio sismico dell'area mediterranea sia per la frequenza e l'intensità dei terremoti che storicamente hanno interessato il territorio nazionale, ma soprattutto per la vulnerabilità del patrimonio edilizio italiano. A tal proposito, dai dati raccolti nel censimento della popolazione e degli edifici del 2001, si evince che il 35% degli edifici è stato costruito prima dell'emanazione della Legge 2/274 n.64, in cui compaiono le prime disposizioni in materia antisismica, mentre, il 30% è costruito tra il 1972-1981. Un altro effetto che incide negativamente sulla sicurezza strutturale è stato ed è il ricorso diffuso all'abusivismo edilizio sul territorio italiano. Da tali considerazioni è possibile dedurre che gran parte del patrimonio edilizio esistente in Italia presenta un basso livello di sicurezza sismica e quindi richiede interventi di miglioramento/adequamento sismico.

Negli ultimi 200 anni, dal 1805 in poi, gli eventi sismici rilevati in Italia sono almeno sessantatré; essi hanno determinato perdite di vite umane per un totale di oltre 149.000 vittime di cui circa l'80% in occasione di due soli eventi sismici: il terremoto di Messina e Reggio Calabria del 1908 ($M_w=7,1$, 85.926 vittime) e il terremoto Abruzzese del 1915 ($M_w=7,0$, circa 32.610 vittime). Negli ultimi 45 anni, dal disastroso terremoto del Belice del 1968, il tributo pagato in termini di vite umane perse sfiora quota 4500, corrispondenti a circa 100 morti/anno. Al tragico bilancio in termini di perdite di vite umane si deve aggiungere l'elevato impatto socio - economico che tali terremoti hanno avuto sul nostro paese sia in termini di costi diretti (gestione dell'emergenza e ricostruzione) sia indiretti (riduzione del prodotto interno lordo dovuto al calo della

produzione agricola e industriale e gettito fiscale associato, costi di assistenza sociale e psicologica, etc.).

Si stima che i soli stanziamenti per l'emergenza e la ricostruzione fra il 1968 e il 1998 corrispondano a una somma complessiva che supera abbondantemente i 100 miliardi di euro (rivalutati al 2005), dovuti principalmente agli eventi sismici del Belice (1968), del Friuli (1976), dell'Irpinia (1980) e di Marche-Umbria (1997) [1]. Tali costi, destinati non solo alla riparazione del danno diretto ma anche agli oneri per il miglioramento delle opere danneggiate dal sisma e la realizzazione di altre ex-novo, sono destinati a subire un aumento significativo se si considerano anche gli eventi sismici degli ultimi 15 anni, tra cui quelli più significativi del Molise (2002), L'Aquila (2009), Emilia (2012) e quello del Centro Italia (2016). L'elevatissimo numero di sfollati nel post sisma di L'Aquila (oltre 50.000 cittadini) e gli ingenti danni riportati dai capannoni industriali, sede di attività produttive di primaria importanza per l'economia del territorio emiliano e non solo, costituiscono certamente fattori destinati a incrementare significativamente l'impatto dei costi diretti e indiretti dovuti agli eventi sismici registrati nel nostro Paese. La recente sequenza sismica del Terremoto del centro Italia ha, inoltre, evidenziato le problematiche, ed i relativi costi diretti ed indiretti ad esse legate, connessi alla gestione di eventi sismici in sequenza in cui, oltre ad essere coinvolte vaste aree del paese, l'emergenza si sviluppa giocoforza in un periodo temporale più ampio dovuto alla necessità di reiterare le operazioni post-sisma. La stima dei costi indotti dal sisma diventa ancora più rilevante se si considera infine l'inestimabile danno apportato a edifici storici e monumentali di cui il nostro paese è estremamente ricco.

Il 1 luglio 2009 sono entrate in vigore le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni pubblicate con il Decreto Ministeriale del 14/01/2008 (NTC-2008) che chiudono l'iter normativo ritenuto indispensabile per innovare e rinnovare le normative vigenti in Italia in materia di costruzioni, con specifiche disposizioni per opere antisismiche [2]. Le NTC del 2008 costituiscono un sistema integrato di dettami per la progettazione di edifici, ponti, fondazioni, opere geotecniche e per la valutazione e l'adeguamento di strutture esistenti. Con le predette norme è stato segnato definitivamente il passaggio dalle tradizionali normative a carattere puramente prescrittivo a una impostazione di tipo prestazionale basata sull'indicazione di "prestazioni" che le strutture devono raggiungere se soggette a determinati livelli di sollecitazione. Le NTC del 2008 e successiva Circolare 617 del 2009 [3] rappresentano una sorta di punto di arrivo e di definitiva adozione delle indicazioni già presenti negli Eurocodici. L'approccio di tali norme induce alla definizione dei livelli di sicurezza e delle prestazioni attese, lasciando al progettista la libertà di scegliere sistemi e tecnologie costruttive.

Le Nuove Norme Tecniche rappresentano certamente una delle espressioni normative più avanzate, a livello internazionale, in materia di tutela della pubblica incolumità nel settore delle costruzioni. In particolare, ampio spazio è dedicato alle costruzioni esistenti che rappresentano certamente un punto nevralgico della sicurezza degli edifici nel nostro paese.

Questa decisa svolta è stata anche dettata da quanto accaduto durante il sisma del 6 Aprile 2009 a L'Aquila che ha portato al collasso costruzioni realizzate secondo i precedenti dettami normativi e inadeguati standard sismici.

Numerosi studi condotti su edifici realizzati prima dell'introduzione di adeguati codici di progettazione sismica ne hanno mostrato l'elevata vulnerabilità sotto l'azione dei carichi indotti dal terremoto. Le carenze riscontrate sono dovute all'adozione di dettagli costruttivi inadeguati o inesistenti e, più in generale, alla mancanza di principi di gerarchia delle resistenze in fase di progettazione.

La problematica della sicurezza strutturale delle strutture esistenti va affrontata individuando le motivazioni tecniche e sociali che rendono un gran numero di costruzioni potenzialmente a rischio.

Con il progressivo invecchiamento delle strutture e infrastrutture in c.a. costruite per lo più nella seconda metà del secolo appena trascorso, nascono una serie di problemi socio – economici importanti. Tra di essi vi è sicuramente la necessità di provvedere all'adeguamento sismico di tutte quelle strutture che non rispecchiano gli attuali standard sismici, ma anche l'urgenza di incrementare la portanza di ponti e viadotti per fronteggiare l'aumento del traffico veicolare e dei relativi carichi

La problematica relativa alla vulnerabilità sismica nasce, come già accennato, dal fatto che gran parte del patrimonio costruito esistente è stato realizzato con riferimento a prescrizioni normative e pratiche costruttive che riflettevano lo stato di conoscenza dell'epoca di realizzazione. Molti edifici presenti nelle aree urbane densamente popolate e nelle periferie delle città italiane sono stati costruiti in epoca antecedente alla classificazione sismica di quell'area. Di conseguenza essi non presentano quelle peculiarità progettuali e dettagli costruttivi tali da garantire adeguate prestazioni al verificarsi di terremoti di intensità medio-alta. Una banale operazione di confronto tra l'epoca di costruzione degli edifici esistenti e l'evoluzione temporale della normativa

sismica (le prime norme tecniche per le zone sismiche sono state emanate in applicazione della Legge 64/1974, [4]) nel nostro paese, induce ad avere piena coscienza della elevata vulnerabilità sismica di gran parte del nostro patrimonio edilizio. L'attuale stato delle conoscenze scientifiche consente di attivare diverse ed efficaci azioni di prevenzione e gestione del rischio sismico, nei limiti delle risorse economiche disponibili e delle capacità logistiche degli organi istituzionali preposti.

Dal punto di vista della modellazione ed analisi strutturale, inoltre, è da segnalare anche il recente aggiornamento delle Norme Tecniche [5], approvate ed attualmente al vaglio della Commissione Europea, in cui sono state implementate diverse piccole modifiche, basate sull'esperienza derivante dall'adozione del documento in questi anni. Attualmente è, inoltre, in fase di redazione un aggiornamento della Circolare relativa alla nuova edizione delle Norme Tecniche in cui, specie nella sezione relativa agli edifici esistenti, sono al vaglio della commissione relatrice diversi suggerimenti e chiarimenti derivanti dall'ampia e recente esperienza di modellazione ed analisi strutturale di edifici esistenti avvenuta nel post-sisma di L'Aquila; e dell'Emilia.

Gli aspetti salienti nel processo di valutazione della sicurezza di un edificio esistente nonché gli strumenti, le strategie e le tecniche di intervento attraverso cui è possibile ridurre la vulnerabilità, sono di seguito analizzati e discussi in dettaglio.

1. VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI

Nel nostro Paese, il rapporto tra i danni prodotti dai terremoti e l'energia rilasciata nel corso degli eventi è molto più alto rispetto a quello che si verifica normalmente in altri stati a elevata sismicità, quali la California o il Giappone. Ciò è dovuto principalmente all'elevata densità abitativa e alla vulnerabilità del nostro patrimonio edilizio legata soprattutto all'età e alle caratteristiche tipologiche e strutturali.

La problematica della sicurezza strutturale delle strutture esistenti va affrontata, innanzitutto, individuando le motivazioni tecniche e sociali che rendono un gran numero di edifici potenzialmente a rischio. In Italia la qualità delle costruzioni, specie quelle realizzate negli ultimi cinquant'anni, è di basso livello rispetto a quelle coeve di altre nazioni europee. Questa situazione è dovuta, in gran parte, all'abusivismo edilizio che ha prodotto una notevole quantità di costruzioni realizzate con standard progettuali insufficienti e materiali scadenti. Al problema dell'edilizia spontanea e della speculazione edilizia, si aggiunge la scarsa diffusione della cultura della qualità che pervade il mondo italiano delle costruzioni.

Inoltre la presenza di un costruito storico risalente a un periodo precedente alla nascita di normative sismiche determina che larga parte del territorio è a rischio sismico, e che solo una minoranza degli edifici italiani è stato progettato utilizzando criteri antisismici.

Ciò è avvalorato dall'analisi dei dati raccolti in seguito al quattordicesimo censimento della popolazione e degli edifici (2001) in Italia, da cui è possibile avere una chiara idea riguardo il periodo di costruzione degli edifici esistenti. Ad esempio, con riferimento agli edifici in cemento armato i dati riportati in Figura 1 mostrano che circa un milione di

unità (35%) sono state costruite prima dell’emanazione della Legge 2/2/74 n.64 [4], in cui compaiono le prime disposizioni in materia antisismica.

