

## **Allegato 2**

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.

### **1. Premessa.**

L'ordinanza n. 3274/2003 prevede l'avvio di una valutazione dello stato di sicurezza nei confronti dell'azione sismica, da effettuarsi nei prossimi 5 anni, che dovrebbe interessare:

- a) gli edifici di interesse strategico e le opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile;
- b) gli edifici e le 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 elencate nel precedente allegato 1.

L'insieme delle tipologie individuate porta a descrivere in termini molto ampi il patrimonio edilizio sul quale dovranno essere effettuate le verifiche e induce a definire possibili schemi tecnici di riferimento per le verifiche da effettuare in termini tali da coniugare nella maniera più efficace possibile le esigenze di ottenere verifiche tempestive, di semplice attuazione, di contenuto impatto finanziario e di risultati significativi per quanto attiene alla valutazione del livello di sicurezza, tenendo conto delle diverse situazioni di esposizione.

Sulla base di quanto sopra, la sezione rischio sismico della Commissione nazionale grandi rischi ha approvato, nella seduta del 30 luglio 2003, un documento con il quale vengono, tra l'altro, fornite indicazioni utilmente applicabili per la realizzazione delle predette verifiche. Il suddetto documento, i cui contenuti sono stati condivisi dal Dipartimento della protezione civile che li fa ora propri per la parte di interesse con il presente atto, definisce tre livelli di acquisizione dati e di verifica, da utilizzare in funzione del livello di priorità e delle caratteristiche dell'edificio o dell'opera in esame.

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.

Si sottolinea il carattere di rilevazione statistica di questo livello di verifica, che esclude la possibilità di utilizzare i dati in modo puntuale per valutazioni di vulnerabilità di singole strutture.

I livelli successivi (livello 1 e livello 2) si riferiscono alle categorie di opere ad elevata priorità, coerentemente con quanto indicato nell'ordinanza n. 3274 (i.e. collocate in zona sismica 1 e 2 e progettate in epoca antecedente rispetto alla classificazione del territorio del comune nella zona attuale), pur essendo ovviamente applicabili a qualsiasi edificio o opera indipendentemente dal fatto che presenti o meno tali caratteristiche.

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

## 2. Livello 0.

Al livello 0 e' prevista la sola acquisizione dei seguenti dati sommari:

- 1) denominazione dell'opera;
- 2) proprietario;
- 3) utilizzatore;
- 4) classificazione ai sensi degli elenchi di cui all'allegato 1;
- 5) coordinate geografiche;
- 6) dati dimensionali (per edifici: superficie coperta, volumetria e numero di piani; per ponti: lunghezza totale e numero di campate);
- 7) anno di progettazione;
- 8) anno di ultimazione della costruzione;
- 9) anno di effettuazione di eventuali interventi di modifica sostanziale;
- 10) materiale strutturale principale della struttura verticale;
- 11) dati di esposizione (per edifici: numero di persone mediamente presenti durante la fruizione ordinaria dell'opera; per ponti: numero di autoveicoli transitanti nelle ore di traffico intenso);
- 12) dati geomorfologici (pendenza del terreno, presenza di dirupi o creste, presenza di corpi franosi).

Tutte le opere dovranno quindi essere collocate geograficamente in relazione ad una mappa di pericolosità, in funzione delle quattro zone sismiche definite dalle norme, o in relazione a mappe più fini, con passo 0,025 g per l'accelerazione attesa al suolo con probabilità di eccedenza 10% in 50 anni o a specifici studi di pericolosità eventualmente disponibili.

Dovranno pertanto essere indicate:

- 13) PGA con probabilità di eccedenza 10% in 50 anni;
- 14) PGA con probabilità di eccedenza 50% in 50 anni.

Le date di progettazione e costruzione dovranno essere confrontate con la classificazione dell'epoca e con la classificazione attuale, effettuando un primo screening di rischio, con pura valenza statistica.

### 3. Livelli 1 e 2 (edifici).

Su ciascun edificio andranno effettuati sopralluoghi volti alla conoscenza ed al rilievo della struttura. Andranno inoltre raccolte tutte le informazioni e la documentazione disponibile sul sito di costruzione, sull'epoca di costruzione e sulle trasformazioni (sopraelevazioni, ampliamenti, modifiche strutturali) e gli interventi subiti dalla struttura.

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

Un edificio con fondazioni approssimativamente allo stesso livello e che non abbia subito trasformazioni, sarà considerato regolare se rispetta i requisiti indicati al punto 4.3.1 delle norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici, di cui all'ordinanza n. 3274/2003, con la sola eccezione del punto g), per il quale non è richiesto il controllo ai fini delle verifiche di cui al presente documento.

