

**DECRETO MINISTRO DEI LAVORI PUBBLICI 24
GENNAIO 1986**

**Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche.
(G.U. 12-5-1986, n. 108)**

Art. 1.

Sono approvate le allegate norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, ad integrale sostituzione di quelle di cui ai precedenti decreti 19-6-1984 e 29-1-1985.

Art. 2 -*omissis*-

**NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN
ZONE SISMICHE**

A. Disposizioni generali.

**A.1. OGGETTO DELLE NORME -
CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE SISMICHE**

Le presenti norme tecniche disciplinano tutte le costruzioni la cui sicurezza possa comunque interessare la pubblica incolumità, da realizzarsi in zone dichiarate sismiche ai sensi del secondo comma **dell'art. 3 della legge 2-2-1974, n. 64**, ferma restando l'applicazione delle norme di cui all'art. 1 della legge stessa.

Il grado di sismicità delle diverse zone da assumere per la determinazione delle azioni sismiche, e di quant'altro specificato nelle presenti norme tecniche, risulta dall'apposito decreto interministeriale.

Per tutte le costruzioni di cui all'art. 3 della legge 2-2-1974, n. 64, valgono i criteri generali di progettazione riportati nella sezione B. Per gli edifici e per le opere di sostegno dei terreni valgono le disposizioni particolari riportate rispettivamente nelle sezioni C e D.

**A.2. TERRENI DI FONDAZIONE E RELATIVE
PRESCRIZIONI GENERALI**

I fattori influenzanti il comportamento delle fondazioni dovranno essere individuati e valutati in conformità di quanto stabilito dalle disposizioni vigenti ed in particolare dal **Decreto Ministeriale 21-1-1981** (*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*).

In particolare per le costruzioni su pendii devono essere eseguite le opportune indagini convenientemente estese al di fuori dell'area edificatoria per rilevare tutti i fattori occorrenti alla valutazione delle condizioni di stabilità dei pendii medesimi.

Dovranno inoltre essere eseguite indagini specifiche per tener conto in modo adeguato alle esigenze costruttive nell'eventualità che possano verificarsi nel sottosuolo dell'opera od in zone ad esse adiacenti fenomeni di liquefazione

Riferimenti

Art. 3. della legge 2-2-1974, n. 64

Opere disciplinate e gradi di sismicità -Tutte le costruzioni la cui sicurezza possa comunque interessare la pubblica incolumità, da realizzarsi in zone dichiarate sismiche .

C.M. dei L.L.P.P. n.27690

Analogamente, qualora il progettista non ne ravvisi la necessità, non dovranno necessariamente essere rispettate le prescrizioni di cui al punto C.6.4. relative alle fondazioni.

C.6.4 Fondazioni.

valgono per le fondazioni le prescrizioni riportate nei punti A.2 e B.10.

A.2. Terreni di fondazione e relative prescrizioni generali.

I risultati di tali accertamenti dovranno essere illustrati nella relazione sulle fondazioni di cui al quarto comma dell'art. 17 della legge 2-2-1974, n. 64.

B. Criteri generali di progettazione.

B.1. DISPOSIZIONI PRELIMINARI

Le sollecitazioni provocate dalle azioni sismiche orizzontali o verticali devono essere valutate convenzionalmente mediante una analisi statica ovvero mediante una analisi dinamica, seguendo i criteri generali contenuti nella presente sezione B.

Si potranno, in alternativa, eseguire analisi più approfondite fondate su una opportuna e motivata scelta di un «terremoto di progetto» e su procedimenti di calcolo basati su ipotesi e su risultati sperimentali chiaramente comprovati.

B.2. DIREZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI DELLE ACCELERAZIONI DEL TERRENO DURANTE IL SISMA

Si assumerà che il moto del terreno possa avvenire non contemporaneamente, in due qualsiasi direzioni orizzontali ortogonali prefissate dal progettista.

B.3. MASSE STRUTTURALI

Le masse delle strutture sottoposte al moto impresso dal sisma sono quelle del peso proprio e dei sovraccarichi permanenti nonché di un'aliquota dei sovraccarichi accidentali.

Per i casi non contemplati nelle sezioni C e D, i sovraccarichi accidentali devono considerarsi presenti, in occasione del sisma, per una aliquota del valore massimo ad essi assegnato nel calcolo statico di esercizio da valutare attraverso considerazioni statistiche.

Per i serbatoi, i contenitori, e le costruzioni o elementi di costruzione ad essi assimilati il peso del contenuto deve essere considerato totalmente presente.

B.4. COEFFICIENTE DI RISPOSTA E DI PROTEZIONE SISMICA

B.4. 1. Coefficiente di risposta.

Si assume come coefficiente di risposta R della struttura una funzione del periodo fondamentale T_0 , della stessa, per oscillazioni nella direzione considerata:

- per $T_0 > 0,8$ secondi $R = 0,862 / T_0^{2/3}$
- per $T_0 \leq 0,8$ secondi $R = 1,0$

Se il periodo T_0 non viene determinato si assumerà $R =$

art. 17 della legge 2-2-1974, n. 64.

al progetto deve inoltre essere allegata una relazione sulla fondazione, nella quale dovranno illustrarsi i criteri adottati nella scelta del tipo di fondazione, le ipotesi assunte, i calcoli svolti nei riguardi del complesso terreno/opera di fondazione.

1,0.

B.4.2. Coefficiente di protezione sismica.

Per le opere la cui resistenza al sisma sia di importanza primaria per le necessità della protezione civile, per il coefficiente di protezione sismica si assume: **I = 1,4.**

Per le opere che presentano un particolare rischio per le loro caratteristiche d'uso, si assume: **I = 1,2.**

Per le opere che non rientrano nelle categorie precedenti, si assume: **I = 1,0.**

Il coefficiente di protezione sismica sarà applicato sia alle azioni orizzontali che a quelle verticali.

