

# **NORMATIVA**



1. Legge 2 febbraio 1974, n.64 (G.U. 21/3/1974, n.76).  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni  
per le zone sismiche.

Titolo I — DISPOSIZIONI GENERALI

Art. 1. — *Tipo di strutture e norme tecniche*

In tutti i Comuni della Repubblica le costruzioni sia pubbliche che private debbono essere realizzate in osservanza delle norme tecniche riguardanti i vari elementi costruttivi che saranno fissate con successivi decreti del Ministro per i lavori pubblici, di concerto con il Ministro per l'interno, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, che si avvarrà anche della collaborazione del Consiglio nazionale delle ricerche. Tali decreti dovranno essere emanati entro un anno dall'entrata in vigore della presente legge.

Le norme tecniche di cui al comma precedente potranno essere successivamente modificate o aggiornate con la medesima procedura ogni qualvolta occorra.

Dette norme tratteranno i seguenti argomenti:

- a) criteri generali tecnico-costruttivi per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento;
- b) carichi e sovraccarichi e loro combinazioni, anche in funzione del tipo e delle modalità costruttive e della destinazione dell'opera; criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni;
- c) indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, criteri generali e precisazioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- d) criteri generali e precisazioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo di opere speciali, quali ponti, dighe, serbatoi, tubazioni, torri, costruzioni prefabbricate in genere, acquedotti, fognature;
- e) protezione delle costruzioni dagli incendi.

Qualora vengano usati sistemi costruttivi diversi da quelli in muratura o con ossatura portante in cemento armato normale e precompresso, acciaio o sistemi combinati dei predetti materiali, per edifici con quattro o più piani entro e fuori terra, la idoneità di tali sistemi deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata dal presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici su conforme parere dello stesso Consiglio.

Art. 2. — *Abitati da consolidare*

In tutti i territori comunali o loro parti, nei quali siano intervenuti od intervengano lo Stato o la Regione, per opere di consolidamento di abitati ai sensi della legge 9 luglio 1908, n. 445 e successive modificazioni ed integrazioni, nessuna opera e nessun lavoro, salvo quelli di manutenzione ordinaria e di rifinitura, possono essere eseguiti senza la preventiva autorizzazione dell'ufficio tecnico della Regione o dell'ufficio del genio civile secondo le competenze vigenti.

Le opere di consolidamento, nei casi di urgenza riconosciuta con ordinanza del sindaco, possono eccezionalmente essere intraprese anche prima della predetta autorizzazione, la quale comunque dovrà essere richiesta nel termine di cinque giorni dall'inizio dei lavori.

Avverso il provvedimento relativo alla domanda di autorizzazione è ammesso ricorso, rispettivamente, al presidente della giunta regionale o al provveditore regionale alle opere pubbliche, che decidono con provvedimento definitivo.

## Titolo II — NORME PER LE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE

## Capo I — NUOVE COSTRUZIONI

Art. 3. — *Opere disciplinate e gradi di sismicità*

Tutte le costruzioni la cui sicurezza possa comunque interessare la pubblica incolumità, da realizzarsi in zone dichiarate sismiche ai sensi del secondo comma lettera a) del presente articolo, sono disciplinate, oltre che dalle norme di cui al precedente articolo 1, da specifiche norme tecniche che verranno emanate con successivi decreti dal Ministro per i lavori pubblici, di concerto col Ministro per l'interno, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, che si avvarrà anche della collaborazione del Consiglio nazionale delle ricerche, entro sei mesi dalla entrata in vigore della presente legge ed aggiornate con la medesima procedura ogni qualvolta occorra in relazione al progredire delle conoscenze dei fenomeni sismici.

Con decreti del Ministro per i lavori pubblici emanati di concerto con il Ministro per l'interno, sentiti il Consiglio superiore dei lavori pubblici e le regioni interessate, sulla base di comprovate motivazioni tecniche, si provvede:

- a) all'aggiornamento degli elenchi delle zone dichiarate sismiche agli effetti della presente legge e delle disposizioni precedentemente emanate;
- b) ad attribuire alle zone sismiche valori differenziati del grado di sismicità da prendere a base per la determinazione delle azioni sismiche e di quant'altro specificato dalle norme tecniche;
- c) all'eventuale necessario aggiornamento successivo degli elenchi delle zone sismiche e dei valori attribuiti ai gradi di sismicità.

