

# LAVORI PUBBLICI

Periodico mensile d'informazione tecnica

## REPUBBLICA ITALIANA GAZZETTA UFFICIALE DELLA REGIONE SICILIANA DECRETI ASSESSORIALI

PRESIDENZA DECRETO 28 dicembre 2005.

Indirizzi regionali per l'effettuazione delle verifiche tecniche di adeguatezza sismica di edifici ed infrastrutture strategiche ai fini di protezione civile o rilevanti in conseguenza di un eventuale collasso e relativo programma temporale attuativo. ( VENERDÌ 27 GENNAIO 2006 - N. 4 )

### IL DIRIGENTE GENERALE DEL DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Visto lo Statuto della Regione;

Visto il decreto legislativo n. 112 del 31 marzo 1998 ed, in particolare, l'art. 94, comma 2, lettera a), recante l'attribuzione di funzioni alle regioni in materia di individuazione delle zone sismiche, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone e l'articolo 108, concernente le funzioni attribuite alle regioni in materia di protezione civile;

Vista l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 ad oggetto "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 105 in data 8 maggio 2003;

Vista la delibera di Giunta regionale n. 408 del 19 dicembre 2003 in materia di individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003;

Visto il decreto del dirigente generale del dipartimento regionale della protezione civile n. 3 del 15 gennaio 2004, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Regione siciliana n. 7, parte prima, del 13 febbraio 2004, che ha reso attuativa la citata delibera di Giunta regionale n. 408 del 19 dicembre 2003;

Considerato quanto previsto all'art. 7 del suddetto decreto in materia di prime indicazioni da fornire ai soggetti competenti per l'effettuazione delle verifiche tecniche da eseguire per l'accertamento del livello di adeguatezza degli edifici e delle opere strategiche o rilevanti, di cui all'articolo 2 del citato decreto 15 gennaio 2004;

Acquisita la condivisione dei presenti indirizzi, da parte delle consulte regionali delle professioni tecniche, convocate in data 21 aprile e 31 maggio 2005, per formulare le eventuali proposte di modifiche ed integrazioni, acquisite e recepite negli allegati indirizzi regionali;

Ravvisata la necessità di formulare tali indicazioni, mediante indirizzi regionali finalizzati a fornire ai soggetti competenti elementi utili alla redazione delle verifiche tecniche che dovranno stabilire il livello di adeguatezza di ciascuno degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile e degli edifici ed opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso;

Decreta:

Art. 1

Finalità delle verifiche tecniche

Le verifiche tecniche delle strutture strategiche e delle opere infrastrutturali, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile e degli edifici ed opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso sono finalizzate alla determinazione dei livelli di adeguatezza sismica rispetto a quanto previsto dalle norme tecniche vigenti in zona sismica.

#### Art. 2

##### Oggetto delle verifiche tecniche

Sono oggetto delle verifiche tecniche dei livelli di adeguatezza sismica le strutture strategiche e di rilevanza regionale rientranti negli elenchi adottati ai sensi dell'articolo 2 del decreto del 15 gennaio 2004 e ricomprese nell'ambito del censimento attivato dal dipartimento regionale protezione civile, ai sensi dell'art. 8 del decreto del 15 gennaio 2004, costituente, ai sensi del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21 ottobre 2003, il primo livello di indagine finalizzato alla verifica dei livelli di sicurezza d'uso nei confronti dell'azione sismica.

#### Art. 3

##### Individuazione, obblighi e responsabilità dei soggetti proprietari di strutture strategiche e/o rilevanti

Sono individuati, quali soggetti a cui compete l'obbligo delle verifiche dei livelli di adeguatezza sismica di strutture strategiche e/o di rilevanza regionale, tutti gli enti e soggetti proprietari di opere rientranti nelle tipologie di cui all'articolo 2 del decreto del 15 gennaio 2004.

Tali soggetti hanno, ai sensi del comma 3 dell'art. 2 dell'ordinanza P.C.M. n. 3274/2003, l'obbligo di effettuare le verifiche tecniche delle strutture strategiche e rilevanti di propria competenza.

#### Art. 4

##### Programma temporale delle verifiche tecniche

Le verifiche tecniche dei livelli di adeguatezza sismica devono essere realizzate dai soggetti proprietari in conformità alla programmazione temporale allegata al presente decreto, prevista ai sensi del comma 4 dell'art. 2 dell'ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 e redatta ai sensi del comma 2 dell'art. 2 dell'ordinanza P.C.M. n. 3362/2004.

#### Art. 5

##### Primo livello di indagine

I soggetti ed enti proprietari, come individuati ai sensi dell'art. 3 del presente decreto, sono tenuti all'effettuazione, entro il 31 dicembre 2006, delle verifiche di primo livello finalizzate ad acquisire informazioni su tutto il patrimonio edilizio ed infrastrutturale di interesse regionale attivate dal dipartimento regionale della protezione civile mediante una campagna di indagini denominata "Censimento delle strutture strategiche e rilevanti di interesse regionale", attivata ai sensi dell'art. 8 del decreto del 15 gennaio 2004.

#### Art. 6

##### Finalità e risultati del primo livello di indagine

Le finalità del censimento di cui all'art. 5 del presente decreto sono quelle individuate dal decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21 ottobre 2003 per il primo livello di indagine indirizzato alle verifiche tecniche dei livelli di sicurezza d'uso delle opere strategiche e/o rilevanti di interesse regionale. I risultati del primo livello di indagine sono finalizzati alla formazione di una banca dati regionale dei livelli di rischio sismico cui sono soggette le strutture strategiche e rilevanti e costituisce lo strumento tecnico di supporto alla programmazione temporale ed economica delle successive verifiche di secondo livello e dei programmi di intervento tecnico finalizzati alla riduzione dei livelli di rischio sismico che dovranno essere programmati dagli enti e soggetti competenti, ai sensi del comma 6 dell'art. 2 dell'ordinanza P.C.M. n. 3274/2003.

I risultati del primo livello di indagine sono acquisibili da parte degli enti e soggetti competenti, ai fini di una corretta pianificazione degli interventi con finalità di prevenzione del rischio sismico.

#### Art. 7

##### Livelli di indagine successivi

A seguito del completamento del primo livello di indagine (censimento di livello 0) i soggetti ed enti individuati ai sensi dell'art. 3 del presente decreto devono avviare, secondo la programmazione temporale di cui all'art. 4 del presente decreto, le verifiche tecniche successive al primo livello di indagine, previste dal decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21 ottobre 2003. Tali verifiche devono essere concluse nei tempi previsti, ai sensi del comma 3 dell'articolo 2 dell'ordinanza P.C.M. n. 3274/2003.

#### Art. 8

##### Finalità e risultati delle verifiche tecniche di primo e secondo livello

Tali verifiche sono finalizzate alla determinazione dei livelli di adeguatezza sismica delle opere rispetto agli standards definiti dalle norme tecniche e dalla classificazione sismica vigente.

I risultati delle verifiche possono essere utilizzati dal soggetto o ente proprietario per valutare la priorità di eventuali interventi sulla base degli attuali livelli di sicurezza sismica delle strutture strategiche o rilevanti di competenza.

Le risultanze delle verifiche tecniche, complete degli indicatori di rischio di collasso e di inagibilità previsti dall'allegato n. 1 all'ordinanza P.C.M. n. 3362 dell'8 luglio 2004, redatte secondo le alleghe schede di sintesi della verifica sismica di 1° o di "livello 2", devono essere inviate al dipartimento regionale della protezione civile, per la definizione degli indirizzi di valutazione dei livelli di rischio e di pianificazione economica degli eventuali interventi di adeguamento o miglioramento sismico che dovessero rendersi necessari.

#### Art. 9

##### Opere escluse dall'obbligo di verifica

Dalle verifiche tecniche di cui al precedente articolo restano escluse, ai sensi del comma 5 dell'art. 2 dell'ordinanza P.C.M. n. 3274/2003, le opere progettate secondo le norme vigenti successivamente al 1984 e relative, rispettivamente, alla prima categoria per quelle situate in zona 1, alla seconda categoria per quelle in zona 2 ed alla terza categoria per quelle in zona 3, così come individuate dalla vigente classificazione sismica, di cui alla delibera di Giunta regionale n. 408 del 19 dicembre 2003.

#### Art. 10

##### Indirizzi regionali recanti prime indicazioni per le verifiche tecniche

In relazione alle premesse e nel rispetto delle disposizioni legislative sopra richiamate, sono adottati gli allegati indirizzi regionali recanti disposizioni concernenti l'esecuzione delle verifiche tecniche finalizzate alla definizione dei livelli di adeguatezza sismica degli edifici e delle opere strategiche o di interesse regionale, di cui all'articolo 2 del decreto 15 gennaio 2004.