B.5. ANALISI STATICA

Gli effetti sismici possono essere valutati mediante analisi statica delle strutture soggette a:

a) un sistema di forze orizzontali parallele alle direzioni ipotizzate per il sisma; la risultante di tali forze viene valutata con l'espressione:

$$F_h = C \cdot R \cdot I \cdot W$$

essendo:

C = S-2/100 il coefficiente di intensità sismica;

S = il grado di sismicità ($S \geq 2$);

R = il coefficiente di risposta relativo alla direzione considerata;

I = il coefficiente di protezione sismica;

W = il peso complessivo delle masse strutturali.

qualora la costruzione non rientri nei casi contemplati nelle sezioni C e D, la forza complessiva F_h deve considerarsi distribuita sulla struttura proporzionalmente alle singole masse presenti;

b) un sistema di forze verticali, distribuite sulla struttura proporzionalmente alle masse presenti, la cui risultante sarà:

$$F_h = m \cdot C \cdot I \cdot W$$

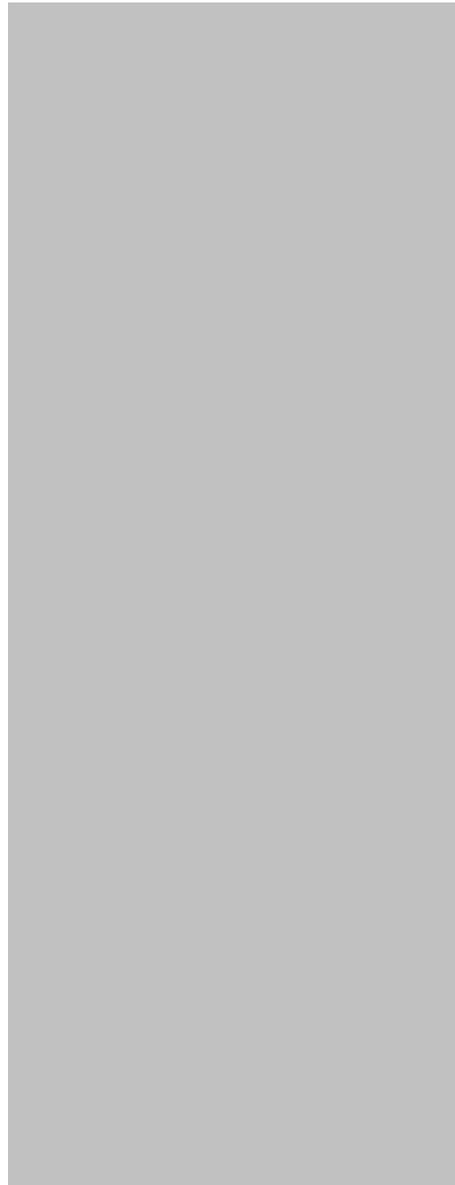
nella quale è, in genere, $m = 2$, salvo quanto precisato

nelle norme tecniche proprie di opere particolari.

Indicando con α_h e h_h rispettivamente le sollecitazioni (momento flettente, forza assiale, forza di taglio e momento torcente) e gli spostamento prodotti dal sisma di forze orizzontali e con α_v e h_v , le sollecitazioni e gli spostamento prodotti dal sisma di forze verticali la singola componente di sollecitazione a e la singola componente di spostamento η risultano:

$$\alpha = \sqrt{\alpha_h^2 + \alpha_v^2} \quad \eta = \sqrt{\eta_h^2 + \eta_v^2} \quad (1)$$

L'analisi statica degli effetti sismici si può adottare per le costruzioni la cui struttura portante abbia uno schema statico semplice nei riguardi del suo comportamento sotto l'azione sismica, e che non presenti elementi spingenti o di luce notevole.



B.6. ANALISI DINAMICA

Gli effetti sismici possono essere valutati mediante un'analisi dinamica della struttura considerata in campo elastico lineare. Questa può essere eseguita con il metodo dell'analisi modale adottando per lo spettro di risposta, in termini di accelerazione, l'espressione:

$$a/g = C \cdot I \cdot R$$

dove:

- a è l'accelerazione spettrale;
- g è l'accelerazione di gravità;
- I è il coefficiente di protezione sismica;
- R è la funzione del periodo di vibrazione definito così come al punto B.4. per le accelerazioni orizzontali, mentre è $R=1$ per le accelerazioni verticali.

L'analisi modale deve tenere conto almeno dei primi tre modi di vibrazione. Se la struttura presenta gruppi di modi indipendenti, il numero di modi considerati deve essere adeguatamente aumentato di conseguenza.

Per ciascuna eccitazione (orizzontale oppure verticale), indicando con α_i e η_i rispettivamente le sollecitazioni e gli spostamenti relativi al modo i -esimo, le sollecitazioni e gli spostamenti complessivi si calcolano con le espressioni:

$$\alpha = \sqrt{\sum \alpha_i^2} \quad \eta = \sqrt{\sum \eta_i^2} \quad (2)$$

La sovrapposizione degli effetti dovuti alle diverse eccitazioni si esegue con le (1).

B.7. VERIFICHE

Tutte le costruzioni in zone dichiarate sismiche, oltre ad essere verificate secondo le prescrizioni contenute nelle norme vigenti per le zone non sismiche, devono soddisfare le verifiche sismiche, che consistono nel controllo delle tensioni secondo il metodo delle tensioni ammissibili e, se necessario, dell'entità degli spostamenti. Tali verifiche si devono eseguire secondo quanto indicato nei successivi punti B.8, B.9, B. 10.

B.8. TENSIONI

Siano α le sollecitazioni dovute al sisma ed α_p quelle dovute alle altre azioni agenti contemporaneamente, escluso il vento.

Le tensioni dovute alle sollecitazioni $\alpha_p \pm \alpha$ devono rimanere entro i limiti prescritti dalle norme vigenti per i materiali impiegati, facendo riferimento, quando siano previste in dette norme, a condizioni di carico eccezionale.

B.9. SPOSTAMENTI

Le deformazioni di una struttura soggetta alle azioni del sisma più gravoso cui, essa deve resistere, sono in realtà notevolmente superiori a quelle elastiche corrispondenti alle sollecitazioni $\alpha_p \pm \alpha$ che derivano dal calcolo convenzionale statico o dinamico sopra prescritto, cosicché la struttura esce, in generale, dal campo elastico lineare.

Quando non si eseguano analisi più accurate, basate su un'opportuna e motivata scelta di un « terremoto di progetto » e sul comportamento non lineare della struttura, la previsione degli spostamento può essere fatta convenzionalmente nel modo seguente. Siano η gli spostamenti elastici dovuti al sisma, valutati h come indicato al punto B.5 oppure al punto B.6; siano η_p , gli spostamento elastici dovuti alle altre azioni, escluso il vento.