I decreti di cui alle lettere a) e b) del precedente comma saranno emanati entro sei mesi dall'entrata in vigore della presente legge.

Art. 4. — *Contenuto delle norme tecniche*

Le norme tecniche di cui al precedente articolo 3, da adottare sulla base dei criteri generali indicati dagli articoli successivi e in funzione dei diversi gradi di sismicità, riguarderanno:

- a) l'altezza massima degli edifici in relazione al sistema costruttivo, al grado di sismicità della zona ed alle larghezze stradali;
- b) le distanze minime consentite tra gli edifici e giunzioni tra edifici contigui;
- c) le azioni sismiche orizzontali e verticali da tenere in conto nel dimensionamento degli elementi delle costruzioni e delle loro giunzioni;
- d) il dimensionamento e la verifica delle diverse parti delle costruzioni;
- e) le tipologie costruttive per le fondazioni e le parti in elevazione.

Le caratteristiche generali e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni di fondazione, e cioè dei terreni costituenti il sottosuolo fino alla profondità alla quale le tensioni indotte dal manufatto assumano valori significativi ai fini delle deformazioni e della stabilità dei terreni medesimi, devono essere esaurientemente accertate.

Per le costruzioni su pendii gli accertamenti devono essere convenientemente estesi al di fuori dell'area edificatoria per rilevare tutti i fattori occorrenti per valutare le condizioni di stabilità dei pendii medesimi.

Le norme tecniche di cui al primo comma potranno stabilire l'entità degli accertamenti in funzione della morfologia e della natura dei terreni e del grado di sismicità.

Art. 5. — *Sistemi costruttivi*

Gli edifici possono essere costruiti con:

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

Art. 6. — *Edifici in muratura*

S'intendono per costruzioni in muratura quelle nelle quali la muratura ha funzione portante.

Esse devono presentare adeguate caratteristiche di solidarietà fra gli elementi strutturali che le compongono e di rigidezza complessiva secondo le indicazioni delle norme tecniche di cui al precedente articolo 3.

*Art. 7. — Edifici con struttura a pannelli portanti*

S'intendono per strutture a pannelli portanti quelle formate con l'associazione di pannelli verticali prefabbricati (muri), di altezza pari ad un piano e di larghezza superiore ad un metro, resi solidali a strutture orizzontali (solai) prefabbricate o costruite in opera.

Le strutture a pannelli portanti devono essere realizzate in calcestruzzo pieno od alleggerito, semplice, armato normale o precompresso, presentare giunzioni eseguite in opera con calcestruzzo o malta cementizia, ed essere irrigidite da controventamenti opportuni, costituiti dagli stessi pannelli verticali sovrapposti o da lastre in calcestruzzo realizzate in opera; i controventamenti devono essere orientati almeno secondo due direzioni distinte.

Il complesso scatolare costituito dai pannelli deve realizzare un organismo statico capace di assorbire le azioni sismiche di cui all'articolo 9.

La trasmissione delle azioni mutue tra i diversi elementi deve essere assicurata da armature metalliche.

L'idoneità di tali sistemi costruttivi, anche in funzione del grado di sismicità, deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata dal presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici, su conforme parere dello stesso Consiglio.

*Art. 8. — Edifici con strutture intelaiate*

S'intendono per strutture intelaiate quelle costituite da aste rettilinee o curvilinee, comunque vincolate fra loro ed esternamente. In esse potranno essere compresi elementi irrigidimenti costituiti da:

- a) strutture reticolate in acciaio, calcestruzzo armato normale o precompresso;
- b) elementi-parete in acciaio, calcestruzzo armato normale o precompresso.

Gli elementi irrigidimenti devono essere opportunamente collegati alle intelaiature della costruzione in modo che sia assicurata la trasmissione delle azioni sismiche agli irrigidimenti stessi.

Il complesso resistente deve essere proporzionato in modo da assorbire le azioni sismiche definite dalle norme tecniche di cui all'art. 3.

Le murature di tamponamento delle strutture intelaiate devono essere efficacemente collegate alle aste della struttura stessa secondo le modalità specificate dalle norme tecniche di cui al precedente art. 3.

*Art. 9. — Azioni sismiche*

L'edificio deve essere progettato e costruito in modo che sia in grado di resistere alle azioni verticali e orizzontali, ai momenti torcenti e ribaltanti indicati rispettivamente alle successive lettere a), b), c), e d) e definiti dalle norme tecniche di cui al precedente art. 3:

*a) Azioni verticali*

Non si tiene conto in genere delle azioni sismiche verticali; per le strutture di grande luce o di particolare importanza, agli effetti di dette azioni, deve svolgersi una opportuna analisi dinamica teorica o sperimentale.