È essenziale ai fini delle verifiche da effettuare riconoscere la regolarità di un edificio. In tutti i casi quindi (indipendentemente dal livello 1 o 2 di verifica) devono essere raccolti ed indicati i dati di risposta alle seguenti domande:

- a) la configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze? (SI/NO);
- b) qual è il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio risulta inscritto? (max 4); c) qual è il massimo valore di rientri o sporgenze espresso in percentuale della dimensione totale dell'edificio nella direzione del rientro o della sporgenza? (max 25%);
- d) i solai possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali? (SI/NO);
- e) qual è la minima estensione verticale di un elemento resistente dell'edificio (quali telai e pareti) espressa in percentuale dell'altezza dell'edificio? (min 100%);
- f) quali sono le massime variazioni da un piano all'altro di massa e rigidezza espresse in percentuale della massa e della rigidezza del piano contiguo con valori più elevati? (max 20%);
- g) quali sono i massimi restringimenti della sezione dell'edificio, in percentuale alla dimensione corrispondente al primo piano, ed a quella corrispondente al piano immediatamente sottostante? (max 30 %, max 10%);
- h) sono presenti elementi non strutturali particolarmente vulnerabili o in grado di influire negativamente sulla risposta della struttura (e.g. tamponamenti rigidi distribuiti in modo irregolare in pianta o in elevazione, camini o parapetti di grandi dimensioni in muratura)? (SI/NO).

### **3.1. Livello 1.**

L'obiettivo minimo da perseguire e' la definizione di tre livelli di accelerazione al suolo, corrispondenti ai tre stati limite definiti al punto 11.2 delle citate norme tecniche, e dei loro rapporti con le accelerazioni attese con probabilita' 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.

E' richiesta l'attribuzione ad una delle categorie di suolo descritte nelle norme tecniche, sulla base di studi esistenti e delle carte geologiche disponibili, senza obbligatoriamente ricorrere a prove sperimentali di caratterizzazione del terreno.

E' consentito un livello di conoscenza limitato (LC1 secondo le norme).

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

#### **3.1.1. Edifici in c.a.**

Si procedera' alle verifiche ricorrendo al livello di conoscenza limitata ai sensi del punto 11.2.3.3 delle norme.

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

Si ricorrera' 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'eccentricita' accidentale indicata dalle norme.

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza secante a snervamento. In caso non siano effettuate valutazioni specifiche e' consentito valutare la rigidezza flessionale degli elementi pari alla meta' della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate per ciascun elemento strutturale secondo quanto indicato ai punti 11.2.6.1 e 11.3.3 delle norme.

In particolare si procedera' come segue:

- 1) si effettuera' 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 per travi, pilastri e pareti, a trazione e compressione per i nodi non confinati);
- 3) si calcoleranno per ogni piano i valori di rotazione rispetto alla corda in condizioni di collasso, di danno severo e di danno limitato (punto 11.3.3.1);
- 4) si calcolera' 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 calcolera' il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della rotazione di danno severo ad un piano (PGADS);
- 6) si calcolera' il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della rotazione di snervamento ad un piano (PGADL).

### **3.1.2. Edifici in muratura.**

Si procedera' alle verifiche ricorrendo a rilievo sommario e a verifiche in situ limitate (punto 11.5.2 delle norme).

Dovranno in particolare essere verificati i dettagli costruttivi descritti al punto 11.5.2.2 delle norme, indicando in modo esplicito l'eventuale non rispondenza di uno dei punti da a) ad e).

Si verifichera' preliminarmente l'eventuale rispondenza alla definizione di edificio semplice (punti 8.1.10 e 11.5.9 delle norme).

Si ricorrera' all'analisi lineare statica, pur essendo ovviamente consentito utilizzare l'analisi lineare dinamica, secondo quanto descritto al punto 8.1.5.2 delle norme.

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

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza fessurata, considerando la deformabilita' a taglio e a flessione. In caso non siano effettuate valutazioni specifiche e' consentito valutare la rigidezza degli elementi pari alla meta' della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate per ciascun elemento strutturale secondo quanto indicato ai punti 8.1.6 e 8.2.2 delle norme.

In particolare si procedera' come segue:

- 1) si effettuera' 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 (punto 4.11.2), ed ultimo, in funzione della modalita' di collasso (punti 8.2.2.1 e 8.2.2.2);
- 4) si calcolera' il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della deformazione ultima nel piano o della resistenza fuori piano in un pannello (PGADS);
- 5) si calcolera' il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della resistenza nel piano o della deformazione di danno in un pannello (PGADL).