Se si vuole tradurre il rischio sismico in Italia in termini economici, è facile associarlo ai vari e ripetuti danni subiti dagli edifici esistenti nel corso degli anni, durante gli eventi sismici. Vale la pena notare che tale situazione, seppur forse in maniera meno netta, rispecchia quella di molti altri stati europei in cui la vita utile media delle costruzioni è superiore a quella di Paesi come gli Stati Uniti o il Giappone.

Si deduce che la gestione del patrimonio edilizio riveste un ruolo chiave nei paesi in cui si tende a “conservare” le costruzioni piuttosto che abbatterle. Questo è il motivo per cui, le recenti normative europee (EC8, OPCM, NTC) pongono particolare attenzione alla valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture esistenti.

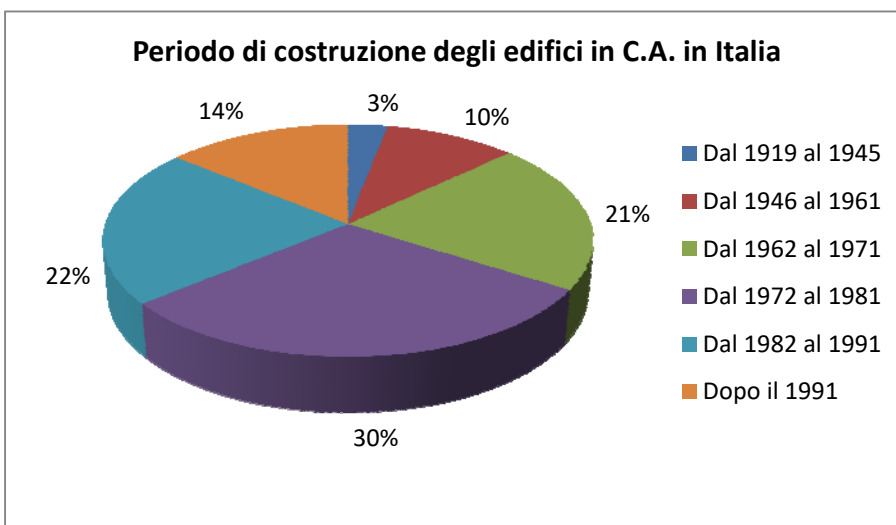


Figura 1 Periodo di costruzione degli edifici in c.a in Italia – CENSIS 2001

È chiaro che lo studio e l'analisi di un edificio esistente, si distinguono molto da quelli per le nuove costruzioni sia a causa della mancanza/carenza di informazioni sulle caratteristiche originali sia poiché non è sempre facile individuare lo stato attuale dell'edificio considerato.

2. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

Nell'affrontare il tema della sicurezza strutturale è opportuno in primo luogo soffermarsi su cosa si intende per "sicurezza" e su quali siano i termini di paragone per valutare se un edificio risulta sicuro o meno. È bene, a tal fine, ricordare che la valutazione della sicurezza di un edificio è da intendersi in termini comparativi al livello di sicurezza che le Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC08 - prescrivono con riferimento ai manufatti di nuova costruzione. In altri termini non ha senso parlare di sicurezza in maniera assoluta ma è necessario fare riferimento al livello di sicurezza ritenuto soddisfacente dal legislatore nei riguardi di un manufatto progettato e realizzato oggi per sostenere le azioni sismiche. In questa logica la valutazione della sicurezza di un manufatto esistente deve intendersi come quel processo di analisi attraverso cui è possibile determinare la conformità delle prestazioni offerte dallo stesso rispetto ai requisiti previsti dalle attuali norme antisismiche.

Strutture concepite per assolvere ai requisiti antisismici dell'epoca di costruzione possono oggi chiaramente non risultare più tali o meglio non risultare in grado di offrire il livello di sicurezza richiesto oggi a una costruzione di nuova realizzazione. È proprio questo il passaggio chiave per definire cosa si intende per adeguamento sismico di una costruzione esistente, cioè l'esecuzione di interventi atti a conseguire la stessa probabilità di collasso prevista dalle attuali normative sismiche.

Risulta chiaro, pertanto, che mentre nella progettazione di una nuova costruzione la conformità ai requisiti di sicurezza richiesti è garantita dal rispetto dei principi guida

della moderna filosofia di progettazione antisismica (corretta applicazione del criterio di progettazione delle capacità, capacity design, che consiste nell'eliminare tutti i meccanismi fragili - tramite la gerarchia delle resistenze - e nel controllare la successione delle plasticizzazioni) e dal rispetto delle prescrizioni normative che ne derivano, nel caso di costruzioni esistenti è necessario prima quantificare il livello di sicurezza offerto della struttura e poi, qualora necessario, intervenire sulla stessa per incrementarne la capacità di sopportare le azioni indotte dal sisma.

È evidente, sulla base delle semplici osservazioni richiamate in precedenza, che gran parte delle costruzioni esistenti possono risultare non conformi ai requisiti prestazionali richiesti dalle vigenti norme antisismiche.

È bene, tuttavia, sottolineare che non sempre è fatto obbligo di sottoporre alla valutazione della sicurezza le costruzioni esistenti; tale obbligo è circoscritto ai casi in cui ricorra anche una delle seguenti situazioni (cfr. NTC08 § 8.3): *"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."*

In ogni caso il fine ultimo della valutazione della sicurezza è la determinazione della capacità della struttura nel suo stato di fatto - ante operam - di sostenere le azioni di progetto, e la conseguente decisione in merito alla possibilità che l'uso della costruzione continui senza interventi ovvero se l'uso debba essere modificato o sia necessario aumentare o ripristinare la capacità portante.

Qualora sia necessario aumentare la capacità sismica della costruzione, è possibile perseguire tale obiettivo in diversi modi, adottando diverse tecniche di intervento e soprattutto prefiggendosi diversi obiettivi:

- adottando interventi atti ad incrementare il livello di sicurezza della costruzione esistente raggiungendo il livello di sicurezza richiesto a una costruzione di nuova progettazione (**intervento di adeguamento sismico**);
- adottando interventi atti ad incrementare il livello di sicurezza della costruzione pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti ad una nuova costruzione, ma raggiungendo in ogni caso un livello di sicurezza maggiore di quello della struttura nel suo stato di fatto (**intervento di miglioramento sismico**);
- adottando interventi che mirano ad eliminare deficienze e carenze di elementi strutturali isolati che costituiscono fonte di elevata vulnerabilità strutturale (**interventi di riparazione o intervento locale**), incrementando complessivamente il livello di sicurezza.

Con riferimento a quest'ultima categoria di interventi è importante sottolineare che poiché essi non devono modificare significativamente la rigidità relativa degli elementi strutturali e, quindi, la distribuzione delle azioni, *"il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati"*

documentando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti". In altri termini è data facoltà al progettista di limitare la valutazione della sicurezza ai soli elementi strutturali su cui si interviene, evitando così il calcolo della capacità globale della struttura. Evidentemente tale possibilità è strettamente ed implicitamente connessa alla condizione che gli interventi previsti non comportino modifiche sostanziali della massa e della rigidità strutturale nel suo complesso. Una variazione significativa di tali parametri, infatti, implicherebbe una sostanziale variazione dei modi di vibrare della struttura e, conseguentemente, delle azioni di progetto che definiscono la domanda sismica, nonché una diversa distribuzione delle azioni sugli elementi strutturali portanti. Entrambe le circostanze porterebbero ad una obbligatoria verifica di sicurezza relativa a tutti gli elementi strutturali (analisi globale) rispetto ai quali non si avrebbe più la certezza del beneficio apportato dagli interventi posti in essere.

Le NTC08 offrono al progettista la possibilità di optare, in base alle esigenze che di volta in volta si presentano, per una delle tre categorie di interventi (adeguamento, miglioramento, riparazione o intervento locale) sopracitate. Vi sono, tuttavia, alcuni specifici casi in cui non solo è fatto obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza ma all'adeguamento della costruzione; in particolare tale obbligo ricorre nei casi in cui si intende: "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."

In tali casi, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, post-operam.

Dal punto di vista interpretativo il caso b) va riferito ad ampliamenti che siano significativi, mentre il caso d) va riferito a stravolgimenti dell'impianto strutturale ed architettonico che rendano l'organismo edilizio assimilabile ad una nuova costruzione, come ad esempio la demolizione e la ricostruzione di parti estese.

3. GLI INTERVENTI PER MIGLIORARE LA RISPOSTA AL SISMA

Nel corso degli ultimi anni sono state impiegate notevoli risorse nel campo dell'ingegneria sismica per sostenere la ricerca volta all'applicazione di nuovi materiali e allo studio di nuove tecnologie utili per il miglioramento delle prestazioni strutturali. Se alle nuove strategie e relative tecniche di intervento, cosiddette innovative, si aggiungono i numerosi interventi di tipo tradizionale volti allo stesso scopo, si conclude che, data una struttura esistente non idonea a sostenere le azioni sismiche di progetto, il progettista strutturale è, oggigiorno, chiamato ad operare la selezione del tipo di intervento all'interno di una gamma piuttosto vasta. I criteri di giudizio dei possibili interventi, necessari per operare tale selezione, sono anch'essi numerosi, comprendendo sia criteri tecnici (prestazioni strutturali, protezione degli elementi non strutturali, rilevanza dell'intervento in fondazione, specializzazione della manodopera richiesta, compatibilità strutturale, ecc.) che socio-economici (costi di installazione, costi di manutenzione, durata dei lavori, disturbo nell'uso dell'edificio, compatibilità estetico-funzionale, reversibilità, ecc.). Tali criteri sono generalmente conflittuali, nel senso che non esiste una soluzione di miglioramento sismico che li soddisfi tutti al meglio contemporaneamente; la selezione va allora operata cercando di individuare quella caratterizzata dalla migliore risposta globale a tutti i criteri visti nel loro insieme. È evidente che sebbene la strategia di intervento sia sempre subordinata al fine di incrementare la capacità della struttura di sostenere le azioni sismiche, le tecniche di intervento implementabili possono essere notevolmente diverse e, soprattutto, sono imprescindibilmente connesse alla tipologia di struttura in esame. In particolare, con

riferimento alle tipologie strutturali più diffuse nel nostro paese, vale a dire costruzioni in c.a. ed in muratura, esistono diverse tecniche di intervento la cui applicazione scaturisce per lo più dall'analisi delle principali carenze che tali costruzioni tipicamente presentano.

3.1 Strutture in cemento armato

Nel caso di costruzioni esistenti in cemento armato è possibile suddividere le tecniche di intervento in due principali categorie: tecniche mirate ad incrementare la capacità della struttura e tecniche mirate alla riduzione della domanda.