*b) Azioni orizzontali*

Le azioni sismiche orizzontali si schematizzano attraverso l'introduzione di due sistemi di forze orizzontali agenti non contemporaneamente secondo due direzioni ortogonali.

*c) Momenti torcenti*

Ad ogni piano deve essere considerato il momento torcente dovuto alle forze orizzontali agenti ai piani sovrastanti e in ogni caso non minore dei valori da determinarsi secondo le indicazioni riportate dalle norme tecniche di cui al precedente articolo 3.

*d) Momenti ribaltanti*

Per le verifiche dei pilastri e delle fondazioni gli sforzi normali provocati dall'effetto ribaltante delle azioni sismiche orizzontali devono essere valutati secondo le indicazioni delle norme tecniche di cui al precedente articolo 3.

Art. 10. — *Verifica delle strutture*

L'analisi delle sollecitazioni dovute alle azioni sismiche di cui al precedente articolo è effettuata tenendo conto della ripartizione di queste fra gli elementi resistenti dell'intera struttura.

Si devono verificare detti elementi resistenti per le possibili combinazioni degli effetti sismici con tutte le altre azioni esterne, senza alcuna riduzione dei sovraccarichi, ma con l'esclusione dell'azione del vento.

Art. 11. — *Verifica delle fondazioni*

I calcoli di stabilità del complesso terreno-opera di fondazione si eseguono con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto, tra le forze agenti, delle azioni sismiche orizzontali applicate alla costruzione e valutate come specificato dalle norme tecniche di cui al precedente articolo 3.

Art. 12. — *Deroghe*

Possono essere concesse deroghe all'osservanza delle norme tecniche di cui al precedente articolo 3 dal Ministro per i lavori pubblici previa apposita istruttoria da parte dell'ufficio periferico competente del Ministero dei lavori pubblici e parere favorevole del Consiglio superiore dei lavori pubblici, quando sussistano ragioni particolari, che ne impediscano in tutto o in parte l'osservanza, dovute all'esigenza di salvaguardare le caratteristiche ambientali dei centri storici.

Tali deroghe devono essere previste nei piani particolareggiati.

Art. 13. — *Parere delle sezioni a competenza statale degli uffici del genio civile sugli strumenti urbanistici*

Tutti i Comuni nei quali sono applicabili le norme di cui al titolo II della presente legge e quelli di cui al precedente articolo 2, devono richiedere il parere delle sezioni a competenza statale del competente ufficio del genio civile sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonché sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio.

Le sezioni a competenza statale degli uffici del genio civile devono pronunciarsi entro sessanta giorni dal ricevimento della richiesta dell'amministrazione comunale.

## Capo II — RIPARAZIONI E SOPRAELEVAZIONI

Art. 14. — *Sopraelevazioni*

E' consentita, nel rispetto degli strumenti urbanistici vigenti:

- a) la sopraelevazione di un piano negli edifici in muratura, purché nel complesso la costruzione risponda alle prescrizioni di cui alla presente legge;
- b) la sopraelevazione di edifici in cemento armato normale e precompresso, in acciaio o a pannelli portanti, purché il complesso della struttura sia conforme alle norme della presente legge.

Art. 15. — *Riparazioni*

Le riparazioni degli edifici debbono tendere a conseguire un maggiore grado di sicurezza alle azioni sismiche di cui ai precedenti articoli.

I criteri sono fissati nelle norme tecniche di cui al precedente articolo 3.

Art. 16. — *Edifici di speciale importanza artistica*

Per l'esecuzione di qualsiasi lavoro di riparazione in edifici o manufatti di carattere monumentale o aventi, comunque, interesse archeologico, storico o artistico, siano essi pubblici o di privata proprietà, restano ferme le disposizioni vigenti in materia.

### Capo III — VIGILANZA SULLE COSTRUZIONI

#### Art. 17. — *Denuncia dei lavori, presentazione ed esame dei progetti*

Nelle zone sismiche di cui all'articolo 3 della presente legge, chiunque intenda procedere a costruzioni, riparazioni e sopraelevazioni, è tenuto a darne preavviso scritto, notificato a mezzo del messo comunale o mediante lettera raccomandata con ricevuta di ritorno, contemporaneamente, al sindaco ed all'ufficio tecnico della regione o all'ufficio del genio civile secondo le competenze vigenti, indicando il proprio domicilio, il nome e la residenza del progettista, del direttore dei lavori e dell'appaltatore.