### **3.2. Livello 2.**

L'obiettivo da perseguire e' la definizione di una curva di capacita' globale forza-spostamento, con la conseguente definizione dei tre livelli di accelerazione al suolo, corrispondenti ai tre stati limite definiti dalle norme al punto 11.2, e dei loro rapporti con le accelerazioni attese con probabilita' 2%, 10% e 50% in 50 anni.

E' richiesto un livello di conoscenza approfondito (LC2 o LC3 secondo le norme).

E' richiesta la determinazione della categoria di suolo tramite prove in-situ (almeno SPT).

E' in generale richiesta l'analisi statica non lineare secondo quanto previsto al punto 4.5.4 delle norme, con le variazioni specificate per le diverse tipologie strutturali; il ricorso all'analisi lineare e' consentito alle condizioni descritte al punto 11.2.5.4 delle norme, ovvero quando il

rapporto domanda/capacita' e' uniforme per i diversi elementi, quando la domanda e' contenuta entro limiti accettabili per ogni elemento e quando i collassi di tipo fragile sono impediti.

Il livello 2 si applica ad edifici ed opere ad alta priorita', in tutti i casi in cui non e' prevista la possibilita' di limitarsi al livello 1. Prima di procedere a verifiche di livello 2 e' comunque necessario procedere a verifiche di livello 1, almeno per quanto riguarda l'effettuazione di analisi lineari.

### **3.2.1. Edifici in c.a.**

E' consentito considerare separatamente le azioni nelle due direzioni principali, utilizzando i metodi di combinazione di cui al punto 4.6 delle norme, ma il modello dell'edificio deve essere tridimensionale.

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza secante a snervamento. In caso non siano effettuate valutazioni specifiche e' consentito valutare la rigidezza flessionale degli elementi pari alla meta' della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

Si procedera' secondo quanto indicato al punto 4.5.4 delle norme, utilizzando le distribuzioni alternative delle forze indicate al punto 4.5.4.2., ovvero ricorrendo ai metodi evolutivi di cui al punto 4.5.4.1.

Per ogni elemento si calcoleranno i valori di resistenza a (flessione e a taglio per travi, pilastri e pareti, a trazione e compressione per i nodi non confinati).

Per ogni piano si calcoleranno i valori di rotazione rispetto alla corda in condizioni di collasso, di danno severo e di danno limitato (punto 11.3.3.1).

Sulla curva generalizzata forza-spostamento dovranno essere identificati i punti corrispondenti alle seguenti situazioni:

- 1) 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);
- 2) il raggiungimento della rotazione di danno severo ad un piano (stato limite di danno severo - DS);
- 3) il raggiungimento della rotazione di snervamento ad un piano (stato limite di danno lieve - DL).

La curva di capacita' dovra' essere confrontata con opportuni spettri di risposta elastica, eventualmente corretti con un valore appropriato del fattore  $\eta$  in funzione delle capacita' dissipative corrispondenti a ciascun stato limite.

L'intersezione della curva di capacita' con gli spettri consentira' di calcolare i valori di accelerazione al suolo corrispondenti ai tre stati limite di interesse (PGACO, PGADS, PGADL).

### **3.2.2. Edifici in muratura.**

Si procedera' alle verifiche ricorrendo a rilievo completo e verifiche in situ estese (punto 11.5.2 delle norme).

Dovranno comunque essere verificati i dettagli costruttivi descritti al punto 11.5.2.2, indicando in modo esplicito l'eventuale non rispondenza di uno dei punti da a) ad e).

Si ricorrerà all'analisi non lineare statica, secondo quanto descritto al punto 8.1.5.4 delle norme, al fine di produrre una curva di capacità globale forza-spostamento.

È consentito considerare separatamente le azioni nelle due direzioni principali, utilizzando i metodi di combinazione di cui al punto 4.6 delle norme, ma il modello dell'edificio deve essere tridimensionale.

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza fessurata, considerando la 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 del fattore  $\eta$  in funzione delle capacità dissipative corrispondenti a ciascun stato limite, con riferimento ai valori di spostamento definiti al punto 8.1.5.4 delle norme.

L'intersezione della curva di capacità con gli spettri in spostamento definiti al punto 8.1.6 consentirà di calcolare i valori di accelerazione al suolo corrispondenti agli stati limite di interesse (PGADS, PGADL).

#### **4. Ponti.**

Le norme non descrivono esplicitamente le procedure da utilizzare per la verifica dei ponti esistenti. Tuttavia le procedure indicate per gli edifici in c.a. possono facilmente essere estese al caso dei ponti, tenendo conto della specificità delle strutture.

Una definizione dei limiti entro i quali possono essere applicate procedure semplificate (di livello 1) può essere effettuata con riferimento a numerosi studi disponibili in letteratura, dove si definisce il concetto di regolarità per ponti e viadotti.