#### Art. 11

##### Aggiornamenti ed integrazioni degli indirizzi regionali per le verifiche tecniche

Il dipartimento regionale della protezione civile provvede ad approfondire, integrare o modificare i contenuti degli allegati indirizzi regionali, in relazione a modifiche del quadro normativo nazionale di riferimento. Gli allegati indirizzi regionali saranno, con successivi provvedimenti, finalizzati, come previsto dalle vigenti norme tecniche in zona sismica, anche all'individuazione di peculiari specificità delle tipologie costruttive del territorio regionale al fine di consentire, per gli interventi di adeguamento, un miglioramento controllato della vulnerabilità, da attuare mediante la riduzione

dei livelli di protezione sismica previsti per le nuove costruzioni, alla conseguente riduzione delle azioni sismiche da considerare per i diversi stati limite ed al numero degli stessi stati limite da considerare.

#### Art. 12

##### Successivi interventi di adeguamento o miglioramento sismico

I soggetti proprietari di strutture strategiche e rilevanti dovranno programmare ed avviare, anche a fronte dei risultati delle verifiche tecniche di cui all'art. 8 del presente decreto e con le priorità d'azione finalizzate alla tutela della pubblica e privata incolumità, gli interventi tecnici necessari per l'adeguamento o il miglioramento dei livelli di sicurezza d'uso previsti dalle vigenti norme tecniche in zona sismica.

#### Art. 13

##### Divulgazione e pubblicazione

Il presente decreto verrà trasmesso alla Gazzetta Ufficiale della Regione siciliana unitamente agli indirizzi regionali, che ne costituiscono parte integrante e sostanziale ed acquista efficacia dal giorno stesso della sua pubblicazione.

Palermo, 28 dicembre 2005.

COCINA

#### Allegati

**INDIRIZZI REGIONALI PER L'EFFETTUAZIONE DELLE VERIFICHE TECNICHE DEI LIVELLI DI ADEGUATEZZA SISMICA DEGLI EDIFICI E DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI DI INTERESSE STRATEGICO LA CUI FUNZIONALITA' DURANTE GLI EVENTI SISMICI ASSUME RILIEVO FONDAMENTALE PER LE FINALITA' DI PROTEZIONE CIVILE E DEGLI EDIFICI ED OPERE INFRASTRUTTURALI CHE POSSONO ASSUMERE RILEVANZA IN RELAZIONE ALLE CONSEGUENZE DI UN EVENTUALE COLLASSO**

#### 1. PREMESSE

L'ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni prevede la valutazione dello stato di sicurezza nei confronti dell'azione sismica, da effettuarsi entro 5 anni dalla data di entrata in vigore dell'ordinanza stessa, per le seguenti opere:

- A) edifici di interesse strategico ed opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile;
- B) edifici ed opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

Le tipologie di opere di competenza statale che presentano le caratteristiche indicate sono state individuate con decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 21 ottobre 2003.

Le tipologie di opere di competenza regionale che presentano le caratteristiche indicate sono state individuate, giusta delibera di Giunta regionale n. 408 del 19 dicembre 2003, resa esecutiva con decreto del dirigente generale del dipartimento regionale della protezione civile n. 3 del 15 gennaio 2004.

Il citato decreto P.C.M. reca, altresì, indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi su edifici e opere strategiche o importanti, ai sensi di quanto previsto ai commi 3 e 4 dell'art. 2 dell'ordinanza n. 3274/2003.

Tali indicazioni, come disposto dall'art. 7 del citato decreto del dirigente generale del dipartimento regionale della protezione civile del 15 gennaio 2004, sono state adottate sul territorio della Regione Siciliana nelle more dell'emanazione di appositi indirizzi regionali.

I presenti primi indirizzi regionali sono pertanto finalizzati a fornire indicazioni ai soggetti competenti, come previsto dal comma 4 dell'art. 2 dell'ordinanza P.C.M. n. 3274/2003, per l'esecuzione delle verifiche tecniche necessarie per stabilire il livello di adeguatezza di ciascuna

opera strategica o di interesse rilevante rispetto a quanto previsto dalle vigenti norme tecniche in zona sismica.

I presenti indirizzi regionali costituiscono pertanto uno strumento operativo rivolto a finalizzare gli indirizzi di verifica tecnica previsti dal quadro normativo nazionale, alle opere strategiche e di importanza rilevante di interesse regionale per le quali i soggetti competenti devono provvedere alla verifica dei livelli di adeguatezza sismica.

## 2. DEFINIZIONI

### 2.1. Edifici ed opere infrastrutturali esistenti

Gli edifici e le opere infrastrutturali esistenti sono quelli che, alla data di entrata in vigore dei presenti indirizzi regionali, siano, ai sensi della normativa vigente, completati, collaudati ed utilizzati.

Tali strutture si distinguono da quelli di nuova progettazione per gli aspetti seguenti:

- il progetto riflette lo stato delle conoscenze al tempo della loro costruzione;
- il progetto può contenere difetti di impostazione concettuale e di realizzazione non immediatamente evidenziabili.

Tali strutture possono essere state soggette a terremoti passati o ad altre azioni accidentali i cui effetti non sono manifesti.

Di conseguenza, la valutazione della sicurezza ed il progetto degli interventi sono normalmente affetti da un grado di incertezza diverso rispetto quello delle strutture di nuova progettazione. Ciò comporta l'impiego di adeguati fattori di confidenza nelle verifiche di sicurezza, come pure metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile. Negli edifici esistenti le situazioni concrete riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche e dettagliate per tutti i casi.

### 2.2. Obbligo di verifica

Le norme tecniche di cui all'O.P.C.M. n. 3274/2003, all'articolo 2, commi 3 e 4, fa obbligo di eseguire valutazioni di sicurezza sismica su edifici di interesse strategico ed opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile e su edifici ed opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

In conseguenza di tali verifiche, le strutture potranno essere oggetto, secondo il disposto delle norme tecniche di cui al D.M. 14 settembre 2005 e degli allegati n. 2 e 3 dell'O.P.C.M. n.

3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni ad interventi di adeguamento o miglioramento sismico, interventi di adeguamento con riduzione controllata della vulnerabilità sismica, cambio di destinazione d'uso e conseguente declassamento in strutture a destinazione d'uso e funzioni di importanza inferiore a quella strategica o rilevante ai sensi dei presenti indirizzi regionali.

Con successivo provvedimento l'Amministrazione regionale, tenuto conto della specificità delle tipologie costruttive regionali, che dovranno essere individuate per comprensori omogenei, disporrà la possibilità, per gli interventi di adeguamento, di effettuare interventi di miglioramento controllato della vulnerabilità, mediante la riduzione dei livelli di protezione sismica e la conseguente riduzione dell'entità delle azioni sismiche da considerare per i diversi stati limite, nonché il numero degli stati limite da considerare rispetto quanto previsto dalle normative vigenti per le nuove costruzioni.

Per gli edifici di speciale importanza artistica, di cui all'art. 16 della legge 2 febbraio 1974, n. 64, è consentito derogare da quanto prescritto nelle presenti norme, nei casi in cui ciò comporti l'esecuzione di interventi incompatibili con le esigenze di tutela e di conservazione del bene culturale.

In particolare, per i beni culturali tutelati è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento, secondo quanto disposto al comma 4), art. 29, del decreto legislativo n. 42/2004, "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è peraltro comunque richiesto di calcolare i livelli di accelerazione del suolo corrispondenti al raggiungimento di ciascuno stato limite previsto per la tipologia strutturale dell'edificio, nella situazione precedente e nella situazione successiva all'eventuale intervento.

### 2.3. Valutazione della sicurezza sismica

Per valutazione della sicurezza si intende un procedimento quantitativo volto a stabilire se un edificio esistente è in grado o meno di resistere alla combinazione sismica di progetto prevista dalle norme vigenti in zona sismica.

Tali norme forniscono gli strumenti per la valutazione di singoli edifici ed i risultati non sono estendibili a edifici diversi pur appartenenti alla stessa tipologia.

Gli stessi metodi previsti dalle norme di progetto per le nuove costruzioni valgono per la valutazione degli edifici esistenti, salvo quanto diversamente indicato nel seguito.

Nell'effettuare la valutazione si terrà conto dell'esperienza, se disponibile, derivante dall'esame del comportamento di edifici simili che abbiano subito in passato l'effetto di eventi sismici.