Gli spostamento reali η_r , si definiscono:

$$\eta_r = \eta_p \pm \phi \eta$$

dove $\phi = 6$ se gli η sono calcolati come in B.5 mentre $\phi = 4$ se gli η sono calcolati con analisi dinamica.

Gli spostamento così valutati non devono compromettere il mantenimento delle connessioni né dar luogo a martellamenti fra strutture indipendenti adiacenti.

Qualora una connessione sia affidata all'attrito, essa dovrà essere oggetto di particolari controlli da studiare caso per caso, onde verificare che eventuali scorrimenti non producano effetti dannosi.

B.10. FONDAZIONI

Il piano di posa delle fondazioni deve essere spinto in profondità in modo da non ricadere in zone ove risultino apprezzabili le variazioni stagionali del contenuto naturale d'acqua.

La fondazione studiata, in relazione alle caratteristiche dei terreni e del manufatto, deve soddisfare le seguenti prescrizioni:

a) le strutture di fondazione devono essere collegate tra loro da un reticolo di travi; tali collegamenti devono essere proporzionati in modo che siano in grado di sopportare una forza assiale di trazione o di compressione pari ad un decimo del maggiore dei carichi verticali presenti alle due estremità del collegamento stesso. E' consentito omettere tali collegamenti purché la struttura sovrastante venga verificata per uno spostamento relativo dei punti tra i quali viene ommesso il collegamento. Una valutazione di minimo per tale spostamento relativo, valida per terreni che presentino caratteristiche geotecniche uniformi, è data dalla relazione:

$$\delta l = \frac{L}{1000}$$

dove:

- L è la distanza tra i punti in esame;
- δl è lo spostamento, con minimo di 2 centimetri;

b) nelle fondazioni su pali questi devono avere una armatura calcolata

per la relativa componente sismica orizzontale ed estesa a tutta la lunghezza

ed efficacemente collegata a quella della struttura sovrastante.

I calcoli di stabilità del complesso terreno-opera di fondazione vanno eseguiti con i metodi e i procedimenti della geotecnica, tenendo conto della sollecitazione $\alpha_p \pm \alpha$ che la struttura trasmette alle fondazioni.

C. Edifici.

C.1. SISTEMI COSTRUTTIVI

Gli edifici possono essere costruiti con:

- a) struttura in muratura;
- b) struttura intelaiata in cemento armato normale o precompresso, acciaio o sistemi combinati dei predetti materiali;
- c) struttura a pannelli portanti, intendendosi per tale

C.M.L.L.P.P. n.27690

Analogamente, qualora il progettista non ne ravvisi la necessità, non dovranno necessariamente essere rispettate le prescrizioni di cui al punto C.6.4. relative alle fondazioni.

C.6.4 Fondazioni.

valgono per le fondazioni le prescrizioni riportate nei punti A.2 e B.10.

B.10. Fondazioni

quella realizzata in tutto o in parte con pannelli aventi funzione portante, prefabbricati o costruiti in opera. I pannelli possono essere costituiti da conglomerato cementizio armato o parzialmente armato, o da muratura armata;

d) struttura in legname.

C.2. ALTEZZA MASSIMA

DEI NUOVI EDIFICI

Per ogni fronte esterno l'altezza dei nuovi edifici, rappresentata dalla massima differenza di livello fra quello del piano di copertura più elevato ed il terreno, ovvero, ove esista, il piano stradale o del marciapiede nelle immediate vicinanze degli edifici stessi, non può superare nelle strade e nei terreni in piano, i limiti riportati dalla tabella 1.

Nel caso di copertura a tetto detta altezza va misurata dalla quota d'imposta della falda e, per falde con imposte a quote diverse, dalla quota d'imposta della più alta.

Sono esclusi dal computo delle altezze gli eventuali torrioni delle scale e degli ascensori.

Nel caso che gli edifici abbiano un piano cantinato o seminterrato, la differenza di livello (misurata sulla stessa verticale) tra il piano più elevato di copertura (o la quota di imposta delle falde) e quello di estradosso delle strutture di fondazione, può eccedere di non più di 4 metri i limiti stabiliti nella precedente tabella 1.

Nelle strade o nei terreni in pendio le altezze massime di cui alla precedente tabella possono essere incrementate di metri 1,50 purché la media generale delle altezze di tutte le fronti rientri nei limiti stabiliti nella tabella stessa.

Per le costruzioni in legname è ammessa la realizzazione di uno zoccolo in muratura e malta cementizia o in calcestruzzo semplice o armato la cui altezza non potrà superare i 4 metri. In tal caso i limiti di cui alla precedente tabella 1 vanno riferiti alla sola parte in legname.

C.3. LIMITAZIONE DELLE ALTEZZE IN FUNZIONE DELLA LARCHEZZA STRADALE

C.M.L.L.P.P. n.27690

In particolare, potranno essere mantenute le volumetrie e le altezze esistenti anche se queste non rispettano le limitazioni indicate ai punti C.2 e C.3. delle stesse norme.

Quando un edificio, con più di due piani in elevazione e/o di altezza massima superiore a m 7,00 misurata con i criteri di cui al precedente punto C.2., con qualsivoglia struttura sia costruito, prospetta su spazi nei quali sono comprese o previste strade, fermi restando i limiti fissati nel precedente punto C.2. e fatte salve le eventuali maggiori limitazioni previste nei regolamenti locali e nelle norme di attuazione degli strumenti urbanistici, la minima distanza fra il contorno dell'edificio ed il ciglio opposto della strada, compresa la carreggiata, non deve essere inferiore a dieci metri nelle zone con grado di sismicità $S = 12$ e $S = 9$; l'altezza massima dell'edificio misurata come indicato nel precedente punto C.2., per ciascun fronte dell'edificio stesso, non deve essere superiore al doppio della suddetta minima distanza fra il contorno dell'edificio ed il ciglio opposto della strada.

Nelle zone a bassa sismicità ($S = 6$) di cui all'art.18 della legge 2-2-1974, n. 64 tale distanza dovrà rispettare solo le limitazioni previste nei regolamenti locali e nelle norme di attuazione degli strumenti urbanistici.