È bene a tal fine ricordare che in una moderna concezione strutturale con il termine capacità si intende non solo la resistenza della struttura ma anche la sua capacità di dissipare energia in campo post-elastico (duttilità). Ebbene se ci si pone in un piano cartesiano resistenza - duttilità, la capacità di una struttura esistente è rappresentata da un punto mentre la domanda da una curva iperbolica (Figura 2). Tipicamente nel caso di strutture esistenti, a seguito della valutazione della sicurezza nella configurazione della struttura ante operam, ci si trova nella condizione che il punto rappresentativo della capacità strutturale si trova al di sotto della curva rappresentativa della domanda (indicatore di sicurezza < 1); ciò perché la resistenza o la duttilità disponibili non sono sufficienti a rendere la struttura in grado di sopportare le azioni sismiche di progetto, calcolate in accordo con le attuali prescrizioni sismiche. Risulta chiaro, quindi, che gli interventi da adottare per incrementare la sicurezza strutturale devono essere mirati a spostare il punto di capacità al di là della curva di domanda (adeguamento sismico) o il più possibile in prossimità di tale curva (interventi di miglioramento o interventi di

rafforzamento locale). Si intuisce facilmente che tale obiettivo può essere perseguito adottando tecniche di intervento che consentano di spostare il punto di capacità in diverse direzioni: in orizzontale (interventi mirati ad incrementare la duttilità disponibile senza modificare la resistenza strutturale); in verticale (interventi mirati ad incrementare la resistenza globale della struttura senza alterarne la duttilità); in diagonale (interventi mirati ad incrementare sia la resistenza sia la duttilità della struttura), Figura 2a.

Tra le tecniche di intervento mirate ad incrementare la capacità le più diffuse sono:

- inserimento di un sistema strutturale aggiuntivo in grado di resistere all'intera azione sismica di progetto, quali setti in cemento armato o controventi in acciaio (consente di incrementare la rigidezza strutturale e la resistenza globale della struttura, spostamento in verticale del punto di capacità nel piano resistenza – duttilità)
- incamiciatura in c.a. applicata a pilastri o pareti allo scopo di ottenere un incremento della capacità portante verticale, della resistenza a flessione e/o taglio, della capacità deformativa dell'elemento e di riflesso dell'intera struttura, dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione (consente di incrementare resistenza e duttilità globale della struttura, spostamento in diagonale del punto di capacità nel piano resistenza – duttilità);
- incamiciature in acciaio applicate a pilastri o pareti allo scopo di ottenere un incremento della resistenza a flessione e/o taglio dell'elemento, della capacità deformativa, ed il miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione (consente di incrementare resistenza e duttilità globale della struttura, spostamento in diagonale del punto di capacità nel piano resistenza – duttilità);

- placcatura e fasciatura in materiali fibrorinforzati (Fiber Reinforced Polymers, FRP) applicati a pilastri o pareti per ottenere un incremento della resistenza a taglio, della capacità deformativa e, dunque, della duttilità nelle parti terminali di travi e pilastri, e il miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione (consente di incrementare la duttilità globale della struttura, spostamento in orizzontale del punto di capacità nel piano resistenza – duttilità);

La diversità delle tecniche di intervento permette di esaltare la duttilità o la resistenza della struttura (anche se non sempre è possibile agire sull'una senza modificare l'altra) garantendo, in ogni caso, un miglioramento del comportamento sismico.

È possibile, tuttavia, anche agire secondo una strategia diversa basata sulla riduzione della domanda piuttosto che sull'incremento della capacità, Figura 2b. È questo il caso di utilizzo di:

- sistemi di protezione passiva mediante l'introduzione di isolatori sismici alla base (consentono di aumentare significativamente il periodo proprio di vibrare della sovrastruttura nonché ed il suo smorzamento viscoso equivalente, riducendo così la domanda sismica agente sulla sovrastruttura);

- sistemi di protezione passiva mediante inserimento nelle maglie strutturali di controventi dissipativi sia del tipo dipendente dagli spostamenti (prevalentemente elasto-plastici ed attritivi) sia dipendenti dalla velocità (principalmente dispositivi viscosi), (consentono di incrementare lo smorzamento viscoso equivalente riducendo così la domanda sulla sovrastruttura ed allo stesso tempo incrementando la capacità di dissipazione plastica della struttura che avviene in punti scelti, cioè laddove sono

inseriti i controventi, lasciando sostanzialmente in campo elastico la restante struttura in c.a.);

- realizzazione di giunti tra corpi di fabbrica (consente di una più razionale distribuzione delle azioni sismiche a causa di una regolarizzazione della struttura);
- riduzione delle masse attraverso la demolizione parziale della struttura oggetto di analisi (consente di ridurre le forze sismiche agenti sulla struttura riducendone la massa sismica).

L'esistenza di tante e diversificate tecniche di rinforzo strutturale ai fini antisismici testimonia l'impossibilità di definire, a priori e in generale, la soluzione migliore. La scelta è legata al caso preso in esame di volta in volta, in relazione alle specifiche esigenze della costruzione.

In generale è però possibile osservare che ottimi risultati si possono spesso conseguire attraverso l'adozione di più tecniche combinate abbinando a una corretta progettazione strutturale, la cura dei particolari costruttivi, che risultano praticamente assenti per gli edifici di vecchia concezione, e ponendo un'attenzione notevole alla qualità dei materiali.

Tutto ciò al fine di garantire un buon comportamento dissipativo d'insieme che permetta la concentrazione delle deformazioni anelastiche nel maggior numero possibile di elementi duttili.

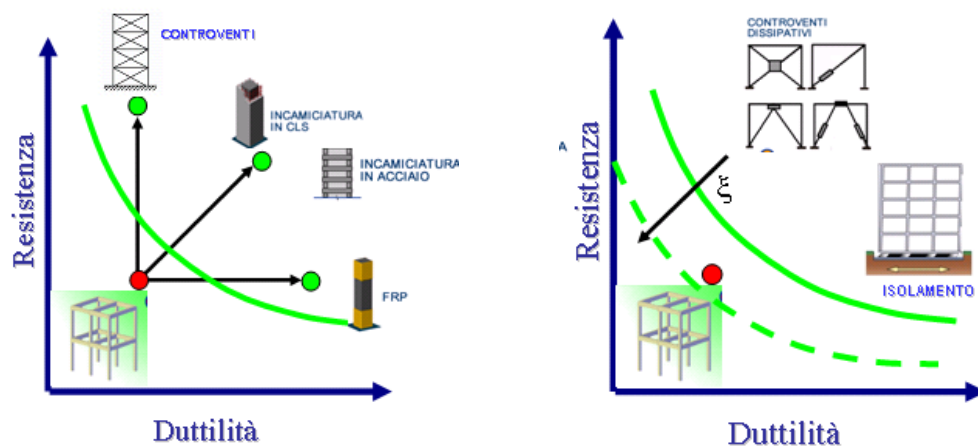


Figura 2 Tecniche di adeguamento e miglioramento strutturale basate sull'aumento della capacità (a) o sulla diminuzione della domanda (b).

Una significativa riduzione della vulnerabilità dei manufatti può essere anche ottenuta mediante l'utilizzo di tecniche di rafforzamento locale, cioè come anzi detto di interventi localizzati, mirati a sanare le principali carenze strutturali che danno luogo ai meccanismi di collasso che più frequentemente si manifestano per effetto dei terremoti. Tali interventi, per i quali non è necessaria, in fase di progettazione, l'analisi sismica dell'intera costruzione ma solo la valutazione dell'incremento di sicurezza in termini di resistenza e/o duttilità della parte su cui interviene, possono indurre un significativo incremento del livello di sicurezza della costruzione [6]. Interventi di questo tipo sono stati ampiamente adottati nella fase di ricostruzione post sisma di L'Aquila. Al fine di orientare i progettisti nella scelta, nella progettazione e nelle modalità di esecuzione di interventi di riparazione e rafforzamento locale da adottare su edifici danneggiati dal

sisma, sono state redatte, a seguito del terremoto di L'Aquila, specifiche linee guida che raccolgono ed illustrano diverse possibili tipologie di intervento, "*Linee Guida per Riparazione e Rafforzamento di Elementi strutturali, Tamponature e Partizioni*" sviluppate in collaborazione tra il Dipartimento della Protezione Civile ed il consorzio ReLUIIS (Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica) [7]. In particolare, alla luce dei principali meccanismi di collasso e di danno riscontrati nei recenti terremoti italiani, particolare attenzione è stata posta nei riguardi di interventi mirati a sanare le debolezze: i) di elementi strutturali quali nodi trave-pilastro nei telai perimetrali in c.a. e pilastri tozzi; ii) di elementi non strutturali quali tamponature e tramezzature il cui scarso collegamento alla cornice strutturale può indurre fenomeni di crollo e ribaltamento.

Con riferimento alla prima categoria di interventi, le carenze principali nelle costruzioni esistenti sono per lo più localizzate nei nodi non confinati (nodi di parete o nodi d'angolo) nei cui riguardi è possibile intervenire mediante diverse tecniche con l'obiettivo di ridurre il rischio di: (i) rottura dovuta alle azioni trasmesse dalle travi e dai pilastri convergenti nel nodo; (ii) 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; (iii) rottura per taglio alle estremità delle travi. Schemi di rinforzo mediante l'utilizzo di materiali compositi (FRP) o mediante l'adozione di un sistema di incamiciatura in acciaio, sono riportati in Figura 3 e Figura 4. In maniera del tutto analoga è possibile adottare come sistema di rinforzo dei nodi non confinati il sistema CAM (Cerchiatura Attiva Manufatti, basata

sull'uso di nastri pretesi che confinano in maniera attiva le membrature in calcestruzzo contrastando su pressopiegati metallici ad L e piastre imbutite).