### 3. LIVELLI DI INDAGINE

Il decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21 ottobre 2003 recante disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, prevede diversi livelli di verifica di adeguatezza sismica delle strutture strategiche e rilevanti.

In particolare, il primo livello (livello 0) prevede unicamente l'acquisizione di dati sommari sull'opera ed è applicabile in modo sistematico a tutte le tipologie individuate.

I livelli successivi (livello 1 e livello 2), previsti dalla suddetta normativa, si riferiscono alle categorie di opere ad elevata priorità, come individuate dall'ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 e ricadenti tra quelle collocate in zona sismica 1 e 2 e progettate in epoca antecedente rispetto alla classificazione del territorio del comune nella zona attuale.

Tali livelli di indagine restano inoltre applicabili a qualsiasi edificio o opera indipendentemente dal fatto che presenti o meno tali citate caratteristiche di priorità.

I livelli 1 e 2 si differenziano per il diverso livello di conoscenza e per i diversi strumenti di analisi e di verifica richiesti e si applicano in funzione della regolarità della struttura oggetto di verifica.

#### 3.1. Primo livello di indagine

Il primo livello di acquisizione dati e di verifica tecnica dei livelli di sicurezza sismica, previsto dal citato quadro normativo nazionale, è stato attuato dal dipartimento regionale della protezione civile mediante un censimento speditivo delle strutture strategiche e rilevanti, in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso a seguito di evento sismico.

Le finalità del censimento sono quelle individuate dal decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21 ottobre 2003 per il primo livello di indagine finalizzato alle verifiche tecniche dei livelli di sicurezza d'uso delle opere strategiche e/o rilevanti di interesse regionale.

I risultati del primo livello di indagine sono finalizzati alla formazione di una banca dati regionale sui livelli di rischio sismico di strutture strategiche e rilevanti che costituirà strumento di programmazione temporale ed economica delle successive verifiche di secondo livello e dei programmi di intervento tecnico finalizzati alla riduzione dei livelli di rischio sismico.

Tale censimento viene attuato a norma dell'art. 8 del decreto del 15 gennaio 2004 dal dipartimento regionale della protezione civile con il supporto di tutti gli enti e soggetti proprietari di strutture rientranti negli elenchi tipologici di cui all'articolo 2 del citato decreto, che verranno coordinati e supportati, per tutta la durata delle operazioni di acquisizione dei dati, dal dipartimento regionale della protezione civile.

Per una completa ed univoca acquisizione dei dati individuati nell'allegato 2 al citato decreto PCM 21 ottobre 2003, per tale livello Ø di indagine, il dipartimento regionale della protezione civile ha messo a punto tre schede speditive specializzate per le tre seguenti tipologie di opere strategiche o rilevanti:

- 1) edifici;
- 2) ponti ed opere di attraversamento;
- 3) opere infrastrutturali e di servizio.

Per ognuna di tali tipologie di opere sono state redatte note di istruzione alla compilazione riportate in calce alle citate schede.

#### 3.2. Secondo e terzo livello di indagine

I livelli di indagine successivi, denominati di livello 1 e 2, si differenziano per il diverso livello di conoscenza e per i diversi strumenti di analisi e di verifica richiesti e si applicano in funzione della regolarità della struttura oggetto di verifica.

Per l'effettuazione delle verifiche di livello 1 e livello 2, l'obiettivo minimo da perseguire è la definizione di 3 livelli di accelerazione al suolo corrispondenti ai 3 stati limite definiti dalle norme tecniche vigenti e dei loro rapporti con le accelerazioni attese con probabilità del 2%, 10% e 50 %

in 50 anni per le strutture in c.a.; mentre per le strutture in muratura si considerano i soli stati limite di danno severo e di danno lieve.

Un possibile indicatore del rischio di collasso ( $\alpha$ ) e di inagibilità ( $\beta$ ) dell'edificio è dato dal rapporto tra le citate accelerazioni stimate di collasso, di danno severo e danno lieve e le corrispondenti accelerazioni al suolo attese con le probabilità di accadimento sopra citate.

Indicatori di rischio e di inagibilità in strutture in c.a.

Tali indicatori di rischio di collasso ed inagibilità dovranno essere riportati nelle allegate schede di sintesi delle verifiche di sicurezza sismica per ogni struttura strategica o rilevante oggetto di indagine.

### 3.2.1. Livello 1 di acquisizione dei dati e di verifica

Su ciascun edificio devono essere effettuati sopralluoghi volti alla conoscenza ed al rilievo della struttura.

Devono quindi essere raccolte tutte le informazioni e la documentazione disponibile sul sito di costruzione, sull'epoca di costruzione e sulle trasformazioni (sopraelevazioni, ampliamenti, modifiche strutturali) ed in merito agli interventi subiti dalla struttura.

Per ogni edificio vanno individuate la tipologia strutturale della costruzione originaria e quelle presenti nelle trasformazioni successive.

E' inoltre essenziale, ai fini delle verifiche da effettuare, riconoscere la regolarità in pianta ed in elevazione di un edificio.

E' richiesta l'attribuzione ad una delle categorie di suolo descritte nelle norme tecniche, sulla base di studi esistenti, di carte geologiche di dettaglio disponibili o ricorrendo, in assenza di sufficienti ed esaustive informazioni, a prove sperimentali di caratterizzazione del terreno le cui risultanze devono essere contenute in apposita relazione sui terreni di fondazione.

E' consentito inoltre un livello di conoscenza limitato (LC1)

Il livello 1 si applica agli edifici ed alle opere ad alta priorità, che possano essere definiti regolari, che non siano stati attribuiti a categorie di suolo S1 o S2 e che non siano realizzati in prossimità di dirupi o creste o su corpi franosi.

#### 3.2.1.1. Livello 1 per edifici in c.a.

Si procederà alle verifiche ricorrendo al livello di conoscenza limitata che prevede una geometria della struttura già nota o acquisita in base ad un rilievo o dai disegni originali.

In quest'ultimo caso un rilievo visivo completo dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni.

I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare.

Per quanto attiene ai dettagli costruttivi, se questi non sono disponibili da disegni costruttivi, devono essere ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione.

E' richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire verifiche locali di resistenza.

Infine, per tale livello di conoscenza non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni o dettagli costruttivi né da certificati di prova.

Si adotteranno pertanto valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti.

La valutazione della sicurezza, nel caso di conoscenza limitata, verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare statici o dinamici.

Vanno effettuate prove e verifiche in situ secondo quanto previsto per il livello di conoscenza limitata.

Si ricorrerà all'analisi lineare statica pur essendo ovviamente consentito utilizzare l'analisi lineare dinamica.

E' consentito considerare due modelli piani separati, uno per ciascuna direzione principale, considerando l'eccentricità accidentale indicata dalle norme.

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza secante a snervamento. In caso non siano effettuate considerazioni specifiche, è possibile valutare la rigidezza flessionale degli elementi pari alla metà della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate per ciascun elemento strutturale.

In particolare si procederà come segue:

- 1) si effettuerà l'analisi dell'edificio, con PGA unitaria, in entrambe le direzioni principali;
- 2) si calcoleranno per ogni elemento strutturale i valori di resistenza;
- 3) si calcoleranno per ogni piano i valori di rotazione in condizioni di collasso, di danno severo e di danno limitato;
- 4) si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il primo collasso a taglio o il collasso di un nodo o il raggiungimento della rotazione ultima ad un piano (PGAco);
- 5) si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della rotazione di danno severo ad un piano (PGADS);
- 6) si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della rotazione di snervamento ad un piano (PGADL)

#### 3.2.1.2. Livello 1 per edifici in muratura

Si procederà alle verifiche ricorrendo ad un rilievo sommario comprendente il rilievo dei principali elementi strutturali resistenti a taglio, piano per piano, ed una stima a campione dell'andamento e della rigidezza dei solai.

Dovranno in particolare essere verificati i dettagli costruttivi indicando in modo esplicito l'eventuale non rispondenza di uno dei punti da a) ad e) riportati nel seguito:

- a) qualità del collegamento tra pareti ortogonali;
- b) qualità del collegamento tra solai e pareti ed eventuale presenza di cordoli di piano;
- c) esistenza di architravi dotate di resistenza flessionale al di sopra delle aperture;
- d) presenza di elementi strutturali spingenti e di eventuali elementi atti ad eliminare la spinta;
- e) presenza di elementi, anche non strutturali ad elevata vulnerabilità.