Alla domanda deve essere unito il progetto, in doppio esemplare e debitamente firmato da un ingegnere, architetto, geometra o perito edile iscritto nell'albo, nei limiti delle rispettive competenze, nonché dal direttore dei lavori.

Il progetto deve essere esauriente per planimetria, piante, prospetti e sezioni ed accompagnato da una relazione tecnica, dal fascicolo dei calcoli delle strutture portanti, sia in fondazione che in elevazione, e dai disegni dei particolari esecutivi delle strutture.

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.

La relazione sulla fondazione deve essere corredata da grafici o da documentazione, in quanto necessari.

L'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato non è tenuta all'osservanza delle disposizioni di cui ai precedenti commi, sempreché non trattisi di manufatto per la cui realizzazione è richiesto il preventivo rilascio della licenza edilizia.

#### Art. 18. — *Autorizzazione per l'inizio dei lavori*

Fermo restando l'obbligo della licenza di costruzione prevista dalla vigente legge urbanistica, nelle località sismiche, ad eccezione di quelle a bassa sismicità all'uopo indicate nei decreti di cui al secondo comma del precedente articolo 3, non si possono iniziare lavori senza preventiva autorizzazione scritta dell'ufficio tecnico della regione o dell'ufficio del genio civile secondo le competenze vigenti.

Per i manufatti da realizzarsi da parte dell'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato non è richiesta la autorizzazione di cui al precedente comma.

L'autorizzazione viene comunicata, subito dopo il rilascio, al Comune per i provvedimenti di sua competenza.

Avverso il provvedimento relativo alla domanda di autorizzazione è ammesso ricorso al presidente della giunta regionale o al provveditore regionale alle opere pubbliche, che decidono con provvedimento definitivo.

I lavori devono essere diretti da un ingegnere, architetto, geometra o perito edile iscritto nell'albo, nei limiti delle rispettive competenze.

#### Art. 19. — *Registro delle denunce dei lavori*

In ogni Comune deve essere tenuto un registro delle denunce dei lavori di cui al precedente articolo 17.

Il registro deve essere esibito, costantemente aggiornato, a semplice richiesta, ai funzionari, ufficiali ed agenti indicati nel successivo articolo 29.

### TITOLO III — REPRESSIONE DELLE VIOLAZIONI

#### Art. 20. — *Sanzioni penali*

Chiunque violi le prescrizioni contenute nella presente legge e nei decreti interministeriali di cui agli articoli 1 e 3 è punito con la ammenda da lire 200mila a lire 10 milioni.

#### Art. 21. — *Accertamento delle violazioni*

I funzionari, gli ufficiali ed agenti indicati nel successivo articolo 29, appena accertato un fatto costituente violazione delle presenti norme, compilano processo verbale trasmettendolo

immediatamente all'ufficio tecnico della regione o all'ufficio del genio civile secondo le competenze vigenti.

L'ingegnere capo di detto ufficio, previ, occorrendo ulteriori accertamenti di carattere tecnico, trasmette il processo verbale al pretore con le sue deduzioni.

#### Art. 22. — *Sospensione dei lavori*

L'ingegnere capo dell'ufficio tecnico della regione o dell'ufficio del genio civile secondo le competenze vigenti, contemporaneamente agli adempimenti di cui all'articolo precedente, ordina, con decreto motivato, notificato a mezzo di messo comunale, al proprietario, nonché al direttore o appaltatore od esecutore delle opere, la sospensione dei lavori.

Copia del decreto è comunicata al sindaco o al pretore ai fini dell'osservanza dell'ordine di sospensione.

Il prefetto, su richiesta dell'ingegnere capo dell'ufficio, di cui al primo comma, assicura l'intervento della forza pubblica, ove ciò sia necessario per la esecuzione dell'ordine di sospensione.

L'ordine di sospensione produce i suoi effetti sino alla data in cui la pronuncia dell'autorità giudiziaria diviene irrevocabile.

#### Art. 23. — *Procedimento*

Se nel corso del procedimento penale il pretore ravvisa la necessità di ulteriori accertamenti tecnici, nomina uno o più periti, scegliendoli fra gli ingegneri dello Stato.