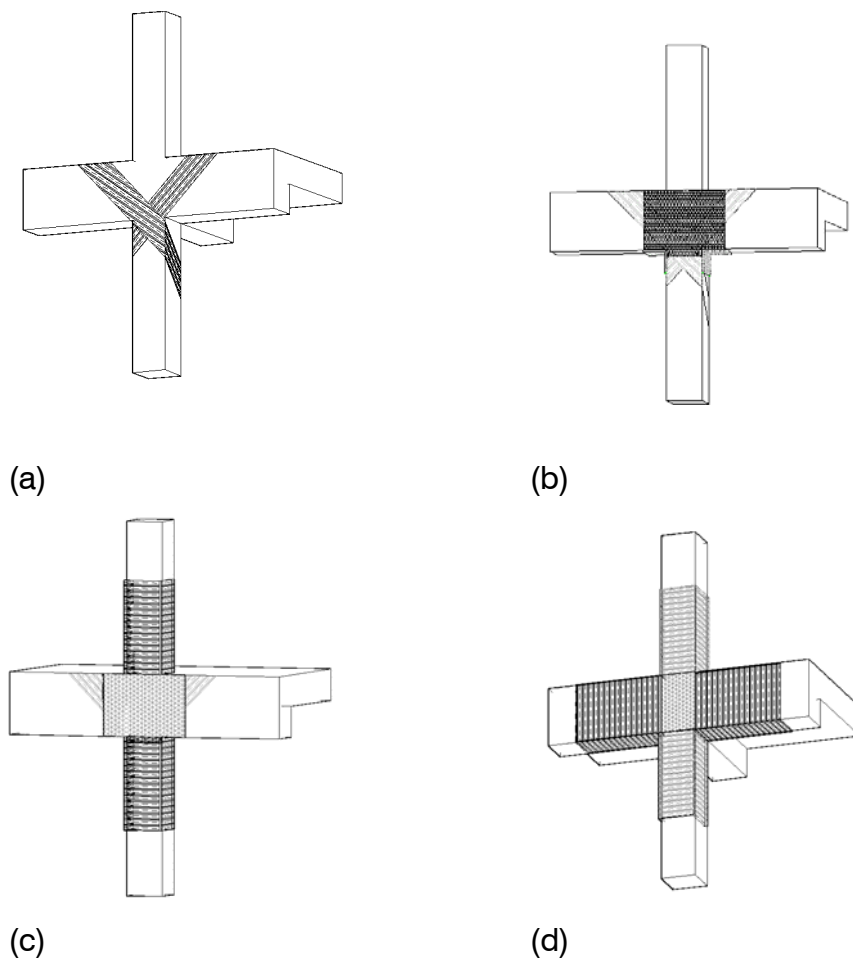


Figura 3 Rinforzo locale di nodi non confinati con sistemi in composito: fasce diagonali con tessuto metallico unidirezionale su nodo d'angolo (a); tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio posto in corrispondenza del pannello di un nodo intermedio (b); confinamento di pilastri di un nodo intermedio (c); rinforzo a taglio con configurazione ad U delle estremità delle travi di un nodo intermedio (d).

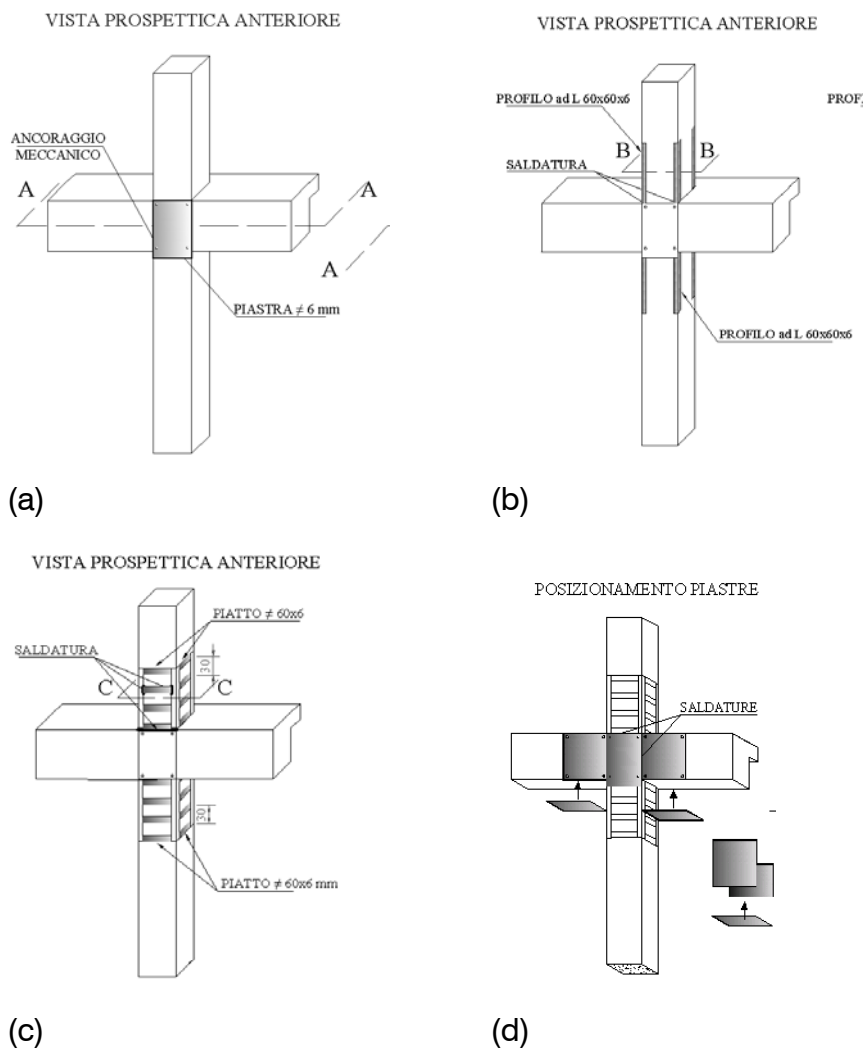


Figura 4 Rinforzo locale di nodi non confinati con piastre in acciaio: piastra in acciaio sagomata sul pannello di nodo intermedio (a); Angolari in acciaio ad L su nodo intermedio (b); calastrelli saldati agli angolari metallici (c); piastre in acciaio sagomate sulle superfici delle travi (d).

Sistemi di rinforzo da applicare sui nodi non confinati possono essere affiancati da interventi di rinforzo a taglio localizzati su quegli elementi che per caratteristiche di progetto possono essere più vulnerabili nei confronti delle azioni sismiche, Figura 5. In questo modo, è possibile intervenire su tutti i meccanismi fragili che possono indurre significative riduzioni di capacità sismica della struttura nel suo complesso oltre a causare improvvisi collassi strutturali.



(a)



(b)



(c)



(d)

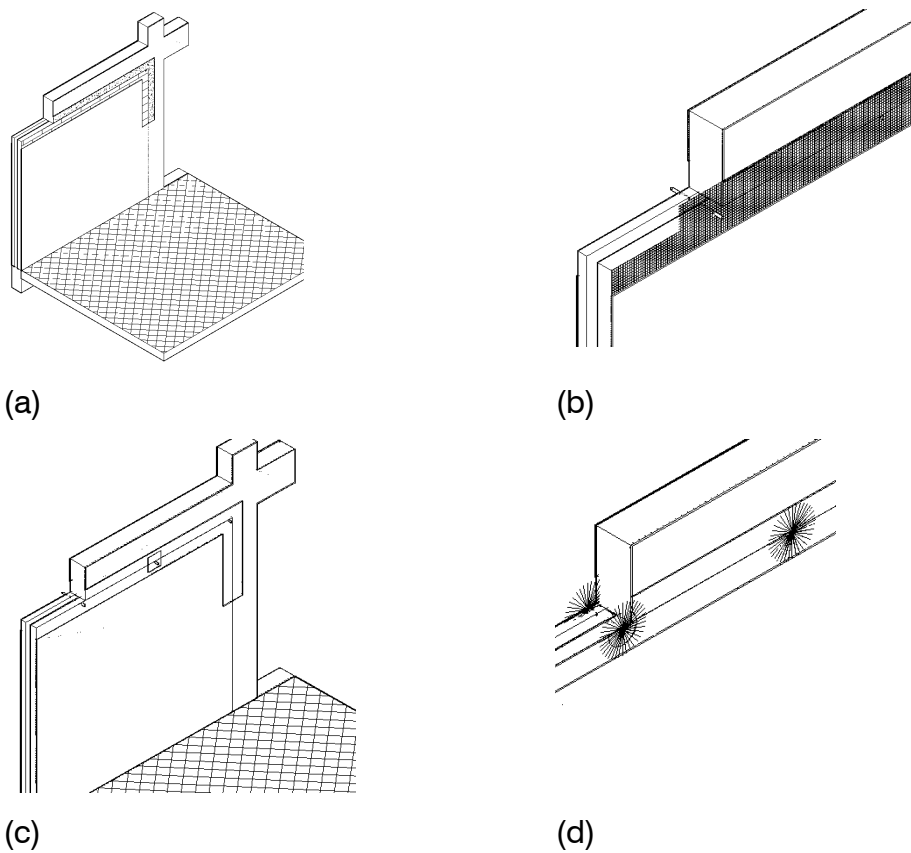
Figura 5 Danni su pilastri tozzi in corrispondenza della di un piano interrato (a) ed in corrispondenza della cassa scala (b); intervento di riparazione mediante iniezioni di malta (c), e applicazione di rinforzo a taglio in avvolgimento mediante FRP.

In questa ottica, sempre con sistemi in FRP, in acciaio o CAM, può risultare necessario intervenire alle estremità delle travi (dove le azioni taglianti raggiungono i massimi valori) e sui pilastri tozzi. Sono proprio questi ultimi, infatti, gli elementi sui quali si sono riscontrati i maggiori danni in seguito agli eventi sismici. Basti pensare a tal proposito alle porzioni fuori terra di pilastri di piani interrati o allo stesso modo a pilastri del vano scala di un edificio; in entrambi i casi tali elementi sono caratterizzati da una lunghezza ridotta, per effetto rispettivamente della parete di contenimento entroterra o delle travi a ginocchio delle scale, ed in conseguenza della loro notevole rigidità tagliente, sono chiamati a sostenere forti azioni di taglio in caso di sisma Figura 5a,b. Una possibile modalità di riparazione e rinforzo a taglio mediante materiali compositi è riportata, con riferimento ad un edificio scolastico di L'Aquila, in Figura 5 c,d.

L'efficacia di tali tipologie di rinforzo locale per incrementare la capacità globale delle strutture è stata recentemente validata sperimentalmente mediante prove in laboratorio su una struttura in scala reale rappresentativa di un edificio esistente e testata nella sua configurazione originaria ed a seguito di interventi locali in FRP [8]. La campagna sperimentale ha chiaramente mostrato che interventi di rinforzo di nodi e di pilastri vulnerabili a taglio, accompagnati anche da interventi di confinamento nelle zone di concentrazione della plasticizzazione (solitamente estremità dei pilastri nelle costruzioni esistenti in c.a.), può chiaramente consentire la prevenzione di meccanismi di crisi fragile e l'attingimento di riserve importanti di duttilità con conseguente significativo incremento di capacità di dissipazione energetica in caso di evento sismico.