Si verificherà preliminarmente l'eventuale rispondenza alla definizione di edificio semplice, come individuato dalle vigenti norme tecniche, quando, oltre alle condizioni ivi prescritte, dopo l'eventuale intervento di adeguamento, risulti verificato quanto segue:

- a) le pareti ortogonali siano tra loro ben collegate;
- b) i solai siano ben collegati alle pareti, per mezzo di tasselli e/o di cordoli di piano;
- c) tutte le aperture siano dotate di architravi dotate di resistenza flessionale;
- d) tutti gli elementi spingenti eventualmente presenti siano dotati di accorgimenti atti ad eliminare o equilibrare le spinte orizzontali;
- e) tutti gli elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità siano stati eliminati;
- f) tutti i solai possano essere considerati infinitamente rigidi e resistenti.

Si potrà ricorrere all'analisi lineare statica o all'analisi lineare dinamica, secondo quanto descritto dalle norme tecniche vigenti.

E' consentito considerare due modelli piani separati, uno per ciascuna direzione principale, considerando l'eccentricità accidentale indicata dalle citate norme tecniche vigenti.

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza fessurata, tenendo conto della deformabilità a taglio ed a flessione.

In caso non siano effettuate valutazioni specifiche è consentito stimare la rigidezza degli elementi come pari alla metà della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate per ciascun elemento strutturale secondo quanto indicato dalle norme tecniche vigenti.

In particolare si procederà come segue:

- 1) si effettuerà l'analisi dell'edificio, con PGA unitaria, in entrambe le direzioni principali
- 2) si calcoleranno per ogni elemento strutturale i valori di resistenza a flessione e a taglio e a flessione fuori piano



- 3) si calcoleranno per ogni pannello murario i valori di deformazione corrispondenti agli stati limite di danno ed ultimo, in funzione della modalità di collasso
- 4) si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della deformazione ultima nel piano o della resistenza fuori piano in un pannello (PGADS)
- 5) si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della resistenza nel piano o della deformazione di danno in un pannello (PGADL)

#### 3.2.2. Livello 2 di acquisizione dei dati e di verifica

L'obiettivo da perseguire è la definizione di una curva di capacità globale forza - spostamento, con la conseguente definizione dei tre livelli di accelerazione al suolo, corrispondenti ai tre stati limite definiti dalle norme tecniche vigenti e dei loro rapporti con le accelerazioni attese con probabilità 2%, 10% e 50 % in 50 anni.

E' richiesto un livello di conoscenza più approfondito del tipo adeguato (LC2) o accurato (LC3) secondo quanto previsto dalle norme tecniche vigenti.

E' richiesta la determinazione della categoria di suolo tramite prove in-situ (almeno SPT) o altre specifiche indagini geognostiche le cui risultanze devono essere contenute in apposita relazione geologica.

Si adotterà una analisi statica non lineare con le variazioni specificate per le diverse tipologie strutturali.

Il ricorso all'analisi lineare è consentito quando il rapporto domanda/capacità è uniforme per i diversi elementi, quando la domanda è contenuta entro limiti accettabili per ogni elemento e quando i collassi di tipo fragile sono impediti.

Il livello 2 di verifica andrà pertanto applicato ad edifici ed opere ad alta priorità ed in tutti i casi in cui non è prevista la possibilità di limitarsi al livello 1 e cioè quando la struttura non risponde ai requisiti di regolarità in pianta ed in elevazione.

Tali opere ad alta priorità sono quelle:

- ricadenti in zona sismica 1 e 2 (elevata pericolosità);
- progettate in epoca antecedente rispetto alla classificazione del territorio del comune nel quale ricadono (elevata vulnerabilità);
- utilizzate da un numero elevato di utenti e da soggetti deboli quali anziani e bambini (elevata esposizione).

Prima di procedere alle verifiche tecniche di livello 2 è comunque necessario procedere a verifiche di livello 1, almeno per quanto riguarda l'effettuazione di analisi lineari.

##### 3.2.2.1. Livello 2 per edifici in c.a.

E' consentito considerare separatamente le azioni nelle due direzioni principali, utilizzando i metodi di combinazione previsti dalle norme tecniche vigenti.

La rigidità degli elementi deve essere valutata considerando la rigidità secante a snervamento.

In caso non siano effettuate valutazioni specifiche è consentito valutare la rigidità flessionale degli elementi pari alla metà della rigidità dei corrispondenti elementi non fessurati.

In particolare si procederà come segue:

- 1) si effettuerà l'analisi dell'edificio, utilizzando le distribuzioni alternative delle forze e ricorrendo ai metodi evolutivi previsti dalle norme tecniche vigenti;
- 2) per ogni elemento si calcoleranno i valori di resistenza;
- 3) per ogni piano si calcoleranno i valori di rotazione in condizioni di collasso, di danno severo e di danno limitato;
- 4) sulla curva generalizzata forza - spostamento dovranno essere identificati i punti corrispondenti alle seguenti situazioni:
  - il primo collasso a taglio o il collasso di un nodo o il raggiungimento della rotazione ultima ad un piano (stato limite di collasso - CO);
  - il raggiungimento della rotazione di danno severo ad un piano (stato limite di danno severo - DS);
  - il raggiungimento della rotazione di snervamento ad un piano (stato limite di danno lieve - DL).

La curva di capacità dovrà essere confrontata con la domanda sismica, espressa ad esempio da spettri di risposta in spostamento anelastici o elastici, al fine di valutare i valori di accelerazione al suolo corrispondenti ai tre stati limite di interesse (PGACO, PGADS, PGADL).

##### 3.2.2.2. Livello 2 per edifici in muratura

Si procederà alle verifiche tecniche ricorrendo ad un rilievo completo ed a verifiche in situ estese, prevedendo una rilevazione estesa piano per piano ed a tutti gli elementi in muratura.

Il rilievo dell'andamento di tutti i solai, una valutazione accurata della loro rigidezza ed una valutazione dei carichi gravanti su ogni elemento di parete.

L'effettiva rigidezza dei solai dovrà essere verificata sperimentalmente e per campioni rappresentativi di ogni tipologia di orizzontamento.

Le verifiche in-situ estese ed adeguate sono basate su rilievi di tipo visivo effettuati ricorrendo, di regola, a scrostature di intonaco con messa a nudo delle caratteristiche di ammorsamento tra muri ortogonali e dei solai nelle pareti.

Deve essere effettuato un esame di qualità per ogni differente tipologia di collegamento tra pareti ortogonali, di qualità di collegamento tra solai e pareti e di cordoli di piano individuabili nella struttura oggetto di verifica.

L'efficacia degli eventuali elementi atti ad eliminare la spinta dovrà essere verificata sperimentalmente.

L'esame dell'esistenza di architravi dotate di resistenza flessionale al di sopra delle aperture, di elementi strutturali spingenti e di eventuali elementi atti ad eliminare la spinta, di elementi, anche non strutturali ad elevata vulnerabilità dovrà estendersi in modo sistematico all'intero edificio.

Dovranno comunque essere verificati tutti i citati dettagli costruttivi indicando in modo esplicito l'eventuale non rispondenza di uno di essi.

Si ricorrerà all'analisi non lineare statica, al fine di produrre una curva di capacità globale forza - spostamento.

E' consentito considerare separatamente le azioni nelle due direzioni principali, utilizzando i metodi di combinazione previsti dalle norme tecniche vigenti, ma il modello dell'edificio deve essere tridimensionale.

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza fessurata e tenendo conto della deformabilità a taglio e a flessione. In caso non siano effettuate valutazioni specifiche, è consentito valutare la rigidezza degli elementi pari alla metà della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

La curva di capacità dovrà essere confrontata con opportuni spettri di risposta elastica, eventualmente corretti con un valore appropriato di un fattore  $\eta$  (eta) in funzione delle capacità dissipative corrispondenti a ciascun stato limite, con riferimento ai valori di spostamento definiti dalle norme tecniche vigenti.

L'intersezione della curva di capacità con gli spettri di spostamento consentirà di calcolare i valori di accelerazione al suolo corrispondenti agli stati limite di danno severo e danno lieve.

#### 4. CRITERI DI VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DI EDIFICI ESISTENTI

Come già chiarito nei precedenti paragrafi, la valutazione della sicurezza sismica è il procedimento quantitativo volto a stabilire se una struttura esistente è in grado o meno di resistere alla combinazione sismica di progetto prevista dalla normativa.

Le valutazioni di sicurezza sismica devono in genere essere finalizzate all'analisi di singoli edifici e pertanto i risultati conseguibili non sono estensibili ad edifici diversi pur appartenenti alla stessa tipologia edilizia e strutturale.

Per la valutazione degli edifici esistenti, fatto salvo quanto diversamente previsto dal quadro normativo vigente, si ritengono rispondenti maggiormente alle finalità in esame le modalità di verifica non lineari sia statiche (Pushover) che dinamiche (Time History).