Agli effetti del presente punto deve intendersi:

- a) per contorno dell'edificio la proiezione in pianta del fronte dell'edificio stesso, escluse le sporgenze di cornici e balconi aperti;
- b) per strada l'area di uso pubblico aperta alla circolazione dei pedoni e dei veicoli nonché lo spazio inedificabile non cintato aperto alla circolazione pedonale;
- c) per ciglio la linea di limite della sede stradale o dello spazio di cui al punto b);
- d) per sede stradale la superficie formata dalla carreggiata, dalle banchine e dai marciapiedi.

Negli edifici in angolo su strade di diversa larghezza è consentito, nel fronte sulla strada più stretta e per uno sviluppo, a partire dall'angolo, pari alla larghezza della strada su cui prospetta, un'altezza uguale a quella consentita dalla strada più larga.

E' consentito per le zone con grado di sismicità $S = 9$, su strade di larghezza inferiore ai metri dieci, costruire edifici di tre piani in elevazione e comunque di altezza massima m 10,00 purché con le prescrizioni relative al $S=12$, ai fini del dimensionamento delle strutture.

C.M.L.L.P.P. n.27690

In particolare, potranno essere mantenute le volumetrie e le altezze esistenti anche se queste non rispettano le limitazioni indicate ai punti C.2 e C.3. delle stesse norme.

C.4. DISTANZA FRA GLI EDIFICI

C.4.I. Intervalli d'isolamento.

La larghezza degli intervalli d'isolamento, cioè la distanza minima fra i muri frontali di due edifici, è quella prescritta dai regolamenti comunali purché detti intervalli siano chiusi alla pubblica circolazione dei veicoli e/o dei pedoni.

In caso contrario sono da considerarsi, agli effetti del precedente punto C.3., quali strade.

C.4.2. Edifici contigui.

Due edifici non possono essere costruiti a contatto, a meno che essi non costituiscano un unico organismo statico realizzando la completa solidarietà strutturale.

Nel caso in cui due edifici formino organismi distaccati, essi dovranno essere forniti di giunto tecnico di dimensioni non minore di:

$$d(h) = h/100$$

ove $d(h)$ è la distanza fra due punti affacciato, posti alla quota h a partire dal piano di spiccato delle strutture in elevazione.

Analogo dimensionamento deve adottarsi in corrispondenza dei giunti di dilatazione degli edifici.

C.5. EDIFICI IN MURATURA

C.M.L.L.P.P. n.27690

Nello stesso modo potrà non essere rispettato il punto C.4. riguardante l'ampiezza dei giunti di separazione; in questo caso la norma indica anche al punto C.9.3.4. le possibili alternative.

Fino a quando non saranno emanate le norme di cui all'art. 1, lettera a), della legge 2-2-1974, n. 64, con i conseguenti adeguamenti delle prescrizioni per le zone sismiche, gli edifici in muratura devono soddisfare i seguenti requisiti:

a) le strutture costituenti i vari orizzontamenti, comprese le coperture di ogni tipo, non devono essere spingenti;

b) le murature devono essere solidali tra loro mediante opportune ammorsature agli innesti ed agli incroci, evitando di inserirvi canne fumarie o vuoti di qualsiasi genere;

c) in corrispondenza dei solai di piano e della copertura, sia essa a tetto o a terrazza, si devono disporre sulle murature cordoli in cemento armato di larghezza pari a quella della muratura sottostante e di altezza minima pari almeno alla metà della larghezza. L'armatura di detti cordoli deve essere costituita da almeno quattro tondi di diametro non inferiore a 16 millimetri; le legature trasversali (staffe) devono essere costituite di tondi di diametro non inferiore a 6 millimetri poste a distanza non superiore a 25 centimetri. Per assicurare il comportamento a catena dei cordoli suddetti, deve essere assicurata la continuità dell'armatura ed il suo ancoraggio alle estremità;

d) le aperture praticate nei muri maestri devono essere delimitate da zone di muratura di dimensioni pari ad almeno la metà della larghezza del vano stesso; due aperture contigue devono essere separate da una zona di muratura di larghezza almeno pari a quella del vano più largo;

e) ciascun muro maestro deve essere intersecato da altri muri maestri trasversali, ad esso ben ammorsati, ad interesse non superiore a 7 metri;

f) la muratura portante deve essere realizzata con mattoni o blocchi artificiali squadri, gli uni e gli altri pieni rispondenti alle prescrizioni di cui all'allegato 1 con impiego di malta cementizia, ovvero con mattoni o blocchi squadri di pietra naturale con l'impiego di malta cementizia.

E' ammesso per gli edifici con non più di 2 piani fuori terra l'uso di muratura di pietrame listata (interasse delle listature $\leq 1,5m$) con impiego di malta cementizia;

g) negli edifici con un massimo di tre piani fuori terra o negli ultimi tre piani più alti è ammesso l'uso di muratura con mattoni o blocchi squadri semipieni rispondenti alle prescrizioni di cui all'allegato I;

h) le murature devono avere all'ultimo piano lo spessore minimo d_0 , al netto dell'intonaco, riportato nella tabella 2; detto spessore sarà aumentato di una testa oppure di 15 cm ogni piano sottostante e di 20 cm in fondazione per le zone classificate sismiche con $S = 9$ e $S = 12$.

Per le zone classificate sismiche $S = 9$ e per edifici con un massimo di tre piani completamente fuori terra può essere omesso il primo aumento di spessore.

C.M.L.L.P.P. n.27690

Al punto C.9.0. la norma precisa che negli interventi di adeguamento o di miglioramento degli edifici esistenti non sussiste l'obbligo del rispetto della normativa riguardante le nuove costruzioni, riportata nei capitoli precedenti, ove questa non sia espressamente richiamata.

C.6 Edifici con strutture intelaiate -omissis-

C.7 Edifici con struttura in pannelli portanti -omissis-

C.8 Edifici con struttura in legname -omissis-

C.9. INTERVENTI SUGLI EDIFICI ESISTENTI.

C.9.0. Gli interventi di adeguamento o di miglioramento di seguito definiti possono essere eseguiti senza l'obbligo del rispetto di quanto stabilito ai punti precedenti delle presenti norme, relativi alle nuove costruzioni, ed in particolare ai punti C.2 e C. 3.