Sempre nell'ottica di interventi locali, particolarmente importanti ai fini della mitigazione della vulnerabilità degli edifici e dei danni connessi ad azioni sismiche, sono anche gli

interventi sugli elementi non strutturali quali ad esempio i collegamenti tra tamponature/tramezzature e cornice strutturale. Tali interventi possono essere effettuati con tecnologie diverse, essenzialmente riconducibili all'uso di materiali fibrorinforzati o di piatti ed angolari metallici. Un esempio di possibile applicazione in tale ambito è riportato in Figura 6.





(e)



(f)

Figura 6 Interventi di collegamento perimetrale a pilastri e travi emergenti: rimozione dell'intonaco esistente lungo le fasce perimetrali di ancoraggio (a); bicomponente ad elevata duttilità e di rete a maglie quadrate bilanciata (0° , 90°) in fibra di vetro di qualità alcali-resistente (vetro A.R.), apprettata (b); Applicazione di un secondo strato di malta cementizia bicomponente ad elevata duttilità (c); applicazione di fazzoletto in tessuto unidirezionale in fibre di acciaio e primerizzazione del foro (d); realizzazione dell'intervento (e,f).

3.2 Strutture in muratura

Nel caso di costruzioni esistenti in muratura gli interventi devono essere volti prioritariamente a disattivare i meccanismi fuori piano delle pareti murarie. In tal modo si evitano crolli rovinosi delle strutture murarie e si permette l'attivazione di un comportamento globale che determina una vulnerabilità sismica minore, relativa a ben diversi scenari di danno che interessano prevalentemente le pareti murarie nel proprio piano. Pertanto gli interventi devono essere tali da garantire un buon ammorsamento tra le pareti ed efficaci collegamenti tra le pareti murarie e i solai. Tale scopo può

essere raggiunto adottando diverse tecniche e tecnologie; ad esempio mediante l'inserimento di catene metalliche o in altri materiali a livello degli impalcati, in corrispondenza dei maschi murari in entrambe le direzioni del fabbricato. Tale tipo d'intervento è ancora più essenziale nel caso in cui siano presenti delle volte in quanto permette di eliminarne le spinte. La connessione degli impalcati alle pareti murarie può essere ottenuta in modo più efficace qualora sia realizzata diffusamente, ad esempio inserendo profilati ad L, ancorati al muro attraverso barre filettate, disposti all'intradosso o all'estradosso del solaio a tutti i livelli, e saldati all'estremità delle travi metalliche del solaio e a piatti metallici posizionati in direzione ortogonale a quella dell'orditura del solaio.

Interventi di questo tipo possono rientrare nella categoria degli interventi di rafforzamento locale. Un esempio progettuale di possibile intervento locale mediante inserimento di catene o tiranti è riportata in via schematica in Figura 7; nel caso di edifici in muratura con più piani, le catene possono essere collocate in corrispondenza dei solai (orizzontamenti di piano) e posizionate al di sotto del pavimento.

Come criterio base da perseguire quando possibile e, obbligatoriamente, nell'ipotesi di solai che non garantiscano adeguato contrasto all'azione di compressione (per faticanza, per carenza della dimensione, ecc.), le catene vanno posizionate (generalmente al livello dei solai) in adiacenza ai muri trasversali, sia perché essi sono in grado di contrastarne in maniera efficace il tiro, sia perché in tal modo si consegue un efficiente collegamento puntuale tra pareti ortogonali.

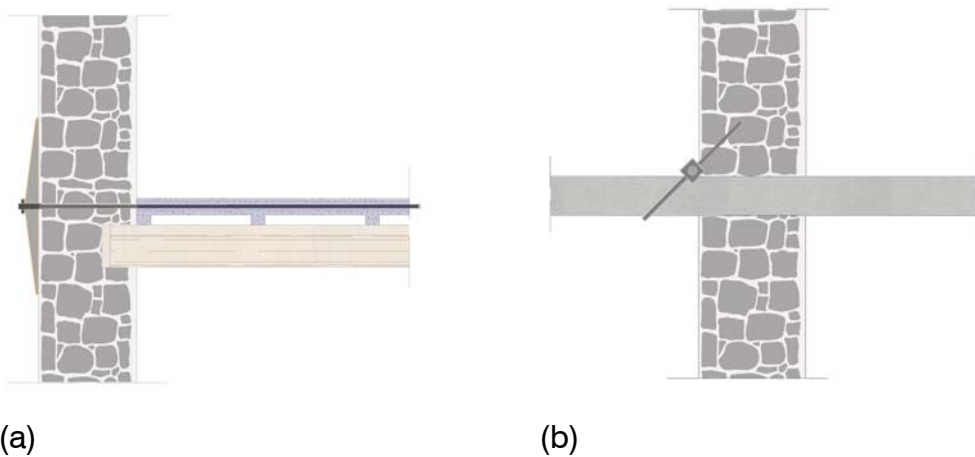


Figura 7 Vista in sezione di catena semplice aderente al muro trasversale a livello del solaio (a); schema di disposizione di capochiave a paletto (b).

Un efficace sistema di incatenamento può anche essere realizzato mediante collegamento dei solai esistenti alle pareti in muratura; è possibile, in generale, considerare i solai come elementi strutturali atti a conseguire il richiesto mutuo incatenamento delle pareti murarie. Con tale tecnica si utilizzano le travi in legno e/o metalliche costituenti gli elementi portanti degli orizzontamenti di piano (solai) e relativi sistemi (regge) di ancoraggio alle pareti murarie: esse si vincolano per mezzo della posa in opera di chiavarde, capichiave e ancoraggi di ammorsamento, alle murature portanti parallele all'orditura e alle murature di vincolo ortogonali all'orditura, contribuendo a solidarizzare mutuamente l'impianto murario portante verticale complessivo costituito dai muri perimetrali e/o di spina su cui sono impostati gli orizzontamenti.

Più recentemente tale tecnica è stata implementata anche con utilizzo di tecnologie e materiali innovativi con l'adozione di ancoraggi (fiocchi) realizzati in materiali compositi (fibre in carbonio, fibre metalliche ad elevata resistenza meccanica) adesi con matrici epossidiche alle travi lignee e risvoltati con formazione di testa di contrasto sulla superficie esterna della parete muraria attraversata per l'imperniazione.

Una soluzione efficace per collegare le pareti murarie alla sommità dell'edificio, in una zona dove la muratura è sottoposta ad un livello di compressione piuttosto bassa, è costituita dai cordoli che possono essere realizzati in muratura armata, in c.a. o in acciaio. Di fondamentale importanza è l'adozione combinata di tali interventi con soluzioni mirate ad incrementare la capacità nel piano della muratura, specie nel caso di murature caratterizzate da scarse proprietà meccaniche.

In tale caso, l'intervento è volto a migliorare il comportamento nel piano dell'edificio in muratura. Tale scopo può essere raggiunto o mediante l'inserimento di nuove pareti murarie e/o incrementando la resistenza di quelle esistenti. A tal fine le pareti murarie possono essere consolidate mediante iniezioni di miscele leganti, con l'intonaco armato o con reti in fibra di vetro o basalto (i cosiddetti sistemi FRCCM, Fiber Reinforced Cementitious Matrix). Al fine di incrementare la resistenza nel piano di pannelli murari è possibile disporre simmetricamente sui due paramenti differenti sistemi in FRCCM sull'intera superficie. Tale sistema di rinforzo innovativo può essere adottato come sistema alternativo a quello tradizionale dell'intonaco armato, realizzato con l'applicazione di una rete metallica, collegata alla muratura di base con connettori in acciaio, annegata in uno spritz cementizio per uno spessore di rinforzo di minimo 5 cm. Nel caso dei sistemi in FRCCM, la tecnica di rinforzo consiste nella realizzazione di un

primo strato di malta, la successiva applicazione della rete di rinforzo in FRP, collegata alla muratura con connettori in FRP, e un ultimo strato di malta per uno spessore minimo di 10 mm su ciascun paramento.

Altre tipologie d'intervento sono realizzate mediante il sistema CAM (Cuciture Attive per la Muratura) o con l'applicazione di nastri metallici o in fibra di vetro o carbonio su entrambe le facce delle pareti murarie.

4. ALCUNE CONSIDERAZIONI SUGLI INTERVENTI CONSEGUENTI AL SISMA DI L'AQUILA DEL 2009

Nei giorni immediatamente successivi agli eventi sismici distruttivi, il Dipartimento della Protezione Civile presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri ha coordinato le operazioni di soccorso alla popolazione, di rilievo del danno e di verifica dell'agibilità degli edifici, per provvedere urgentemente alla messa in sicurezza di questi ultimi.

La scheda di rilievo prescelta è stata la scheda AeDES (Agibilità e Danno nell'Emergenza Sismica). Questa è stata finalizzata al rilevamento delle caratteristiche tipologiche, del danno e dell'agibilità degli edifici ordinari nella fase di emergenza che ha seguito il terremoto [9].

La scheda è composta dalle seguenti nove sezioni su tre pagine e di una quarta pagina contenente delle note esplicative sulla compilazione: identificazione edificio; descrizione edificio; tipologia; danni ad elementi strutturali e provvedimenti di pronto intervento eseguiti; pericolo esterno indotto da altre costruzioni e provvedimenti di pronto intervento eseguiti; terreno e fondazioni; giudizio di agibilità; altre osservazioni.

Nella Figura 9 è riprodotta la prima delle nove sezioni in cui la scheda è suddivisa, riguardante l'identificazione dell'edificio rilevato.

Presidenza del Consiglio dei Ministri DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE Ufficio Servizio Sismico Nazionale		GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI	
SCHEDA DI 1° LIVELLO DI RILEVAMENTO DANNO, PRONTO INTERVENTO E AGIBILITÀ PER EDIFICI ORDINARI NELL'EMERGENZA POST-SISMICA (AeDES 05/2000)bis Codice Richiesta _____			
SEZIONE 1 Identificazione edificio		IDENTIFICATIVO SOPRALLUOGO Squadra <u>1217</u> Scheda n. <u>17</u> Data <u>05/05/09</u>	
Provincia: <u>L'AQUILA</u> Comune: <u>LUCOLI</u> Frazione/Localtà: <u>VADO LUCOLI</u> (denominazione Istat)		IDENTIFICATIVO EDIFICIO Istat Reg. <u>0113</u> Istat Prov. <u>0616</u> Istat Comune <u>0512</u> N° aggregato <u>520310</u> N° edificio <u>3</u>	
Indirizzo 1 <input checked="" type="radio"/> via <u>ANTICOMUNE</u> 2 <input type="radio"/> corso _____ 3 <input type="radio"/> vicolo _____ 4 <input type="radio"/> piazza _____ 5 <input type="radio"/> altro _____ (Indicare: contrada, località, traversa, salita, etc.)		Cod. di Località Istat _____ Tipo carte _____ Sez. di censimento Istat _____ N° carte _____ Dati Catastali Foglio <u>116</u> Allegato _____ Particelle _____ <u>da 109 a 115</u>	
Denominazione edificio o proprietario: <u>SPONTA DOMENICO/GIANPIETRO</u>		Posizione edificio 1 <input type="radio"/> Isolato 2 <input type="radio"/> Interno 3 <input checked="" type="radio"/> D'estremità 4 <input type="radio"/> D'angolo Codice Uso <u>S</u>	

Figura 8 Sezione 1 – Scheda AeDES

Gli edifici sono intesi come unità strutturali di tipologia costruttiva ordinaria (tipicamente quella in muratura, in c.a. o acciaio intelaiato o a setti) dell'edilizia per abitazioni e/o servizi. È esclusa pertanto l'applicazione della scheda agli edifici a tipologia specialistica (capannoni industriali, edilizia sportiva, teatri, chiese etc.) o monumentale.