E' utile comunque evidenziare come, nell'effettuazione della valutazione, si debba sempre tenere conto, se disponibile, dell'esperienza derivante dall'esame del comportamento di edifici simili che abbiano subito in passato l'effetto di eventi sismici.

In particolare, per gli edifici esistenti in muratura, oltre all'analisi sismica globale, da effettuarsi con i metodi previsti dalle norme di progetto per le nuove costruzioni, integrate opportunamente dalla normativa tecnica vigente, è da considerarsi anche l'analisi dei meccanismi locali.

##### 4.1. Requisiti di sicurezza

La determinazione dei requisiti di sicurezza degli edifici esistenti, in particolare con struttura in cemento armato o acciaio, richiede la considerazione di uno stato limite aggiuntivo rispetto quelli definiti dalla norma per edifici di nuova costruzione (stato limite ultimo e stato limite di danno), in

quanto essi frequentemente non soddisfano né i principi di gerarchia delle resistenze né posseggono adeguata duttilità.

Tali indicatori di vulnerabilità risultano evidenti nel caso di edifici con struttura in cemento armato realizzati in epoca precedente rispetto quella di attuazione dei decreti ministeriali in vigore fino al 1984 ed in particolare rispetto all'epoca di attuazione della precorsa normativa sismica (D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 e relativa circolare n. 65 / AA.GG. del 10 aprile 1997).

I requisiti di sicurezza definiti dalla normativa tecnica vigente hanno come riferimento lo stato di danneggiamento della struttura definito mediante i seguenti tre stati limite (SL):

- stato limite di collasso (CO): la struttura risulta fortemente danneggiata e contraddistinta da ridotte caratteristiche di resistenza e rigidezza laterali residue, appena in grado di sostenere i carichi verticali. La maggior parte degli elementi non strutturali risultano distrutti dall'evento sismico.

L'edificio può presentare un fuori piombo significativo o disgregazioni dell'apparato strutturale verticale e conseguentemente non sarebbe in grado di subire, senza collasso, ulteriori, anche modeste, accelerazioni al suolo;

- stato limite di danno severo (DS): la struttura presenta danni importanti, con significative riduzioni di resistenza e di rigidezza laterali e con evidente superamento del regime deformativo in campo elastico e plasticizzazioni locali. Gli elementi non strutturali risultano danneggiati dal sisma ma senza espulsione estesa di tramezzi e tamponature. Data la presenza di deformazioni residue, la riparazione dell'edificio risulta in genere economicamente non conveniente, ma valutabile caso per caso in relazione soprattutto all'estensione del danno;

- stato limite di danno limitato (DL): la struttura presenta danni di modesta entità senza significative escursioni in campo plastico. Resistenza e rigidezza degli elementi portanti non risultano compromesse e non sono pertanto necessarie riparazioni estese a tutte le strutture. Gli elementi non strutturali presentano fessurazioni diffuse suscettibili di riparazioni di modesto impegno economico comportanti eventualmente anche la demolizione e la ricostruzione delle porzioni eccessivamente ammalorate. Le deformazioni residue sono trascurabili.

Gli stati limite di danno severo e di danno lieve per gli edifici esistenti corrispondono agli stati limite ultimo (SLU) e limite di danno (SLD) definiti dalla normativa vigente per gli edifici di nuova costruzione.

Lo stato limite di collasso corrisponde ad una azione di progetto più elevata, caratterizzata da una più bassa probabilità di superamento, non superiore al 2% in 50 anni.

Tale verifica può essere eseguita in alternativa a quella di danno severo.

Infine, per gli edifici in muratura esistenti, la valutazione della sicurezza richiede la verifica degli stati limite nei confronti della stabilità e nei confronti del danno (stato limite ultimo e stato limite di danno) come definiti dalle norme per le nuove strutture ovvero lo stato limite di danno, cui si associano danni alla struttura di modesta entità, e lo stato limite ultimo corrispondente a danni importanti negli elementi strutturali.

Per il calcolo della capacità degli elementi strutturali, si utilizzano, invece, i valori medi delle proprietà dei materiali esistenti, come ottenuti dalle prove in situ e da eventuali informazioni aggiuntive, divisi per il fattore di confidenza previsto dalle norme in relazione al livello di conoscenza raggiunto.

#### 4.2. Criteri di verifica

A seconda dell'appartenenza dell'edificio esistente alle tipologie strutturali in cemento armato o acciaio o muratura, differiscono i criteri di verifica adottabili.

Per gli edifici in muratura si prevede l'assunzione convenzionale che il soddisfacimento della verifica allo stato limite ultimo implichi anche la sicurezza nei riguardi del collasso considerata nel caso di edifici in cemento armato e in acciaio.

Per tali tipologie strutturali i criteri di verifica adottabili risultano più complessi in relazione alla necessità di individuare compiutamente il comportamento duttile o fragile dei singoli elementi strutturali.

Ai fini delle verifiche di sicurezza a cui sottoporre le strutture degli edifici esistenti in cemento armato o acciaio, pertanto, gli elementi strutturali devono essere distinti nelle due seguenti grandi tipologie:

- 1) elementi strutturali duttili;
- 2) elementi strutturali fragili.

Nei seguenti paragrafi si descrivono i criteri di verifica con lo spettro elastico e con l'impiego dei fattori di confidenza e vengono definite le caratteristiche dei materiali da impiegare nelle verifiche di sicurezza nonché gli stati limite ed i conseguenti effetti relativi.

#### 4.2.1. Verifica con lo spettro elastico

In linea generale, la verifica di sicurezza degli edifici esistenti in cemento armato o acciaio viene eseguita con riferimento all'azione sismica data dallo spettro elastico (non ridotto) come definito dalle norme vigenti per il valore di  $agS$  appropriato alla zona sismica in cui ricade la struttura oggetto di indagine.

Ai fini delle verifiche di sicurezza, gli elementi strutturali, come già evidenziato, vengono distinti in "duttili" e "fragili".

La verifica degli elementi "duttili" viene eseguita confrontando gli effetti indotti dalle azioni sismiche in termini di deformazioni con i rispettivi limiti di deformabilità.

La verifica degli elementi "fragili" viene eseguita confrontando gli effetti indotti dalle azioni sismiche in termini di forze con le rispettive resistenze.

#### 4.2.2. Verifica con l'impiego del fattore di struttura $q$

In alternativa, è possibile utilizzare lo spettro di progetto, come definito dalle norme e che si ottiene dallo spettro elastico, riducendone le ordinate per il fattore di struttura  $q$ , il cui valore è scelto nel campo fra 1.5 e 3.0 sulla base della regolarità, nonché dei tassi di lavoro dei materiali sotto l'azione delle azioni statiche.

Valori superiori a quelli indicati devono essere adeguatamente giustificati con riferimento alla duttilità disponibile a livello locale e globale.

In particolare, nel caso in cui il sistema strutturale resistente all'azione orizzontale sia integralmente costituito da nuovi elementi strutturali, si possono adottare i valori dei fattori di struttura validi per le nuove costruzioni, fatta salva la verifica della compatibilità degli spostamenti delle strutture esistenti.

Nel caso di uso del fattore di struttura, tutti gli elementi strutturali devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.

#### 4.2.3. Analisi strutturale

Gli effetti dell'azione sismica sono da combinare con gli effetti degli altri carichi permanenti e variabili, come indicato dalle norme vigenti per i nuovi edifici, estendendo allo SL-CO gli stessi coefficienti di combinazione dei carichi applicati per lo SLU.

Gli effetti sismici possono essere valutati con uno dei metodi ammessi dalla normativa sismica vigente in particolare con i seguenti tipi di analisi:

- a) statica lineare;
- b) dinamica modale;
- c) statica non lineare;
- d) dinamica non lineare.

L'impiego del fattore  $q$  è ammesso solo con le analisi di tipo lineare.

Inoltre, ai metodi di analisi devono essere applicate le precisazioni derivanti dalle varie tipologie strutturali previste dalla normativa sismica e le particolari prescrizioni per la verifica della sicurezza degli edifici esistenti.

#### 4.2.4. Caratteristiche dei materiali da impiegare nelle verifiche di sicurezza

Per il calcolo delle capacità degli elementi duttili si utilizzano i valori medi delle proprietà dei materiali esistenti, come ottenuti dalle prove in situ e da eventuali informazioni aggiuntive, divisi per il fattore di confidenza, come definito dalle norme e, per gli elementi duttili, in relazione al livello di conoscenza raggiunto.