Gli interventi predetti (*adeguamento e miglioramento*) comprendono le riparazioni dei danni prodotti da eventi sismici.

C. 9. 1. Definizioni.

C.9.1.1.Intervento di adeguamento.

Si definisce intervento di adeguamento l'esecuzione di un complesso di opere che risultino necessarie per rendere l'edificio atto a resistere alle azioni sismiche definite ai punti C.9.5.3., C.9.6.3.e C.9.7.3.

E' fatto obbligo di procedere all'adeguamento a chiunque intende:

- a)** sopraelevare o ampliare l'edificio. Si intende per ampliamento l'eventuale sopra-elevazione di parti dell'edificio di altezza inferiore a quella massima dell'edificio stesso. In tal caso non sussiste più l'obbligo del rispetto delle prescrizioni di cui al punto C.3.
- b)** apportare variazioni di destinazione che comportino, nelle strutture interessate dallo intervento, incrementi dei carichi originari (pesi permanenti carico accidentale compreso) superiori al 20%.
- c)** effettuare interventi strutturali rivolti a trasformare l'edificio mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente;
- d)** effettuare interventi strutturali rivolti ad eseguire opere e modifiche per rinnovare e sostituire parti strutturali dell'edificio, allorché detti interventi implicino sostanziali alterazioni del comportamento globale dello edificio stesso;
- e)** effettuare interventi strutturali rivolti a reintegrare l'organismo edilizio esistente nella sua funzionalità strutturale mediante un insieme sistematico di opere. Le sopraelevazioni sono ammissibili esclusivamente ove siano compatibili con le larghezze delle strade su cui prospettano; è altresì ammissibile una variazione di altezza, senza il rispetto delle norme di cui al punto C.3. qualora sia necessaria per l'abitabilità degli ambienti, a norma dei regolamenti edilizi, sempre che resti immutato il numero dei piani.

C. 9.1.2. Intervento di miglioramento.

Si definisce intervento di miglioramento l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza peraltro modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale. E' fatto obbligo di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio.

C. 9.2. Progetto esecutivo.

C.9.2.1. Progetto esecutivo degli interventi di adeguamento.

Gli interventi di adeguamento antisismico di un edificio devono essere eseguiti sulla base di un progetto esecutivo firmato, ai sensi **dell'art. 17 della legge 2-2-1974, n. 64**, da un ingegnere, architetto, geometra e perito edile iscritto nell'albo, nei limiti delle rispettive competenze.

Il progetto deve essere completo ed esauriente per planimetria, piante, sezioni, particolari esecutivi, relazione tecnica, relazione sulle fondazioni e fascicolo dei calcoli per la verifica sismica. In particolare la relazione tecnica deve riferirsi anche a quanto indicato nei successivi punti C.9.2.3. e C.9.2.4.

In ogni caso i disegni di progetto devono contenere le necessarie informazioni atte a definire le modalità di realizzazione degli interventi nonché, ogni qualvolta occorra, la descrizione e la rappresentazione grafica delle fasi di esecuzione con le relative prescrizioni specifiche.

Nel caso in cui sia prescritto l'adeguamento ai sensi del precedente punto C.9.1.1. e viceversa, in relazione allo stato di fatto dell'edificio e sulla base degli accertamenti e delle verifiche eseguite, risulti che non occorran provvedimenti di adeguamento, deve essere ugualmente presentata, ai sensi del citato art. 17 della legge 2-2-1974, n. 64, la documentazione tecnica sopra indicata riferita al fabbricato esistente.

La verifica sismica è tassativa per gli edifici con struttura in cemento armato, metallica ed a pannelli portanti.

Essa può essere omessa e sostituita da una specifica ed adeguata relazione tecnica per gli edifici in muratura che allo stato di fatto o dopo l'avvenuta esecuzione delle opere di rinforzo eventualmente progettate, posseggano i requisiti costruttivi di cui al punto C.5. Se gli edifici in muratura non hanno i requisiti innanzi citati, la verifica sismica è obbligatoria.

Nelle verifiche sismiche per gli interventi di adeguamento si terrà conto dei coefficienti di protezione sismica I definiti nei punti precedenti, assumendo, per i soli casi di adeguamento previsti al punto C.9.1.1. paragrafo e), un valore di I ridotto del 30%.

C.M. Beni Culturali n. 1032

Si può pertanto affermare che, alla luce di quanto previsto per l'edilizia ordinaria, l'obiettivo degli interventi sul patrimonio monumentale per quanto attiene alla sicurezza alle azioni sismiche, **è assimilabile al miglioramento.**

art. 17 della legge 2-2-1974, n. 64

Denuncia dei lavori, presentazione ed esame dei progetti.

C.9.2.2. Progetto esecutivo degli interventi di miglioramento.

Nel caso di interventi di miglioramento il progetto dovrà contenere di norma la stessa documentazione prescritta per gli interventi di adeguamento limitatamente alle opere interessate.

Nella relazione tecnica dovrà essere dimostrato che gli interventi progettati non producano sostanziali modifiche nel comportamento strutturale globale dello edificio.

C.9.2.3. Operazioni progettuali.

Il progetto di un intervento su di un edificio sarà basato sulle seguenti operazioni:

- a) individuazione dello schema strutturale nella situazione esistente;
- b) valutazione delle condizioni di sicurezza attuale dell'edificio e delle caratteristiche di resistenza degli elementi strutturali interessati dagli interventi, avuto riguardo alla eventuale degradazione dei materiali e ad eventuali dissesti in atto
- c) scelta progettuale dei provvedimenti di intervento operata sulla base degli elementi come sopra determinati;
- d) verifica sismica, se necessaria, del nuovo organismo strutturale.

C.9.2.4. Criteri di scelta progettuale.

I criteri adottati nella scelta del tipo di intervento, devono scaturire, di norma, da uno studio preliminare dell'organismo edilizio riguardante in particolare:

- a) le caratteristiche, nella situazione esistente, sotto il profilo architettonico, strutturale e della destinazione d'uso;
- b) l'evoluzione storica delle predette caratteristiche con particolare riferimento all'impianto edilizio originario ed alle principali modificazioni intervenute nel tempo;
- c) l'analisi globale del comportamento strutturale al fine di accertare le cause ed il meccanismo di eventuali dissesti in atto.