La scheda consente di effettuare un rilievo speditivo e una prima catalogazione del patrimonio edilizio, disponendo di dati tipologici e metrici degli edifici. Accoppiati ai dati di danno, tali informazioni sono utili anche a una prima valutazione dei costi di riparazione e/o miglioramento, consentendo di analizzare e prefigurare scenari di costo per diversi contributi unitari associati a diverse soglie di danno.

La scheda costituisce un valido ausilio alla valutazione dell'agibilità, il cui giudizio finale resta comunque di stretta pertinenza della squadra di rilevatori.

Malgrado non sia stata mai codificata una definizione di agibilità, questa può ritenersi legata alla necessità di utilizzare l'edificio nel corso della crisi sismica, restando ragionevolmente protetti dal rischio di gravi danni alle persone. Per questo motivo la verifica di agibilità non mira a salvaguardare la costruzione da ulteriori danni, ma solamente la vita degli occupanti.

Per assicurare l'uniformità di comportamenti e procedure e anche per esigenze di gestione dati, l'esito del giudizio di agibilità deve ricondursi ad una delle possibili alternative previste nella scheda:

A. Edificio agibile

L'edificio può essere utilizzato in tutte le sue parti senza pericolo per la vita dei residenti, anche senza effettuare alcun provvedimento di pronto intervento. Ciò non implica che l'edificio non abbia subito danni, ma solo che la riparazione degli stessi non è un elemento necessario per il mantenimento dell'esercizio in tutto l'edificio.

B. Edificio temporaneamente inagibile (tutto o parte) ma agibile con provvedimenti di pronto intervento

L'edificio, nello stato in cui si trova, è almeno in parte inagibile, ma è sufficiente eseguire alcuni provvedimenti di pronto intervento per poterlo utilizzare in tutte le sue parti, senza pericolo per i residenti. È necessario, in questo caso, che il rilevatore proponga gli interventi ritenuti necessari per continuare ad utilizzare l'edificio e che tali provvedimenti siano portati a conoscenza del Comune. Non è, invece, compito del rilevatore controllare che i provvedimenti consigliati siano effettivamente realizzati.

Da tener presente che i provvedimenti cui ci si riferisce devono effettivamente essere di pronto intervento, cioè realizzabili in breve tempo, con spesa modesta e senza un meditato intervento progettuale. Nel caso contrario l'edificio deve essere considerato inagibile in tutto o in parte.

C. Edificio parzialmente inagibile

Lo stato di porzioni limitate dell'edificio può essere giudicato tale da comportare elevato rischio per i loro occupanti e quindi da indirizzare verso un giudizio di inagibilità grave. Nel caso in cui si possa ritenere che possibili ulteriori danni nella zona dichiarata inagibile non compromettano la stabilità della parte restante dell'edificio né delle sue vie di accesso e non costituiscano pericolo per l'incolumità dei residenti, allora si può emettere un giudizio di inagibilità parziale.

D. Edificio temporaneamente inagibile da rivedere con approfondimento

L'edificio presenta caratteristiche tali da rendere incerto il giudizio di agibilità da parte del rilevatore. È richiesto un ulteriore sopralluogo più approfondito del primo e/o condotto da tecnici più esperti. Fino al momento del nuovo sopralluogo l'edificio è considerato inagibile. Questo tipo di esito va adottato solo in casi di effettiva necessità poiché la sua gestione comporta un notevole aggravio delle attività di rilievo.

E. F. Edificio inagibile

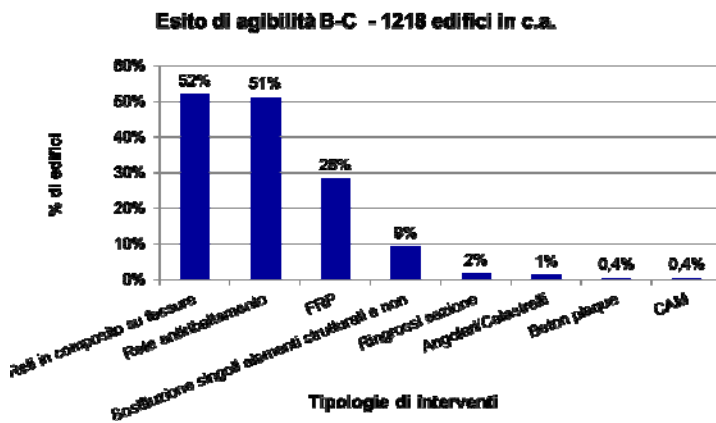
Per esigenze di organizzazione è distinto il caso di inagibilità effettiva dell'edificio per rischio strutturale, non strutturale o geotecnico (E) dall'inagibilità per grave rischio

esterno (F) , in assenza di danni consistenti all'edificio. L'edificio non può essere utilizzato in alcuna delle sue parti neanche a seguito di provvedimenti di pronto intervento. Questo non vuol dire che i danni non siano riparabili, ma che la riparazione richiede un intervento tale che, per i tempi dell'attività progettuale e realizzativa e per i relativi costi, è opportuno sia ricondotto alla fase della ricostruzione.

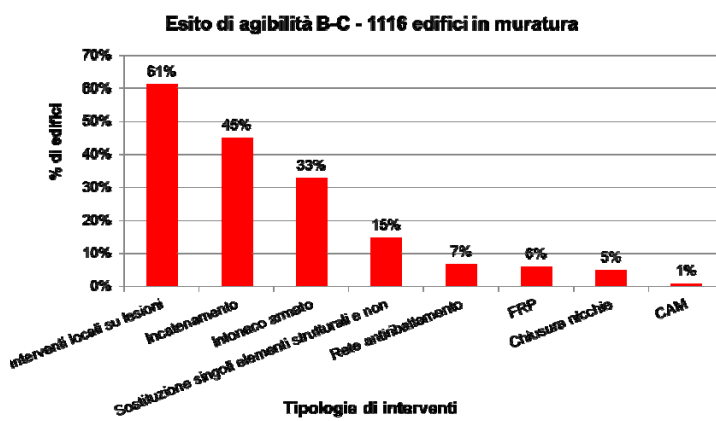
Con riferimento agli edifici privati al di fuori dei centri storici colpiti dal sisma di L'Aquila del 2009, una analisi dettagliata dell'iter procedurale relativo alle richieste di contributo per la ricostruzione, ed una disamina delle caratteristiche degli edifici danneggiati, con particolare attenzione alle statistiche relative alla tipologia edilizia (muratura, cemento armato, etc.), al periodo di costruzione e al numero di piani, ai tipi di intervento che i progettisti hanno posto a base delle richieste di contributo ed agli aspetti economici connessi agli stessi, nonché alla correlazione tra i costi e le principali caratteristiche degli edifici è riportata in dettaglio in uno specifico testo che raccoglie tutti i dati connessi alla ricostruzione post-sisma fuori dai centri storici di L'Aquila: "Libro Bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009." [10,11,12].

Di seguito si riporta una sintetica disamina delle principali tecniche di intervento adottate dai progettisti coinvolti nella fase di progettazione di interventi volti a riparare ed incrementare la capacità sismica di edifici caratterizzati da diversi livelli di danneggiamento (e diversi esiti di agibilità). In particolare, a seguito dell'analisi delle pratiche per la ricostruzione degli edifici di L'Aquila è stato possibile rilevare i seguenti

dati per frequenza delle tipologie di intervento, sia per gli edifici in c.a. che in muratura, in funzione dell'esito di agibilità derivante dalla scheda AeDES, Figure 10 e 11.

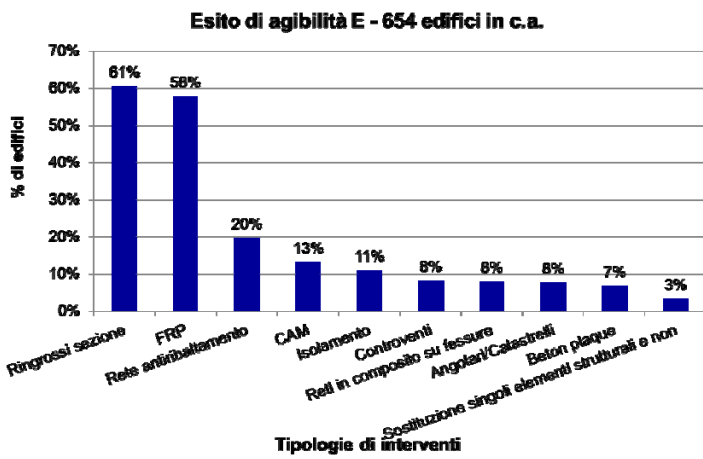


(a)



(b)

Figura 9 Interventi di rafforzamento locale (Edifici con danni leggeri - Esito B/C): edifici in c.a. (a); edifici in muratura (b).



(a)



(b)

Figura 10 Interventi di miglioramento sismico (Edifici con danni severi - Esito E): edifici in c.a. (a); edifici in muratura (b).

In Tabella 1 si mostrano i costi relativi ad interventi di riparazione, interventi locali, su edifici in c.a e muratura con danni leggeri (esito di agibilità B o C), miglioramento sismico nel caso di danni severi (esito di agibilità E) ed il contributo medio comprensivo anche di prove strutturali e geotecniche, ed adeguamento energetico. Si noti che in Tabella 1 con la dicitura “E trattato ai sensi dell’O.P.C.M. 3779” si indicano quegli edifici per i quali, seppur a seguito di un esito di agibilità E si è optato per interventi di rafforzamento locale invece che di miglioramento, in quanto i danni strutturali sono risultati molto concentrati e l’edificio nel suo complesso in grado di sostenere buone prestazioni di capacità sismica.