Per il calcolo delle capacità degli elementi fragili si utilizzano i valori medi delle proprietà dei materiali esistenti, come ottenuti dalle prove in situ e da eventuali informazioni aggiuntive, divisi per il fattore di confidenza, come definito dalle norme ed in relazione al livello di conoscenza raggiunto, divisi per il coefficiente parziale relativo.

#### 4.2.5. Definizione degli effetti relativi ai diversi stati limite

Nel caso dello stato limite di collasso (SL di CO) gli effetti relativi sono da determinare utilizzando l'azione sismica prevista per tale stato limite.

Nel caso di elementi duttili gli effetti da considerare sono quelli derivanti dall'analisi strutturale, mentre nel caso di elementi fragili gli effetti derivanti dall'analisi strutturale possono venire modificati, come previsto dalle norme tecniche vigenti.

Le capacità sono definite in termini di deformazioni ultime per gli elementi duttili e di resistenze ultime per gli elementi fragili.

Questo stato limite non può essere verificato con l'impiego del fattore  $q$ .

Nel caso dello stato limite di danno severo (SL di DS) gli effetti relativi sono da determinare utilizzando l'azione sismica prevista per tale SL.

Nel caso di elementi duttili gli effetti da considerare sono quelli derivanti dall'analisi strutturale, mentre nel caso di elementi fragili gli effetti derivanti dall'analisi strutturale possono venire modificati come indicato nelle norme.

Le capacità sono definite in termini di "deformazioni di danno" per gli elementi duttili, di "deformazioni ultime" e di resistenze prudenzialmente ridotte per gli elementi fragili, come definite nella normativa.

Nel caso di verifica con l'impiego del fattore  $q$ , la resistenza degli elementi si calcola come per le situazioni non sismiche.

Nel caso dello stato limite di danno lieve (SL di DL) gli effetti relativi sono da determinare utilizzando l'azione sismica prevista per tale SL.

In mancanza di più specifiche valutazioni si possono adottare i valori limite di spostamento interpiano validi per gli edifici di nuova costruzione.

#### 4.2.6. Tipologie di verifica e capacità strutturali

Per quanto attiene alle modalità e metodiche di verifica degli elementi strutturali si farà riferimento a quanto previsto dalle norme tecniche vigenti, con particolare attenzione per le capacità strutturali, in termini di limite di deformabilità distinguendo pertanto gli elementi/meccanismi a comportamento "duatile" o "fragile".

#### 4.3. Priorità per l'acquisizione di informazioni preliminari sui fabbricati esistenti

Il primo obiettivo da conseguire per la valutazione del livello di sicurezza sismica di un edificio esistente è la conoscenza della tipologia strutturale e dei suoi meccanismi di funzionamento.

Pertanto su ciascun edificio oggetto di indagine devono essere preliminarmente effettuati una serie di sopralluoghi finalizzati alla conoscenza ed al rilievo della sua struttura.

Vanno quindi raccolte tutte le informazioni e la documentazione disponibile in relazione ai seguenti principali aspetti:

- sito di costruzione;
- epoca di realizzazione;
- trasformazioni (sopraelevazioni, ampliamenti, modifiche strutturali) ed interventi subiti dalla struttura.

Per ogni edificio devono essere poi individuate la tipologia strutturale della costruzione originaria e quella scaturente dalle trasformazioni successive.

La normativa vigente, a tale proposito, introduce il concetto di regolarità in pianta ed in elevazione di un edificio, quale indicatore primo della vulnerabilità sismica di un edificio.

La regolarità in elevazione ed in pianta rivestono grande importanza in relazione alla risposta alle sollecitazioni dinamiche dovute al sisma.

Pertanto, per la tipologia di edificio regolare in pianta ed in elevazione, il regime di controllo, ai fini delle verifiche tecniche dei livelli di sicurezza, è significativamente diverso e più semplificato, in quanto la risposta al sisma di un edificio caratterizzato da requisiti di regolarità in pianta ed in altezza offre minori elementi di incertezza nella modellazione finalizzata ad individuarne i limiti di resistenza alla sollecitazione sismica.

E' essenziale, quindi, ai fini delle verifiche da effettuare, riconoscere la regolarità in pianta ed in elevazione di un edificio.

#### 4.4. Modalità di acquisizione dei dati ed indagini sui livelli di sicurezza

##### 4.4.1. Dati identificativi

Per l'acquisizione dei dati necessari alla valutazione della sicurezza degli edifici esistenti, le fonti da considerare sono le seguenti:

- documenti ed atti progettuali con particolare riferimento a relazioni geologiche, geotecniche e strutturali;

- elaborati grafici strutturali, carpenterie e dettagli esecutivi;
- eventuale documentazione acquisita in tempi successivi alla costruzione;
- rilievo strutturale;
- indagini e prove diagnostiche in situ ed in laboratorio.

Per quanto attiene invece al percorso di indagine finalizzato all'individuazione delle cause di degrado strutturale o delle caratteristiche di resistenza dei materiali, può farsi riferimento al seguente cammino diagnostico:

- 1) esame a vista della struttura;
- 2) acquisizione di informazioni storiche;
- 3) prove in situ;
- 4) prove in laboratorio.

Pertanto, per l'effettuazione delle valutazioni di sicurezza da operare per ogni edificio esistente, dovranno in generale essere acquisiti dati sugli aspetti elencati nel seguito:

- 1) identificazione dell'organismo strutturale e verifica del rispetto dei criteri di regolarità in pianta ed in altezza come definiti dalla normativa vigente e da ottenere sulla base dei disegni originali di progetto opportunamente verificati con indagini in situ, oppure con un rilievo ex-novo;
- 2) identificazione delle strutture di fondazione;
- 3) identificazione delle categorie di suolo secondo quanto indicato dalle norme vigenti;
- 4) informazione sulle dimensioni geometriche degli elementi strutturali, dei quantitativi delle armature, delle proprietà meccaniche dei materiali, dei collegamenti;
- 5) informazioni su possibili difetti locali dei materiali;
- 6) informazioni su possibili difetti strutturali globali o locali (dettagli delle armature, eccentricità travi-pilastro, eccentricità pilastro-pilastro, collegamenti trave-colonna e colonna-fondazione, collegamenti tra le pareti in muratura, collegamenti tra orizzontamenti e pareti murarie, etc.);
- 7) informazioni sulle norme impiegate nella redazione del progetto originale incluse le sollecitazioni di progetto, il tipo di verifica effettuata, l'analisi dei carichi adottata e le assunzioni tipologiche, in termini di resistenza, relative ai materiali costruttivi utilizzati;
- 8) descrizione della destinazione d'uso attuale e futura dell'edificio con identificazione della categoria di importanza, con particolare riferimento a funzioni strategiche o rilevanti cui è adibito o destinato l'edificio;
- 9) rivalutazione dei carichi variabili, in funzione della destinazione d'uso;
- 10) informazione sulla natura degli interventi strutturali subiti (apertura di varchi o aperture, sostituzioni di elementi portanti, etc.) e l'entità di eventuali danni subiti in precedenza o analisi di merito sull'efficacia delle riparazioni operate.

La quantità e la qualità dei dati acquisiti determina il metodo di analisi ed i valori dei fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali da adoperare nelle verifiche di sicurezza.

Il flusso informativo, come sopra descritto, può essere sviluppato attraverso il seguente approccio procedurale consigliato dalla normativa vigente ed ottimizzato dall'esperienza e conoscenza del patrimonio edilizio oggetto di indagine.

#### 4.4.1. Documenti di progetto

La prima attività da porre in essere nel processo di verifica della struttura esistente è l'acquisizione dei documenti di progetto dell'opera oggetto di analisi.

Tale documentazione è finalizzata sostanzialmente ad individuare:

- l'approccio progettuale utilizzato per il dimensionamento delle strutture;
- la normativa tecnica di riferimento in vigore all'epoca di costruzione del fabbricato;
- gli elaborati di progetto necessari per la modellazione dello stato di fatto;
- le caratteristiche di resistenza ipotizzate nei materiali strutturali utilizzati.

Per un edificio esistente i documenti di progetto scaturiscono da una indagine storica effettuabile soltanto per le strutture più recenti.

Restano quindi esclusi da tale prima fase tutti gli edifici monumentali la cui epoca di costruzione risale orientativamente agli ultimi anni del 1800 ad esclusione dei casi già oggetto di studi o rilievi effettuati con finalità conservative, restauro o catalogazione specialistica.

Ulteriore fonte di informazioni inerenti gli atti progettuali originari sono gli archivi storici degli enti preposti a compiti di tutela, vigilanza o controllo. Tra questi possono elencarsi in maniera non esaustiva ma indicativa della realtà regionale le biblioteche storiche, gli uffici tecnici erariali e

quelli territoriali di Governo (prefetture), gli uffici del Genio civile, le Curie, le Soprintendenze per i beni monumentali ed ambientali.