C.9.3. Provvedimenti tecnici di intervento.

I provvedimenti tecnici per interventi di adeguamento o di miglioramento antisismico possono ottenersi sia mediante la riduzione degli effetti delle azioni sismiche, sia mediante l'aumento della resistenza dell'organismo edilizio o di sue parti a tali azioni.

Provvedimenti tecnici devono altresì essere adottati per consolidare, e se del caso eliminare, elementi non strutturali il cui eventuale crollo può causare vittime e danni.

C.9.3.1. Provvedimenti tecnici di adeguamento o di miglioramento intesi a ridurre gli effetti sismici.

I provvedimenti tecnici di adeguamento o di miglioramento intesi a ridurre gli effetti sismici possono consistere:

- a) nella riduzione delle masse non strutturali;
- b) altri provvedimenti tendenti a modificare favorevolmente il comportamento d'insieme del sistema edilizio, fra i quali:
 - la creazione ed adeguamento dei giunti;
 - la riduzione degli effetti torsionali;
 - la redistribuzione delle rigidità.

C.9.3.2. Provvedimenti tecnici di adeguamento o miglioramento intesi ad aumentare la resistenza strutturale.

I provvedimenti tecnici di adeguamento antisismico intesi ad aumentare la resistenza delle strutture consistono sia nell'aumentare la resistenza di alcuni o di tutti gli elementi costituenti il sistema strutturale esistente, sia nell'inserimento di nuovi elementi o sistemi strutturali collaboranti con quelli esistenti.

I provvedimenti tecnici di miglioramento antisismico sono indicati al successivo punto C.9.8. Possono usarsi anche tecniche d'intervento non ivi esplicitamente menzionate purché risultino, sulla base di adeguata documentazione, di eguale efficacia.

D.M.L.L.P.P. n.276980

1) alleggerendo la costruzione mediante l'eventuale demolizione di sopraelevazioni e l'eliminazione di carichi permanenti pesanti e sostituzione con altri di materiale leggero particolarmente nelle pavimentazioni e sovrastrutture, specie nelle parti più elevate dell'edificio,

2) eliminando, quanto più possibile, elementi anche strutturali, che possano provocare effetti torsionali sotto l'azione delle forze sismiche (pensiline, balconi, sporgenze, ecc.) o aggiungendo nuovi elementi irrigidenti, che contrastino la rotazione stessa;

3) modificando la pianta dell'edificio in guisa da eliminare dissimmetrie planimetriche, tendendo ad avvicinare il centro delle rigidità al centro delle masse;

4) separando, se possibile, le parti di un edificio strutturalmente irregolare, per renderle indipendenti l'una dall'altra, ciascuna delle quali strutturalmente regolare.

C.9.3.3. Provvedimenti tecnici in fondazione. - I provvedimenti di adeguamento riguardanti le strutture di fondazione dovranno tendere di norma al rispetto delle prescrizioni contenute al punto C.6.4.

Le verifiche dovranno essere eseguite secondo i criteri stabiliti nel decreto ministeriale 21-1-1981 e successivi aggiornamenti riducendo del 20% i coefficienti di sicurezza ivi prescritti.

Nel caso di edifici situati su o in prossimità di pendii naturali o artificiali, deve essere verificata anche la stabilità globale del pendio tenuto conto della presenza l'edificio secondo quanto disposto alla sezione G del sopracitato decreto.

Se si accerti che possono verificarsi nel sottosuolo dell'opera fenomeni di liquefazione oppure manifestazioni di movimenti franosi, non si procederà a qualsiasi intervento di adeguamento prima di avere stabilizzato la zona mediante i provvedimenti del caso.

Negli interventi di adeguamento i provvedimenti sulle strutture di fondazione e le relative verifiche potranno essere omessi, qualora su motivato giudizio del progettista ed in relazione alle caratteristiche dei terreni, come deducibile dalla relazione geotecnica di cui al decreto ministeriale 21-1-1981, siano verificate contemporaneamente tutte le seguenti circostanze:

a) nella costruzione non siano presenti importanti dissesti di qualsiasi natura attribuibili a cedimenti delle fondazioni e sia stato accertato che dissesti della stessa natura non si siano prodotti neppure in precedenza;

b) gli interventi di adeguamento non comportino sostanziali alterazioni dello schema strutturale del fabbricato;

c) gli stessi interventi non comportino rilevanti modificazioni delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni;

d) siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche valutate assumendo $\beta = 2$.

D.M.L.L.P.P. n. 27690

Qualora invece non siano presenti dissesti strutturali attribuibili ad insufficienza delle strutture di fondazione oppure a cedimenti differenziali del terreno e siano verificate tutte le circostanze *a)*, *b)*, *c)*, *d)* riportate nel decreto ministeriale 24-1-1986 al punto C.9.3.3, **potranno essere omessi gli interventi sulle strutture di fondazione e le relative verifiche.** In tal caso, sarà cura del progettista motivare tale decisione sulla base dello stato di fatto delle strutture, e delle valutazioni fatte sulle caratteristiche del terreno, nonché dell'influenza degli interventi previsti sulla struttura

C.9.3.4. Giunti tecnici tra edifici contigui per interventi di adeguamento. Nel caso di giunti non dimensionati in conformità al punto C.4. si deve provvedere, in generale, al loro adeguamento.

In alternativa si potrà intervenire:

- o inserendo degli elementi di protezione al martellamento;

- oppure eliminando il giunto mediante il collegamento delle strutture da esso separate. In tal caso si dovrà tenere conto di tale nuovo accoppiamento nella verifica dell'edificio.

Qualora l'adeguamento delle dimensioni del giunto risulti tecnicamente molto complesso o particolarmente oneroso, è consentito di non effettuare l'adeguamento nei seguenti casi:

a) il calcolo delle deformazioni relative fra i due corpi di fabbrica, svolto secondo i criteri indicati al punto C.6.3. ma assumendo comunque per il coefficiente Φ il valore $\phi = 1$ per le costruzioni in muratura e $\phi = 3$ per gli altri tipi di strutture, assicuri la mancanza di effetti di martellamento;

b) edifici contigui entrambi in muratura ed aventi altezze che rientrino nei limiti di cui al punto C.2.