Deve essere in ogni caso citato per il dibattimento l'ingegnere capo dell'ufficio tecnico della regione o dell'ufficio del genio civile secondo le competenze vigenti, il quale può delegare un funzionario dipendente.

Con il decreto o con la sentenza di condanna il pretore ordina la demolizione delle opere o delle parti di esse costruite in difformità alle norme della presente legge o dei decreti interministeriali di cui agli articoli 1 e 3, ovvero impartisce le prescrizioni necessarie per rendere le opere conformi alle norme stesse, fissando il relativo termine.

#### Art. 24. — *Esecuzione d'ufficio*

Qualora il condannato non ottemperi all'ordine o alle prescrizioni di cui all'articolo precedente, dati con sentenza irrevocabile o con decreto esecutivo, l'ufficio tecnico della regione o l'ufficio del genio civile secondo le competenze vigenti provvedono, se del caso con l'assistenza della forza pubblica, a spese del condannato.

#### Art. 25. — *Competenza del presidente della giunta regionale*

Qualora il reato sia estinto per qualsiasi causa, il presidente della giunta regionale ordina, con provvedimento definitivo, sentito l'organo tecnico consultivo della regione, la demolizione delle opere o delle parti di esse eseguite in violazione delle norme della presente legge e delle norme tecniche di cui agli articoli 1 e 3 ovvero l'esecuzione di modifiche idonee a renderle conformi alle norme stesse.

In caso di inadempienza si applica il disposto dell'articolo precedente.

#### Art. 26. — *Comunicazione del provvedimento all'ufficio tecnico della regione o al genio civile*

Copia della sentenza irrevocabile o del decreto esecutivo emessi in base alle precedenti disposizioni deve essere comunicata, a cura del cancelliere, all'ufficio tecnico della regione o all'ufficio del genio civile secondo le competenze vigenti entro quindici giorni da quello in cui la sentenza è divenuta irrevocabile o il decreto è diventato esecutivo.

#### Art. 27. — *Modalità per la esecuzione di ufficio*

Per gli adempimenti di cui al precedente articolo 24 è iscritta annualmente in apposito capitolo dello stato di previsione della spesa del Ministero dei lavori pubblici, la spesa di lire 50 milioni.

Al recupero delle somme erogate su tale fondo per l'esecuzione di lavori di demolizione di opere in contravvenzione alle norme tecniche di cui alla presente legge, si provvede a mezzo dell'esattoria comunale in base alla liquidazione dei lavori stessi fatta dall'ufficio tecnico della regione o dal genio civile, secondo le competenze vigenti, e resa esecutiva dal prefetto.



La riscossione delle somme dei contravventori, per il titolo suindicato e con l'aumento dell'aggio spettante all'esattore, è fatta mediante ruoli resi esecutivi dalle intendenze di finanza con la procedura stabilita per l'esazione delle imposte dirette.

Il versamento delle somme stesse è fatto con imputazione ad apposito capitolo del bilancio dell'entrata.

#### Art. 28. — Utilizzazione di edifici

Il rilascio da parte dei prefetti della licenza d'uso per gli edifici costruiti in cemento armato e delle licenze di abitabilità da parte dei Comuni è condizionato all'esibizione di un certificato da rilasciarsi dall'ufficio tecnico della regione o dall'ufficio del genio civile secondo le competenze vigenti, che attesti la perfetta rispondenza dell'opera eseguita alle presenti norme.

#### Art. 29. — Vigilanza per l'osservanza delle norme tecniche

Nelle località di cui all'articolo 2 della presente legge e in quelle sismiche di cui all'articolo 3 gli ufficiali di polizia giudiziaria, gli ingegneri e geometri degli uffici del Ministero dei lavori pubblici e degli uffici tecnici regionali, provinciali e comunali, le guardie doganali e forestali, gli ufficiali e sottufficiali del Corpo nazionale dei vigili del fuoco e in generale tutti gli agenti giurati a servizio dello Stato, delle province e dei comuni sono tenuti ad accertare che chiunque inizi costruzioni, riparazioni e sopraelevazioni sia in possesso dell'autorizzazione rilasciata dall'ufficio tecnico della regione o dall'ufficio del genio civile a norma degli articoli 2 e 18.

I funzionari di detto ufficio debbono altresì accertare se le costruzioni, le riparazioni e ricostruzioni procedano in conformità delle presenti norme.

Eguale obbligo spetta agli ingegneri e geometri degli uffici tecnici succitati quando accedano per altri incarichi qualsiasi nei comuni danneggiati, compatibilmente coi detti incarichi.