Tali informazioni sono spesso caratterizzate da una particolarità di dettaglio tale da poter fornire elementi utili alle indagini in oggetto.

In ogni caso, gli elementi di osservazione e di indagine storica da evidenziare sono individuabili principalmente nei seguenti:

- tavole architettoniche di insieme;
- carpenterie di progetto;
- particolari costruttivi;
- dettagli costruttivi relativi al fissaggio degli impianti esistenti;
- relazioni tecniche di dettaglio;
- calcoli statici e di dimensionamento strutturale;
- esecutivi di progetto o di cantiere.

#### 4.4.2. Documentazione inerente le epoche successive alla costruzione

Durante la vita dell'edificio oggetto di indagine possono intervenire elementi di mutazione delle originarie condizioni d'uso o modifiche della geometria strutturale originaria tali da variare le caratteristiche di resistenza o le rigidità strutturali.

Tali modifiche possono comportare la variazione della risposta al sisma dell'intero organismo strutturale.

Tali mutamenti possono in genere riassumersi nei seguenti:

- sopraelevazioni;
- ampliamenti;
- variazioni di destinazione d'uso che comportino, nelle strutture interessate dall'intervento, incrementi dei carichi previsti nella progettazione originaria;
- interventi strutturali che hanno comportato una trasformazione dell'edificio mediante un insieme sistematico di opere tale da trasformare l'organismo edilizio in uno diverso o non più riconducibile al precedente;
- interventi strutturali che hanno comportato l'esecuzione di opere e modifiche o che hanno rinnovato o sostituito parti strutturali dell'edificio, tali da implicare sostanziali alterazioni del comportamento globale dell'edificio stesso;
- interventi strutturali su singoli elementi di fabbrica.

In tutti i casi fin qui riportati è necessario acquisire la documentazione disponibile, al fine di certificare le nuove scelte progettuali adottate, i criteri di calcolo e le certificazioni delle caratteristiche di resistenza dei nuovi materiali utilizzati.

Tali documentazioni possono essere racchiuse, nei casi più semplici, in progetti completi di tutta la documentazione necessaria ed utile ad una ricostruzione della cronologia strutturale.

Nei casi più complessi, tale documentazione risulta parziale o addirittura assente. In tal caso la norma vigente, al fine di fronteggiare tali margini di incertezza, prevede l'assunzione di ipotesi di calcolo differenti a seconda appunto dei livelli di conoscenza dell'opera.

La raccolta di tutti i dati sull'evoluzione storica dell'edificio che va dal periodo della costruzione fino all'epoca di effettuazione delle verifiche, assieme ai dati raccolti attraverso il sopralluogo e scaturiti dall'esame visivo, può essere molto utile anche per l'individuazione delle possibili cause di degrado o per la ricostruzione delle cause di aggravamento del danno.

È importante evidenziare come i dati "storici" raccolti debbano essere confermati da riscontri oggettivi attraverso idonee campagne di indagine.

Inoltre, la raccolta dei dati "storici" e l'esame visivo del degrado, pur non portando ad una rapida ed esaustiva diagnosi, consente tuttavia di poter limitare a pochi ma mirati i prelievi da analizzare in laboratorio utili alla conferma o alla modifica delle ipotesi diagnostiche.

#### 4.4.3. Rilievo strutturale ed esami a vista

Acquisite pertanto le documentazioni di progetto originario e quelle relative alle eventuali successive modifiche strutturali, è necessaria l'effettuazione di una campagna di rilievi a vista finalizzati o alla conferma delle previsioni progettuali od alla completa definizione geometrica della struttura e dei suoi singoli elementi strutturali.

Tale rilievo ha una doppia valenza finalizzata in particolare sia alla definizione geometrica della struttura portante che alla caratterizzazione dei materiali costituenti gli elementi strutturali principali e secondari e di quelli non strutturali, quali le tamponature, nel caso di edifici in struttura intelaiata. Tali operazioni rivestono carattere di particolare complessità ove non sia possibile un'indagine approfondita.

Spesso infatti particolari destinazioni d'uso o geometrie complesse o estese rendono difficoltose anche banali attività semi invasive quali la rimozione di intonaci, l'effettuazione di saggi, la determinazione delle geometrie di elementi portanti non facilmente accessibili.

Le tecniche di rilievo a vista supportate da strumentazioni ottiche consentono pertanto operazioni di rilievo a distanza tali da superare alcune delle difficoltà rappresentate.

Il rilievo di tipo geometrico, quindi, può essere completato con metodi di misura tradizionali ampiamente collaudati o facendo uso di tecniche innovative di misurazioni a distanza supportate da tecnologie di elaborazione strumentale e grafica.

Per quanto attiene alle operazioni di rilievo finalizzate all'acquisizione della geometria ed alla consistenza strutturale, possono porsi in essere tecnologie di indagine che fanno uso di strumentazioni a rilievo indiretto quali quelle illustrate nel seguito.

Nelle attività di rilievo rientrano anche le operazioni di analisi e monitoraggio temporale del danno strutturale e del degrado, finalizzate ad individuare sia la reale estensione del danno sia la sua evoluzione ed il suo aggravamento nel tempo.

In particolare, talune tecniche di indagine raggiungono l'obiettivo di valutare la diminuzione dei margini di sicurezza d'uso di una struttura.

Una particolare attenzione deve essere posta verso l'esame a vista della struttura.

Infatti, tale analisi può fornire utili indicazioni circa la raccolta di alcuni elementi indispensabili alla preliminare individuazione delle cause di degrado dei materiali o di aggravamento di stati di danneggiamento preesistenti al rilievo.

L'esame a vista deve essere integrato da una approfondita campagna fotografica dello stato di danno e dei difetti costruttivi eventualmente presenti.

La contemporanea presenza di danno e/o degrado e di difetti costruttivi evidenzia in genere, in presenza di sollecitazioni di progetto o azioni esterne anomale, la causa scatenante o di aggravamento del danno.

#### 4.4.4. Indagini e prove diagnostiche

Per l'individuazione delle proprietà dei materiali esistenti è obbligatoria l'effettuazione di una o più campagne di indagini diagnostiche che prevedano prioritariamente l'esecuzione di prove distruttive.

In particolare, nel caso di prove sui materiali, è possibile sostituire non più del 50% delle previste prove distruttive con prove non distruttive in misura non inferiore a tre per ogni prova distruttiva e da effettuare con modalità singole o combinate da tarare su quelle distruttive.

In particolare, è necessaria l'effettuazione di una campagna di prove di entità tale da rispettare i contenuti minimi previsti dalla normativa vigente e campagne di indagine integrative ogni qualvolta i risultati della prima campagna di indagine risultino fortemente disomogenei.

La tipologia delle prove, in situ ed in laboratorio, varierà in relazione alla tipizzazione strutturale dell'edificio (acciaio, cemento armato, muratura) e potrà prevedere, oltre alle prove di laboratorio, anche prove in situ di tipo invasivo o non invasivo ma in genere a carattere non distruttivo e finalizzate all'ottenimento di informazioni in merito alla presenza di difetti, omogeneità dei materiali, posizionamento delle armature ed evoluzione temporale del danno.

L'esecuzione delle prove in situ nel loro insieme possono essere meglio organizzate non solo dopo aver esaminato l'aspetto visivo del degrado, ma anche dopo aver valutato criticamente i dati "storici".

Prima di procedere al prelievo ed alle relative prove di laboratorio è opportuno valutare l'insieme dei dati emersi nelle fasi precedenti al fine di interpretarli sulla base di tutte le possibili cause di degrado.

Per quanto attiene alle prove di laboratorio occorre particolare attenzione al prelievo dei campioni da effettuare dopo un'attenta valutazione dei risultati ottenuti dalle prove non distruttive, al fine di ottenere una campionatura realmente significativa dell'intera popolazione delle membrature strutturali oggetto di analisi.

#### 4.5. Livelli di conoscenza dello stato attuale dell'edificio



Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza vengono definiti dalla norma i tre seguenti possibili livelli di conoscenza dello stato attuale dell'edificio:

- LC1: conoscenza limitata;
- LC2: conoscenza adeguata;
- LC3: conoscenza accurata.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza dell'edificio nello stato precedente all'effettuazione delle verifiche dei livelli di sicurezza sono i seguenti:

- A) geometria: caratteristiche geometriche degli elementi strutturali;
- B) dettagli strutturali: quantità e disposizione delle armature (c.a.), collegamenti (acciaio), collegamenti tra elementi strutturali diversi (muratura), consistenza degli elementi non strutturali collaboranti;
- C) materiali: proprietà meccaniche dei materiali costituenti l'organismo strutturale principale e secondario.