C.9.3.5. Aggetti verticali. - Gli elementi verticali (quali comignoli, torrioni, parapetti, ecc.) dovranno essere opportunamente vincolati alle strutture portanti ed essere resi resistenti alle forze sismiche.

C.9.4. Collaudo degli interventi di adeguamento.

Gli interventi di adeguamento saranno sottoposti a collaudo da parte di un ingegnere architetto geometra o perito edile iscritto nell'albo, nei limiti delle rispettive competenze.

Il collaudo, da eseguirsi preferibilmente in corso d'opera, dovrà tendere ad accertare sostanzialmente che la realizzazione degli interventi sia avvenuta conformemente alle prescrizioni progettuali e nel rispetto delle finalità indicate dal progetto, controllando in particolare l'efficienza dei collegamenti eseguiti tra i nuovi sistemi resistenti eventualmente inseriti e le strutture preesistenti.

Di norma il collaudo dovrà essere basato sulle risultanze di saggi e di prove sia in situ che su campioni.

C.M. Beni Culturali n.1032

Per quanto riguarda il collaudo, espressamente previsto dal punto C.9.4 del decreto ministeriale 24-1-

1986, assume particolare importanza la preferenza indicata nello stesso decreto, per il collaudo in corso d'opera, in quanto consente la sospensione tempestiva di eventuali interventi irreversibili ritenuti errati; inoltre risulta essenziale che il collaudo stesso non si limiti ad esaminare gli aspetti cosiddetti tecnici,

bensì si rivolga all'intervento nel suo complesso.

C.9.5. Interventi di adeguamento delle costruzioni in muratura.

C.9.5.1. Schema strutturale. - Il progetto degli interventi di adeguamento deve basarsi su uno schema strutturale resistente all'azione sismica che deve ragionevolmente rispettare la situazione effettiva della costruzione, tenuto conto del suo comportamento globale; dovrà comunque essere assicurato un comportamento di tipo scatolare del complesso della struttura. Dovranno inoltre prevedersi incatenamenti perimetrali in corrispondenza di ogni orizzontamento, compresi quelli a livello di piano terra, di sottotetto ed i imposta del tetto stesso. Infine, per tutte le strutture spingenti dovrà provvedersi all'eliminazione delle relative spinte.

Si dovrà accertare l'efficacia dei collegamenti tra solai e pareti e delle pareti tra di loro. Qualora nello schema si faccia affidamento sulla ripartizione delle forze orizzontali agenti ad un dato livello tra i diversi setti murari, andrà accertata l'efficacia dei solai a costituire un diaframma orizzontale rigido.

Per ciascuna parete si considereranno, in genere, separatamente le azioni ad essa complanari e quelle normali.

Le azioni complanari alle pareti saranno valutate tenendo conto della redistribuzione operata dai solai solo se questi presentano adeguata rigidità nel

loro piano e buon collegamento con i muri.

Nei confronti delle azioni ortogonali alle pareti queste si considereranno vincolate ai solai ed alle pareti trasversali solo se è accertata l'efficacia dei collegamenti.

C.9.5.2. Analisi dei materiali.

La resistenza della muratura sarà calcolata in relazione alla tipologia, alla qualità ed allo stato di conservazione del sistema murario.

C.9.5.3. Verifica sismica. - La verifica delle strutture in elevazione va eseguita con riferimento alla resistenza a rottura delle murature, considerando le azioni sismiche definite al precedente punto C.6. assumendo per il coefficiente di struttura il valore:

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$$

ove si attribuiscono i seguenti valori:

$\beta_1 = 2$ coefficiente che tiene conto delle caratteristiche di duttilità delle costruzioni in muratura;

$\beta_2 = 2$ coefficiente che tiene conto delle modalità di verifica a rottura.

Per la verifica sismica si potrà adottare una ipotesi di comportamento elasto-plastico con controllo della duttilità.

Per la valutazione delle azioni sismiche complanari alle pareti si prenderà in esame l'edificio nella sua interezza, con i collegamenti operati dai solai in quanto a tale scopo efficaci, considerando la forza orizzontale di calcolo applicata nel baricentro delle masse presenti.

Si considera trascurabile la rigidezza delle pareti per deformazioni ortogonali al loro piano.

L'azione sismica ortogonale alla parete sarà rappresentata da un carico orizzontale distribuito, pari a βC volte il peso della parete e da forze concentrate pari a βC volte il carico degli orizzontamenti che si appoggiano su di essa se questi non sono efficacemente collegati a muri trasversali.

Si terrà conto dei vincoli della parete con i muri trasversali e con i solai solo in quanto efficaci.

L'effetto flessionale dell'azione sismica ortogonale alla parete può essere valutato nell'ipotesi di comportamento lineare a sezione interamente reagente.

Le verifiche relative alle fondazioni, previste dal decreto ministeriale 21-1-1981 vanno eseguite secondo i criteri stabiliti in detto decreto; le azioni sismiche saranno calcolate assumendo per il coefficiente β_2 il valore $\beta_2 = 2$

C.9.8. Interventi tecnici di miglioramento per gli edifici in muratura.

C.9.8.I. Pareti murarie.

Le murature che non presentino gravi sintomi di instabilità quali strapiombi od estese lesioni, possono essere riparate; nel caso contrario andranno demolite e ripristinate possibilmente con materiali inerti simili alla muratura preesistente.

Le riparazioni saranno in genere effettuate mediante:

- iniezione di miscele leganti;
- applicazione di lastre in cemento armato
o reti metalliche elettrosaldate.
- inserimento di pilastrini;
- tirantature orizzontali e verticali.

Indebolimenti locali delle pareti murarie, in prossimità degli innesti e degli incroci per l'eventuale presenza di canne fumarie o vuoti di qualsiasi genere, devono essere eliminati.

In caso di irregolare distribuzione delle aperture (vani di finestre o porte) nei muri maestri, quando non sia possibile la loro chiusura, con muratura efficacemente immorsata alla esistente, si deve provvedere alla cerchiatura delle aperture stesse a mezzo di telai in cemento armato o metallici collegati alla muratura adiacente tramite perforazioni armate.