### Titolo IV — DISPOSIZIONI TRANSITORIE E FINALI

#### Art. 30. — Costruzioni in corso in zone sismiche di nuova classificazione

Non sono tenuti al rispetto delle presenti norme, nelle zone sismiche di nuova classificazione tutti coloro che abbiano iniziato una nuova costruzione prima dell'entrata in vigore del provvedimento di classificazione purché la costruzione sia ultimata entro due anni dalla data del provvedimento stesso.

Il presidente della giunta regionale può per edifici pubblici e di uso pubblico stabilire, ove occorra, termini di ultimazione superiori ai due anni di cui al comma precedente.

Qualora però la costruzione non fosse conforme alle norme tecniche di cui al precedente articolo 3 dovrà arrestarsi la costruzione stessa entro i limiti previsti dalle stesse norme.

Ove tuttavia detti limiti fossero già stati superati, potrà proseguirsi la costruzione fino al completamento del piano in corso di costruzione.

Entro quindici giorni dall'entrata in vigore del provvedimento di classificazione, chiunque abbia in corso una costruzione dovrà farne denuncia all'ufficio tecnico della regione o all'ufficio del genio civile, secondo le competenze vigenti.

L'ufficio di cui al comma precedente entro 30 giorni dalla ricezione della denuncia, accertato lo stato dei lavori ai sensi dei commi precedenti rilascia apposito certificato al denunciante, inviandone copia al sindaco del comune, specificando, eventualmente, la massima quota che l'edificio può raggiungere.

In caso di violazione degli obblighi stabiliti nel presente articolo si applicano le disposizioni del titolo III.

#### Art. 31. — Provvedimenti sostitutivi del prefetto

Quando concorrano ragioni di particolare gravità ed urgenza, il prefetto può, per le modificazioni richieste dall'osservanza delle presenti norme, valersi del procedimento stabilito dall'articolo 378 della legge 20 marzo 1865, n. 2248, sui lavori pubblici.

In tal caso, il prefetto fa rapporto al pretore per il procedimento penale in ordine alle violazioni accertate.

*Art. 32. — Costruzioni in corso e progetti già approvati*

Le norme tecniche di cui agli articoli 1 e 3 entrano in vigore trenta giorni dopo la pubblicazione dei rispettivi decreti nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Fino all'entrata in vigore delle norme tecniche di cui al comma precedente continuano ad applicarsi le norme della legge 25 novembre 1962, n. 1684, che, successivamente, si applicheranno solo alle costruzioni in corso e ai progetti già approvati alla data di entrata in vigore delle norme tecniche, salvo il disposto del precedente articolo 30.

*Art. 33. — Costruzioni eseguite col sussidio dello Stato*

L'inosservanza delle norme della presente legge, nel caso di edifici per i quali sia stato già concesso il sussidio dello Stato importa oltre le sanzioni penali, anche la decadenza dal beneficio del sussidio statale, qualora l'interessato non si sia attenuto alle prescrizioni di cui all'ultimo comma dell'articolo 23.

*Art. 34.*

Le disposizioni contenute nel capo terzo del titolo II e nel titolo III non si applicano alle opere che, ai sensi delle vigenti norme, si eseguono a cura del genio militare.

**2. D.Min. LL.PP. 24 gennaio 1986 (G.U. 12/5/1986, n.108).  
Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.**

Il Ministro dei Lavori Pubblici  
di concerto con  
il Ministro dell'Interno

*Vista la legge 2 febbraio 1974, n. 64 concernente provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*

*Visto il decreto ministeriale 19 giugno 1984 di approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;*

*Visto il decreto ministeriale 29 gennaio 1985 di rettifica del precedente;*

*Ritenuto che in forza dell'art. 3, primo comma, della citata legge n. 64/1974 le norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche possono essere aggiornate ogni qualvolta occorra in relazione al progredire delle conoscenze;*

*Considerato che occorre aggiornare alcune parti della normativa tecnica emanata con il citato decreto 19 giugno 1984;*

*Visti i voti n. 180 del 14 giugno 1985 e n. 557 del 20 dicembre 1985, con i quali il Consiglio superiore dei lavori pubblici ha espresso parere a che le predette norme tecniche siano modificate ed integrate secondo il testo riportato in allegato al presente decreto;*

Decreta:

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 giugno 1984 e 29 gennaio 1985

Art. 2.