Tali costi includono le spese tecniche, mentre, non includono l’IVA.

Tabella 1 Ricostruzione post-sisma edifici privati al di fuori dai centri storici: dati di costo.

Esito di agibilità	Tipologia costruttiva	N° edifici [-]	Costo medio di riparazione [€/mq]	Costo medio di raff./migl. [€/mq]	Contributo medio [€/mq]
B o C	C	1598	183,76	33,90	217,76
	muratura	899	216,81	68,32	285,13
E trattato ai sensi dell’O.P.C.M. 3779	c.a.	200	342,35	139,01	525,25
	muratura	44	268,29	143,70	450,56
E	c.a.	447	532,90	309,24	925,80
	muratura	313	447,85	320,13	837,28
TOTALE	c.a.	2245	267,41	98,10	386,13
	muratura	1258	276,19	133,72	428,53

In Tabella 2, invece, si mostrano i costi di riparazione, di interventi locali/miglioramento sismico, i costi di prove strutturali e geotecniche nonché i costi di adeguamento energetico ed il contributo medio rilasciato. I dati sono differenziati per tipologia di esito (danno riscontrato) ma non per tipologia edilizia. La tabella riporta anche il costo medio a mq ed il contributo medio in euro. Tali costi includono le spese tecniche, mentre, non includono l'IVA.

Tabella 2 – Ricostruzione post-sisma edifici privati al di fuori dai centri storici: dati di costo.

Esito di agibilità	N° edifici	N° edifici	N° edifici	Costo medio di riparazione [€/mq]	Costo medio di raff./migl. [€/mq]	Costo medio prove [€/mq]	Costo medio adeg.energ. [€/mq]	Contributo medio [€/mq]	Contributo medio [€]
B-C	c.a.	1598	2497	195.7	46.3	0.0	0.0	242.0	163488.82
	muratura	899							
E-B	c.a.	200	244	329.0	139.9	4.0	38.9	511.8	507855.55
	muratura	44							
E	c.a.	447	760	497.9	313.7	8.8	68.9	889.3	1154529.69
	muratura	313							

5. POTENZIALITÀ DEL SISMA BONUS PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Con il Decreto Ministeriale del 28/02/2017 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti sancisce un cambio radicale in materia di prevenzione sismica del patrimonio edilizio esistente.

In particolare, nell'allegato A di tale Decreto sono riportate le Linee Guida per la Classificazione del Rischio Sismico delle Costruzioni che forniscono gli strumenti operativi per la classificazione del Rischio Sismico delle costruzioni.

La determinazione del Rischio Sismico è propedeutica all'individuazione del cosiddetto "sisma bonus".

Tale bonus si inquadra nell'ambito delle detrazioni fiscali dilazionate in cinque anni e fino a un tetto massimo di 96.000 euro per singola unità immobiliare per interventi di miglioramento sismico delle strutture.

L'entità della detrazione fiscale applicabile è strettamente legata all'incremento di miglioramento sismico conseguito a seguito dell'intervento. Per determinare tale incremento sono state definite otto Classi di Rischio, con rischio crescente dalla lettera A+ alla lettera G.

Note tali Classi di Rischio il bonus fiscale si distribuisce secondo tali criteri:

- **ristrutturazioni antisismiche senza variazione di classe** 50% dell'importo dell'intervento in detrazione fiscale;

- **ristrutturazioni antisismiche con il miglioramento di una classe** 70% dell'importo dell'intervento in detrazione fiscale per prime, seconde case ed edifici produttivi, mentre il 75% per le parti comuni dei condomini;

- **ristrutturazioni antisismiche con il miglioramento di due classi** 80% dell'importo dell'intervento in detrazione fiscale per prime, seconde case ed edifici produttivi, mentre l'85% per le parti comuni dei condomini;

I professionisti, devono inquadrare l'intervento di rinforzo sismico in uno dei tre criteri sopracitati per determinare il sismabonus. Per fare ciò è necessario risalire alla Classe di Rischio di appartenenza dell'edificio allo stato di fatto (pre intervento). A seguito del progetto di rinforzo sismico, è possibile conoscere la nuova Classe di Rischio di appartenenza (post – intervento) in modo tale da valutare il numero di classi di miglioramento ottenute per determinare l'entità della detrazione fiscale.

Per determinare la Classe di Rischio di appartenenza sono stati individuati due metodi, alternativi tra loro, uno convenzionale ed un altro semplificato, utilizzabile in un ambito applicativo limitato.

Entrambi i metodi saranno illustrati nei paragrafi a seguire.

In definitiva, per accedere a tali detrazioni fiscali è necessario che il proprietario dell'immobile, oggetto dell'intervento di rinforzo sismico, incarichi un professionista per la valutazione della Classe di Rischio (pre intervento) e per la progettazione dell'intervento stesso.

Lo stesso professionista una volta valutata la Classe di Rischio di partenza e progettato l'intervento, potrà determinare la Classe di Rischio conseguita (post intervento).

A seguito del completamento dell'intervento effettuerà un'asseverazione dei valori delle Classi di Rischio e dell'efficacia dell'intervento mediante l'utilizzo di moduli standardizzati.

A valle di tale procedura, il proprietario potrà effettuare i pagamenti delle fatture, sia dell'intervento sia delle parcelle professionali, e quindi avviare la procedura di cessione del credito secondo le procedure determinate dall'Agenzia delle Entrate.

La fase conclusiva della procedura è sviluppata dal direttore dei lavori ed il collaudatore statico che assevereranno la conformità dell'esecuzione dell'intervento di rinforzo sismico rispetto al progetto.

Nei successivi paragrafi saranno illustrati i metodi per la determinazione delle Classi di Rischio sopracitati.

5.1 La determinazione della classe di rischio

La Classe di Rischio, come detto in precedenza, è individuabile tra 8 categorie dalla lettera A+ fino alla lettera G.

Per determinare la Classe di Rischio si fa riferimento a due parametri:

- **PAM** - La Perdita Annuale Media attesa;
- **IS-V** - Indice di sicurezza o "Indice di Rischio".

Il parametro PAM tiene conto delle perdite economiche associate ai danni agli elementi, strutturali e non, prodotti dagli eventi sismici che si manifestano nel corso della vita delle costruzioni, ripartite annualmente

Il PAM è espresso come percentuale del costo di ricostruzione (CR) dell'edificio privo del suo contenuto.

Tale parametro può essere valutato, così come riportato nel metodo convenzionale, come l'area sottesa alla curva che rappresenta le perdite economiche dirette, in funzione della frequenza media annua di superamento (pari all'inverso del periodo medio di ritorno) degli eventi che provocano il raggiungimento di uno stato limite per la struttura.

I valori di riferimento per la definizione delle Classi PAM sono i seguenti:

Perdita Media Annuale attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A^+_{PAM}
$0,50\% < PAM \leq 1,0 \%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5 \%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5 \%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5 \%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5 \%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5 \%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}

L'indice di Rischio IS-V della struttura è definito come rapporto tra l'accelerazione orizzontale di picco al suolo (PGA, Peak Ground Acceleration) massima su sito di riferimento orizzontale che può essere sostenuta dall'edificio (capacità della struttura in termini di PGA_c), e la PGA accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento che

ha una probabilità di essere superata pari al 10% in un tempo pari al periodo di riferimento dell'opera.

Quest'ultima PGA è quindi collegata al raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita come riferimento per la progettazione di un edificio nuovo.

I valori di riferimento dell'indice di sicurezza per ricavare la Classe IS – V, legata alla salvaguardia della vita umana, sono definiti nella tabella di seguito riportata:

Indice di sicurezza	Classe PAM
$100\% \leq IS-V$	A_{IS-V}^+
$100\% \leq IS-V < 80\%$	A_{IS-V}
$80\% \leq IS-V < 60\%$	B_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 45\%$	C_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 30\%$	D_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 15\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Si individua la Classe di Rischio della costruzione come la peggiore tra la Classe PAM e la Classe IS-V.

La classe di rischio associata alla singola unità immobiliare coincide con quella dell'intera struttura portante giacché essa è un parametro che identifica la sicurezza strutturale dell'intero sistema portante.

A tal proposito, è più complesso indentificare una classe di rischio univoca per gli aggregati edilizi, dove è complesso desumere la struttura portante; per cui si può ricorrere al metodo semplificato.

Il **metodo semplificato**, utilizzabile per le tipologie strutturali in muratura, determina la Classe di Rischio di appartenenza in funzione delle classi di vulnerabilità definite nella Scala Macrosismica Europea (EMS).

Tale Scala individua 7 tipologie di edifici in muratura e definisce 6 classi di vulnerabilità, $V_1 \dots V_6$.

Nota la classe di vulnerabilità e mettendo quest'ultima in relazione con la pericolosità di sito, è possibile desumere la classe di Rischio, così come riportata nelle linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni.

Le valutazioni delle Classi di Rischio, pre e post intervento, devono essere effettuate con il medesimo metodo e con le stesse modalità di analisi previste dalla Norme Tecniche per le Costruzioni. È da ritenere, inoltre, che l'utilizzo del metodo semplificato rappresenta una stima non sempre coerente con la valutazione ottenuta con il metodo convenzionale e quindi non può ambire ad importati variazioni di classi.

5.2 Interventi e miglioramento della classe

Mediante l'utilizzo del metodo convenzionale l'incremento di una o più classi è desumibile calcolando la Classe di Rischio pre e post intervento valutando il comportamento globale della struttura a prescindere della tipologia di intervento (adeguamento, miglioramento o intervento locale).

Con l'utilizzo del metodo semplificato è possibile ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore se sono soddisfatte alcune condizioni di seguito riportate.

Per gli **edifici in muratura** è ammesso passare alla Classe di Rischio immediatamente superiore se gli interventi realizzati possono essere inquadrati come locali e quindi non producono sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme. Tali interventi sono indicati nella tabella 7 delle Linee Guida per la Classificazione del rischio delle costruzioni.

Per le **strutture destinate ad attività produttive**, come capannoni industriali, è ammesso passare alla Classe di Rischio immediatamente superiore se sono eseguiti interventi locali di rafforzamento volti alle eliminazioni delle seguenti carenze:

- carenze nelle unioni strutturali (ad es. trave-pilastro e copertura-travi) rispetto alle azioni sismiche da sopportare e quindi volti a realizzare dei sistemi di connessione meccanica per le unioni basate in origine soltanto sull'attrito;
- carenza della connessione tra il sistema di tamponatura esterna degli edifici prefabbricati (pannelli prefabbricati in calcestruzzo armato ed alleggeriti) e la struttura portante;
- carenza di stabilità dei sistemi presenti internamente al capannone industriale, quali macchinari, impianti e/o scaffalature, tipicamente contenuti negli edifici produttivi, che possono indurre danni alle strutture che li ospitano, in quanto privi di sistemi di controventamento o perché introdotti al collasso dal loro contenuto.