C.9.8.2. Solai. - Ove si proceda alla sostituzione di solai, questi saranno del tipo in cemento armato ordinario o precompresso o solai misti con blocchi interposti in laterizio od altro materiale, ovvero in acciaio efficacemente ancorati alle estremità di cordoli.

Qualora le murature portanti siano prive di cordoli armati in corrispondenza degli orizzontamenti, questi dovranno essere realizzati con altezze non inferiori allo spessore del solaio.

I cordoli potranno essere eseguiti, se necessario, a tratti sovrapponendo le armature ed eventualmente con predisposizione di un tubo centrale per l'inserimento di tiranti o cavi di precompressione.

Qualora le murature presentino consistenza e buona fattura i cordoli potranno non essere estesi a tutto lo spessore delle murature ovvero sostituiti con iniezioni di pasta cementizia o miscele sintetiche.

Potranno usarsi solai in legno solo ove sia richiesto da particolari esigenze architettoniche.

Nel caso si impieghino travetti prefabbricati in cemento armato ordinario o precompresso si dovrà disporre un'apposita armatura di collegamento dei travetti alle strutture perimetrali (travi o cordoli), in modo da costituire un efficace ancoraggio sia agli effetti della trasmissione del momento negativo, sia della forza di taglio.

Qualora si usino laterizi, questi devono essere a blocco unico tra i travetti ed essere efficacemente ancorati ad essi ed alla sovrastante soletta.

C.9.8.3 Scale. - Le scale in muratura non portate (cosiddette alla romana) devono essere di regola sostituite da scale in cemento armato o in acciaio.

Possono tuttavia essere conservate soltanto se prive di lesioni, e dopo averne verificata l'efficienza a mezzo di prove di carico statico e dinamico. Quando necessità ambientali-architettoniche richiedano la conservazione di scale a sbalzo staticamente non sicure, potranno adottarsi, previo accurato studio, rinforzi con adeguate strutture metalliche o cementizie.

D.M. dei L.L.P.P. n.27690

L'ancoraggio alle armature verticali può essere realizzato con l'esecuzione di un cordolo in cemento armato, di altezza non inferiore a quella del solaio in corrispondenza di ciascun orizzontamento oppure con il consolidamento della muratura in corrispondenza degli orizzontamenti mediante iniezioni di miscele leganti armate

In alternativa può essere sufficiente anche un collegamento discontinuo che, nel caso di solai in legno, può realizzarsi mediante piatti metallici d'ancoraggio chiodati alle travi, passanti in fori predisposti nei muri e successivamente sigillati con malta cementizia

C.9.8.4. Archi e volte. - Gli archi e le volte dei fabbricati, siti negli orizzontamenti fuori terra, devono essere muniti di cinture, chiavi o tiranti, posti convenientemente in tensione, atti ad assorbire integralmente le spinte alle loro imposte, a meno che le murature di sostegno abbiano spessori sufficienti ad accogliere le spinte senza che vengano generati sforzi di trazione.

Le eventuali lesioni degli archi e delle volte potranno essere risarcite mediante adeguate cuciture ovvero con iniezioni cementizie o di soluzioni di materie sintetiche o altro materiale o sistema idoneo.

Qualora le lesioni siano macroscopiche, o le murature si presentino inconsistenti, gli archi e le volte dovranno essere demoliti. Ove lo richiedano esigenze funzionali od estetiche, ovvero il ripristino di condizioni di equilibrio di insieme, potranno essere ricostruiti sempre con il criterio di realizzare sistemi spingenti chiusi in se stessi; qualora non sussistano le dette esigenze, le strutture spingenti vanno sostituite con elementi strutturali non spingenti.

C.9.8.5. Coperture. - I tetti ove sostituiti debbono essere non spingenti ed efficacemente collegati ad un cordolo di coronamento.

Nel caso di tetti in legno si dovrà garantire una adeguata connessione fra i diversi elementi costituenti l'orditura.

C.M. dei L.L.P.P. n. 27690

- costruzione di cordoli di sottotetto in c.a. per la ripartizione delle forze trasmesse alla muratura dagli elementi strutturali lignei e cerchiatura dell'edificio in sommità;

- applicazione di un tavolato di sottotetto in legno o di croci di Sant'Andrea per irrigidire la struttura nel piano di falda;

- applicazione di catene in ferro e/o in legno.

Qualora, per motivi di particolare pregio architettonico o per l'ottimo stato di conservazione della copertura, non risulti conveniente la creazione di cordoli in c.a. di sommità, si potrà, in via del tutto eccezionale, procedere al rinforzo della muratura che spicca dall'ultimo piano (compresi gli eventuali timpani) mediante iniezioni e cuciture armate o incorniciatura con lastre di c.a.; particolare cura si dovrà porre comunque per realizzare efficaci collegamenti della orditura principale lignea con la muratura così rinforzata.

C. 9.9. Edifici con struttura mista.

Nel caso di edifici le cui strutture resistenti sono realizzate con combinazioni di elementi in muratura, in calcestruzzo armato o metallici, si applicano le prescrizioni di cui alle presenti norme relative alla tipologia degli elementi strutturali ai quali è prevalentemente affidato il compito di resistere alle forze orizzontali.

Dovrà essere verificata la compatibilità delle deformazioni dei vari elementi presenti nonché la validità dei collegamenti fra gli elementi strutturali di diversa tipologia.

C. 9. IO. Complessi edilizi.

Nel caso di complessi edilizi privi di giunti tra gli edifici, il progetto esecutivo di intervento deve documentare la situazione statica degli edifici contigui, a dimostrazione che gli interventi previsti non arrechino aggravii a tale situazione.

Tabella 1 (si riportano le altezze massime degli edifici in muratura)

| altezza massima | | |
|-----------------|-----|-------|
| S=6 | S=9 | S=12 |
| 16m | 11m | 7,5 m |

Tabella 2

| Tipo di muratura | S=6 | S=9 | S=12 |
|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|
| mattoni a blocchi pieni | 2 teste 24 cm | 2 teste 24 cm | 3 teste 36 cm |
| mattoni o blocchi semipieni | 30 cm | 30 cm | 40 cm |
| pietrame | 40 cm | 40 cm | 50 cm |