In via transitoria, per tre mesi dalla data di pubblicazione del presente decreto, possono ancora applicarsi le norme di cui ai citati precedenti decreti 19 giugno 1984 e 29 gennaio 1985

## 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 febbraio 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 febbraio 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 e in particolare del decreto ministeriale 21 gennaio 1981.

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 delle esigenze costruttive nella eventualità che possano verificarsi nel sottosuolo dell'opera od in zone ad essa adiacenti fenomeni di liquefazione.

I risultati di tali accertamenti dovranno essere illustrati nella relazione sulle fondazioni di cui al quarto comma dell'art. 17 della legge 2 febbraio 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 un'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 un'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 assimilabili, 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:

$$\text{per } T_0 > 0.8 \text{ secondi} \quad R = 0.862/T_0^{2/3}$$

$$\text{per } T_0 \leq 0.8 \text{ secondi} \quad R = 1.0$$

Se il periodo  $T_0$ , non viene determinato si assumerà  $R = 1.0$ .

## 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:

$$C = \frac{S-2}{100} \text{ il coefficiente di intensità sismica;}$$

$S$  = 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:

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

nella quale è, in genere  $m = 2$ , salvo quanto precisato nelle norme tecniche proprie di opere particolari.

Indicando con  $\alpha_h$  e  $\eta_h$ , rispettivamente le sollecitazioni (momento flettente, forza assiale, forza di taglio e momento torcente) e gli spostamenti prodotti dal sisma di forze orizzontali, e con  $\alpha_v$  e  $\eta_v$  le sollecitazioni e gli spostamenti prodotti dal sisma di forze verticali la singola componente di sollecitazione  $\alpha$  e la singola componente di spostamento  $\eta$  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 una 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  $\alpha_i$  e  $\eta_i$  rispettivamente le sollecitazioni e gli spostamenti relativi al modo  $i$ -esimo, le sollecitazioni e gli spostamenti complessivi si calcolano con le espressioni:

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

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 meto-

do 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  $\alpha$  le sollecitazioni dovute al sisma ed  $\alpha_p$  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 spostamenti può essere fatta convenzionalmente nel modo seguente. Siano  $\eta$  gli spostamenti elastici dovuti al sisma valutati come indicato al punto B.5. oppure al punto B.6.; siano  $\eta_p$  gli spostamenti elastici dovuti alle altre azioni, escluso il vento.

Gli spostamenti reali  $\eta_r$  si definiscono:

$$\eta_r = \eta_p \pm \odot \eta$$

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

Gli spostamenti così valutati non devono compromettere il mantenimento delle connessioni né dare 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 zona 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. È 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:

$$\Delta l = \frac{L}{1.000}$$

dove:

$L$  è la distanza tra i punti in esame

$\Delta l$  è lo spostamento, con minimo di 2 cm.

b) nelle fondazioni su pali questi devono avere un'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 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 esterna 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.

TABELLA 1

TIPO DI STRUTTURE	Altezza massima		
	S = 6	S = 9	S = 12
Muratura . . . . .	16,00 m	11,00 m	7,50 m
Intelaiatura . . . . .	nessuna limitazione		
Pannelli portanti . . . . .	32,00 m	25,00 m	15,00 m
Legname . . . . .	10,00 m	7,00 m	7,00 m

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 1,50 m 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 larghezza stradale

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 basse sismicità ( $S=6$ ) di cui all'art. 18 della legge 2 febbraio 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 strada 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.

È 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 ad  $S = 12$ , ai fini del dimensionamento delle strutture.

### C.4. Distanza fra gli edifici.

#### C.4.1. 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 dimensione non minore di:

$$d(h) = \frac{h}{100}$$

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

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

C.5. *Edifici in muratura.*

Fino a quando non saranno emanate le norme di cui all'art. 1, lettera a), della legge 2 febbraio 1974, n. 64, con i conseguenti adeguamenti delle prescrizioni per 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 mm; le legature trasversali (staffe) devono essere costituite di tondi di diametro non inferiore a 6 mm 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 m.;

f) la muratura portante deve essere realizzata con mattoni o blocchi artificiali squadriati, gli uni e gli altri pieni rispondenti alle prescrizioni di cui all'allegato I con impiego di malta cementizia, ovvero con mattoni o blocchi squadriati di pietra naturale con l'impiego di malta cementizia. È ammesso per gli edifici con non più di 2 piani fuori terra l'uso di muratura di pietrame listata (interasse delle listature  $\leq 1,5$  m) 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 squadriati semipieni rispondenti alle prescrizioni di cui all'allegato I;

h) le murature devono avere all'ultimo piano lo spessore minimo  $d_u$ , 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 S=9 e S=12.

pletamente fuori terra può essere omissso il primo aumento di spessore.