Per gli **edifici in cemento armato**, la cui struttura è stata originariamente concepita con la presenza di telai in entrambe le direzioni, infine, è possibile ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore se sono eseguiti tutti gli interventi locali di seguito elencati:

- confinamento di tutti i nodi perimetrali non confinati dell'edificio;

- opere volte a scongiurare il ribaltamento delle tamponature, compiute su tutte le tamponature perimetrali presenti sulle facciate;
- eventuali opere di ripristino delle zone danneggiate e/o degradate.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I terremoti rappresentano una delle fonti di rischio più elevate per il nostro paese. Diviene, pertanto, indispensabile, compatibilmente con le risorse economiche disponibili, affrontare il problema della riduzione della vulnerabilità sismica delle costruzioni esistenti in modo serio e responsabile. Le importanti risorse spese nel campo della ricerca negli ultimi decenni sono confluite in indicazioni normative tra le più avanzate a livello internazionale. Tali norme, congiuntamente ad una sempre più matura consapevolezza dell'entità del rischio sismico in Italia, devono rappresentare il punto di partenza per affrontare una tra le più complesse sfide dell'ingegneria civile di questi anni: incrementare il livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche delle costruzioni esistenti.

Questa necessaria azione di mitigazione del rischio si scontra con la necessità di investire ingenti risorse economiche, oggi non disponibili, nel quadro finanziario attuale. Per questo motivo, nell'esclusivo interesse di tutelare la sicurezza dei cittadini, è facilmente dimostrabile che, a parità di risorse investite, sia meglio effettuare molti interventi di miglioramento su tanti edifici che pochi e costosi interventi di adeguamento su un numero limitato di costruzioni.

Infatti, tra gli strumenti di prevenzione sismica che maggiormente possono incidere sulla salvaguardia delle persone e degli edifici, e che ha visto di recente un significativo sviluppo e diffusione, vi è sicuramente l'utilizzo di interventi di rafforzamento locale. La possibilità di adottare in maniera chirurgica interventi mirati a sanare le principali carenze tipicamente riscontrate negli edifici esistenti, senza obbligatoriamente

procedere alla verifica globale della struttura, rappresenta, di fatto, una possibilità concreta di ridurre l'elevata vulnerabilità del patrimonio edilizio esistente in maniera molto diffusa e con un impegno economico del tutto accettabile. In tale ambito, interventi di rinforzo locale di nodi di facciata o d'angolo non staffati, di rinforzo a taglio o di incremento di capacità deformativa di pilastri poco staffati sono certamente tra i più efficaci ed adottati, anche nel recente post sisma di L'Aquila. Analogamente nel caso di strutture in muratura il semplice utilizzo di tecniche tese a migliorare il comportamento "scatolare" della struttura quali ad esempio inserimento di catene metalliche o di connessioni dei cantonali d'angolo, eliminando in tal modo le crisi fuori dal piano, può apportare significative riduzioni della vulnerabilità strutturale con un limitato impiego di risorse economiche.

L'esperienza di L'Aquila ha anche mostrato che tali interventi possono essere in taluni casi adottati con investimenti ridotti, inferiori a 150 €/mq.

Nel caso in cui si voglia procedere a interventi di miglioramento o adeguamento, infine, è di primaria importanza ricordare che, a fronte di tecniche di intervento sempre più evolute ed efficaci, è compito del progettista, in accordo con le prescrizioni di norma, valutare in maniera attenta e consapevole i provvedimenti che consentano di ottimizzare il rapporto benefici costi. Tale ottimizzazione non può in alcun modo prescindere da una preliminare e meticolosa fase di indagine conoscitiva della struttura per evidenziarne le principali carenze e da una successiva e altrettanto scrupolosa fase di valutazione.

In quest'ultima fase ha certamente un grande peso la scelta del metodo di analisi strutturale che può essere più o meno accurato e che produce, di conseguenza, una

stima più o meno esatta degli effetti indotti dalle molteplici possibili soluzioni di intervento. Dai dati relativi agli interventi di miglioramento sismico del post-sisma di L'Aquila è emerso che l'ampio ventaglio di tecniche di intervento, oggi disponibili, combinato ad un più moderno assetto normativo, hanno consentito di intervenire su strutture esistenti, perseguendo livelli di sicurezza di gran lunga superiori a quelli originari con un costo medio pari a circa 315 €/mq. In particolare, tali interventi di miglioramento sismico, mirati a ottenere un livello minimo di sicurezza pari al 60% di quello perseguito oggi negli edifici di nuova progettazione, sono stati effettuati con una incidenza di costo pari a circa 10 €/mq. per punto percentuale di incremento di livello di sicurezza.

In conclusione, si può affermare che esistono oggi tecnologie di intervento, più o meno invasive, attraverso cui, con costi ragionevoli, specie se paragonati ai costi diretti ed indiretti da sostenersi a valle di un evento sismico, è possibile intervenire per incrementare il livello di sicurezza delle costruzioni esistenti. Il Decreto Ministeriale del 28/02/2017 e le relative Linee Guida per la Classificazione del Rischio Sismico delle Costruzioni rappresentano oggi, inoltre, lo strumento operativo affinché un processo virtuoso di progettazione ed esecuzione di interventi di mitigazione del rischio del costruito esistente sia messo in atto.

In tale ambito, una nuova sfida deve essere coniugare tali interventi in una logica mirata a salvaguardare anche la funzionalità delle componenti non strutturali la cui incidenza sul valore del bene immobile è oggi in continua crescita (si pensi a tal proposito ai crescenti investimenti in campo di efficientamento energetico). Il perseguimento di tali obiettivi è inestricabilmente connesso ad una presa di coscienza del problema a tutti i

livelli a partire dai cittadini, in modo tale da avere una corretta percezione del rischio e trasformare in un prossimo futuro drammatiche stime di perdite post-sisma in analisi di investimenti di prevenzione del rischio sismico effettivamente eseguiti.

BIBLIOGRAFIA

[1] Severino M., Di Pasquale G. (2002) Procedures for the post-earthquake reconstruction: analysis and proposals. Alinea. Procedure per la ricostruzione post-sisma: analisi e proposte.

[2] Ministero delle Infrastrutture (2008), D.M. 14 gennaio 2008, Norme Tecniche per le costruzioni, Roma.

[3] Ministero delle Infrastrutture (2009), Circolare n. 617/09, Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008, Norme Tecniche per le costruzioni , Roma

[4] L. 2 febbraio 1974, n. 64 recante: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" (2) . (1) Pubblicata nella Gazz. Uff. 21 marzo 1974, n. 76.

[5] Revisione "Norme tecniche per le costruzioni"- ratificata in Assemblea del 14/11/2014 CSSLLPP, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, aggiornamento

[6] Frascadore, R., Di Ludovico M., Prota A., Verderame G.M., Manfredi G., Dolce M., Cosenza E., "Local strengthening of RC structures as a strategy for seismic risk mitigation at regional scale", Earthquake Spectra, doi: 10.1193/122912EQS361M, Posted online on January 2014

[7] Dipartimento di Protezione Civile e Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica (ReLUIS), 2011 - Linee Guida per Riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni, a cura di Dolce M, Manfredi G. DoppiaVoce Dec. 2011, ISBN 978-88-89972-29-8.

[8] Di Ludovico M., Prota A., Manfredi G., Cosenza E., (2008), "Seismic Strengthening of an Under-Designed RC Structure with FRP", Earthquake Engineering and Structural Dynamics. Vol. 37, pp. 141-162, January 2008 (ISSN: 0098-8847).

[9] Baggio C., Bernardini A., Colozza R., Corazza L., Della Bella M., Di Pasquale G., Dolce M., Goretti A., Martinelli A., Orsini G., Papa F., Zuccaro G., 2002. Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES), Dipartimento della Protezione Civile, Roma. Pubblicato come allegato al DPCM 05.05.2011.

[11] Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009, a cura di Mauro Dolce e Gaetano Manfredi, DOPPIAVOCE, Gennaio 2015, ISBN: 9788889972502, pp. 224.

[11] Di Ludovico M., Prota A., Moroni C., Manfredi G., Dolce M., (2017), "Reconstruction process of damaged residential buildings outside historical centres after the L'Aquila earthquake - part II: "heavy damage" reconstruction", Bulletin of Earthquake Engineering, Volume 15, Issue 2, 2017, Pages 693-729, DOI 10.1007/s10518-016-9979-3.

[12] Di Ludovico M., Prota A., Moroni C., Manfredi G., Dolce M., (2017), " Reconstruction process of damaged residential buildings outside historical centres after the L'Aquila earthquake: part I—"light damage" reconstruction", Bulletin of Earthquake Engineering, Volume 15, Issue 2, 2017, Pages 667-692, DOI 10.1007/s10518-016-9877-8.

Il Centro Sperimentale di Sviluppo delle Competenze nell'area delle Costruzioni "Edil Lab" è promosso dalla Regione Campania e rappresenta uno strumento innovativo di integrazione e interazione tra i diversi attori politico-istituzionali ed economici del territorio, un "luogo" aperto e funzionale a stabili attività di sviluppo del capitale umano, abilitato a programmare iniziative formative e a favorire un sempre più effettivo incontro tra domanda e offerta di lavoro nell'edilizia.

Edil Lab rappresenta un modello innovativo che mette a sistema il mondo delle imprese, l'alta formazione, gli organismi di rappresentanza, l'Università, gli istituti scolastici e la scuola di formazione del settore edile ed ha, tra le principali finalità, l'istituzione di un Osservatorio permanente al fine di monitorare il sistema delle imprese e i fabbisogni di competenze necessari per lo sviluppo e l'incremento della competitività del settore delle costruzioni in Campania.

La collana di monografie, prodotte nell'ambito del Progetto Edil Lab, di cui la presente è parte, costituisce in tal direzione un insieme di vademecum di supporto alle finalità di aggiornamento e sviluppo delle competenze in edilizia.

La presente pubblicazione fa parte di una più ampia produzione – una vera e propria “collana” - di monografie multidisciplinari relativa all’edilizia, realizzata dalle imprese partners del Progetto Edil-lab, che costituisce, nell’insieme, un utile strumento di aggiornamento professionale per gli operatori attivi nel settore delle costruzioni.



Edizioni Graffiti

ISBN 978-8886 98 381 5



9 788886 983815