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi, i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali.

#### 5. VERIFICHE DI STABILITÀ DI PARTI NON STRUTTURALI ED IMPIANTI ESISTENTI

Le verifiche tecniche devono comprendere valutazioni in merito alla stabilità di parti non strutturali ed impianti in considerazione che a causa di eventuali danni anche lievi può risultare compromessa la loro funzionalità, e conseguentemente essere messa a rischio la vita degli occupanti o possono essere prodotti danni a persone e beni contenuti nell'edificio.

Rimane necessaria una preliminare analisi storica ed un rilievo dettagliato finalizzato alla verifica dei sistemi di fissaggio e/o di ammortamento alle strutture principali, le verifiche tecniche da eseguire sono finalizzate a controllare l'integrità di tali parti ed in particolare:

- tutti gli elementi costruttivi senza funzione strutturale, (tamponature, sovrastrutture, controsoffitti, etc.) il cui danneggiamento può provocare danni a persone, devono in generale essere verificati all'azione sismica, insieme alle loro connessioni alla struttura. L'effetto dell'azione sismica potrà essere valutato considerando una forza ( $F_a$ ) applicata al baricentro dell'elemento non strutturale. Gli effetti dei tamponamenti sulla risposta sismica vanno considerati nei modi e nei limiti descritti per ciascun tipo costruttivo;
- per tutti gli elementi strutturali che sostengono e collegano tra loro ed alla struttura principale i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, l'effetto dell'azione sismica potrà essere valutata considerando una forza ( $F_a$ ) applicata al baricentro di ciascuno degli elementi funzionali componenti l'impianto;
- la progettazione degli elementi strutturali che sostengono e collegano i diversi elementi funzionali, costituenti l'impianto tra loro ed alla struttura principale, dovrà seguire le stesse regole adottate per gli elementi strutturali degli edifici;
- gli eventuali componenti fragili dovranno essere progettati per avere resistenza allo snervamento doppia rispetto quella degli eventuali elementi duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella risultante da un'analisi eseguita con un coefficiente di struttura pari ad 1;
- gli impianti non dovranno poi essere vincolati all'edificio contando sul solo effetto dell'attrito;
- dovranno essere soggetti a verifica sia i dispositivi di vincolo che gli elementi strutturali o non strutturali cui gli impianti sono fissati;
- gli impianti potranno essere collegati all'edificio con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili; gli impianti a dispositivi di vincolo flessibili sono quelli che hanno periodo di vibrazione  $T \leq 0,1$  s. Se si adottano dispositivi di vincolo flessibili i collegamenti di servizio dell'impianto dovranno essere flessibili e non dovranno far parte del meccanismo di vincolo;
- impianti a gas dimensionati per un consumo superiore ai 50 m<sup>3</sup>/h dovranno essere dotati di valvole per l'interruzione automatica della distribuzione in caso di terremoto;
- i tubi per la fornitura del gas, al passaggio dal terreno all'edificio, dovranno essere progettati per sopportare senza rotture i massimi spostamenti relativi edificio-terreno dovuti all'azione sismica di progetto;
- i corpi illuminanti dovranno essere dotati di dispositivi di sostegno tali da impedirne il distacco in caso di terremoto; in particolare, se montati su controsoffitti sospesi, dovranno essere efficacemente ancorati ai sostegni longitudinali o trasversali del controsoffitto e non direttamente ad esso.

E' necessario, infine, precisare che, per ciascun elemento di un impianto che ecceda il 30% del carico permanente totale del solaio su cui è collocato o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura, non è possibile applicare le indicazioni fin qui riportate ma è necessario effettuare uno specifico studio.

Tutti gli elementi costruttivi senza funzione strutturale, il cui danneggiamento può provocare danni a persone, dovranno in generale essere verificati all'azione sismica, insieme alle loro connessioni alla struttura.

L'effetto dell'azione sismica potrà essere valutato, salvo più accurate determinazioni, considerando un sistema di forze proporzionali alle masse (concentrate o distribuite) dell'elemento non strutturale, la cui forza risultante ( $F_a$ ) valutata al baricentro dell'elemento non strutturale.

E' in generale necessario considerare:

- le conseguenze di possibili irregolarità in pianta o in altezza provocate dalla disposizione dei tamponamenti;
- gli effetti locali dovuti all'interazione tra telai e tamponamenti.

#### 5.1. Irregolarità provocate dai tamponamenti

Qualora la distribuzione dei tamponamenti sia fortemente irregolare in pianta, gli effetti sulla distribuzione delle forze equivalenti al sisma dovranno essere valutati e tenuti in conto.

Questo requisito si intende soddisfatto incrementando l'eccentricità accidentale di un fattore 2 come previsto dalle norme tecniche vigenti.

Qualora la distribuzione dei tamponamenti sia fortemente irregolare in altezza, la possibilità di forti concentrazioni di danno ai piani con significativa riduzione dei tamponamenti dovrà essere considerata.

Questo requisito si intende soddisfatto incrementando le azioni di calcolo per gli elementi verticali (pilastri e pareti) dei piani con riduzione dei tamponamenti di un fattore 1.4, come previsto dalle norme tecniche vigenti.

#### 5.2. Effetti locali

Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, gli sforzi di taglio da considerare per la parte del pilastro priva di tamponamento dovranno essere tenuti in conto utilizzando le indicazioni previste dalle norme tecniche vigenti.

Nel caso in cui l'altezza della zona priva di tamponamento fosse inferiore a 1.5 volte la profondità del pilastro, potrà essere previsto l'utilizzo di armature bi-diagonali.

#### 5.3. Limitazioni dei danni ai tamponamenti

In zone sismiche 1, 2 e 3, oltre alle verifiche riportate, dovranno essere adottate idonee misure atte ad evitare collassi fragili e prematuri dei pannelli di tamponamento esterno e la possibile espulsione di elementi di muratura in direzione perpendicolare al piano del pannello.

Al fine di ridurre il rischio di tale modalità di collasso, potrà essere previsto l'inserimento di leggere reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate tra loro a distanza non superiore a 500 mm. sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale, ovvero l'inserimento di elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500 mm. o la collocazione di appositi connettori assolvanti ad analoghe funzioni di irrigidimento ed ammorsamento.

In alternativa potranno prevedersi appositi interventi rivolti alla separazione dei pannelli murari dalla struttura principale e ad essa collegati da appositi connettori che svolgano funzione di dissipatori ed isolatori.

In strutture a destinazione strategica, ove stati di danno anche lievi dei pannelli murari possono compromettere la funzionalità di servizi, reti o impianti, le relative connessioni e condutture dovranno essere isolate con apposite tecniche costruttive finalizzate a garantirne l'efficienza anche a seguito di evento sismico di limitata energia.

## 6. TIPOLOGIE EDILIZIE REGIONALI

Le particolari peculiarità del patrimonio edilizio regionale, le caratteristiche costruttive e le modalità di posa in opera di materiali utilizzate in epoche storiche diverse diversificano le caratteristiche di resistenza dei materiali esistenti e la risposta al sisma degli organismi strutturali esistenti caratterizzati da destinazioni d'uso che ne configurino la caratterizzazione come edificio strategico o rilevante.

In allegato ai presenti indirizzi regionali vengono riportati gli elenchi tipologici, non esaustivi delle tipologie edilizie regionali.

Nelle more della definizione, con successivo provvedimento, delle caratteristiche meccaniche delle murature associate alle allegate varietà tipologiche si farà riferimento, per l'effettuazione delle verifiche tecniche su strutture strategiche e rilevanti o in generale su edifici esistenti, ai valori di riferimento dei parametri meccanici contenuti nelle norme tecniche vigenti.

#### 7. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Le normative nazionali di riferimento, per l'effettuazione delle verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica di strutture esistenti e per la progettazione di interventi strutturali in zona sismica, vengono riepilogate nel seguito:

- decreto legislativo n. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio";
- decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 21 ottobre 2003;
- ordinanza n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni;
- circolare dell'Assessorato dei beni culturali ed ambientali e della pubblica istruzione dell'8 novembre 2002. Istruzioni generali per la redazione dei progetti di restauro nei beni architettonici di valore storico artistico in zona sismica;
- norme tecniche per le costruzioni in zona sismica e relativi decreti ministeriali attuativi;
- decreto ministeriale 14 settembre 2005: Norme tecniche per le costruzioni.