Nelle zone a bassa sismicità ( $S=6$ ) fermo restando lo spessore minimo  $d_u$  dell'ultimo piano riportato nella tabella 2, detto spessore sarà aumentato di una testa oppure di 15 cm ogni due piani sottostanti e di cm. 20 in fondazione.

TABELLA 2

TIPO DI MURATURA	$d_u$		
	$S = 6$	$S = 9$	$S = 12$
Mattoni o blocchi pieni . . . . .	2 teste $\geq 24$ cm	2 teste $\geq 24$ cm	3 teste $\geq 36$ cm
Mattoni o blocchi semipieni . . . . .	30 cm	30 cm	40 cm
Pietrame . . . . .	40 cm	40 cm	50 cm

i) la distanza massima fra lo spiccatto dalle fondazioni e l'intradosso del primo solaio (o fra due solai successivi) non può superare i 7 metri;

l) al di sopra dei vani di porte e finestre devono essere disposti architravi in cemento armato o in acciaio efficacemente ammortati nella muratura;

m) sono ammessi solai in cemento armato e laterizi o in acciaio efficacemente collegati ai cordoli. Le travi metalliche e i travetti prefabbricati devono essere prolungati nel cordolo per una lunghezza non inferiore alla metà della larghezza del cordolo stesso. Le travi metalliche devono essere inoltre munite di appositi ancoraggi;

n) le fondazioni possono essere realizzate con muratura ordinaria, purché sul piano di spiccatto venga disposto un cordolo di calcestruzzo armato le cui dimensioni ed armatura devono essere conformi a quanto prescritto al precedente punto c);

o) nel piano interrato o seminterrato è ammesso realizzare i muri in calcestruzzo armato o non con spessore pari a quello del piano sovrastante;

p) il sovraccarico non deve essere superiore a 350 kg/m<sup>2</sup>, salvo che per le scale e i balconi ove può prevedersi un sovraccarico di 400 kg/m<sup>2</sup>.

#### C.6. Edifici con strutture intelaiate.

##### C.6.0. Simbologia.

D, D, B, B. = massime dimensioni della pianta dell'edificio, con  $D \geq B$ , nelle direzioni, ortogonali fra loro, delle azioni sismiche orizzontali.

$G_i$  = somma del peso proprio del piano iesimo dell'edificio e del sovraccarico permanente su di esso gravante

$Q_i$  = massimo sovraccarico accidentale al piano iesimo previsto nel calcolo statico di esercizio

$s$  = coefficiente di riduzione del sovraccarico

$W_i = G_i + s Q_i$  = « peso » da considerare per la valutazione delle azioni sismiche

$N$  = Numero dei piani dell'edificio

$W = \sum_{i=1}^N W_i$  = « peso » totale dell'edificio

$F_i = KW_i$  forza sismica

$K$  = coefficiente sismico

$C = \frac{S-2}{100}$  = coefficiente di intensità sismica

- $S$  = grado di sismicità  
 $R$  = coefficiente di risposta  
 $\epsilon$  = coefficiente di fondazione  
 $\beta$  = coefficiente di struttura  
 $\gamma_i$  = coefficiente di distribuzione delle azioni sismiche.

### C.6.1. Analisi statica.

L'analisi statica consiste nello schematizzare le azioni sismiche attraverso forze statiche proporzionali ai pesi  $W_i$  innanzi definiti: il coefficiente di proporzionalità (coefficiente sismico) si indicherà con il simbolo  $K$  e si distingueranno nel seguito un coefficiente per le azioni sismiche orizzontali  $K_h$  ed un coefficiente per le azioni sismiche verticali  $K_v$ .

#### C.6.1.1. Azioni orizzontali.

Le azioni sismiche orizzontali si schematizzano attraverso l'introduzione di due sistemi di forze orizzontali agenti non contemporaneamente secondo due direzioni ortogonali. Le forze alle diverse quote devono essere applicate in corrispondenza dei baricentri dei « pesi » i quali generalmente possono essere riportati alle quote dei solai.

La forza orizzontale  $F_i$  alla generica quota, secondo una prefissata direzione, si ottiene dalla relazione:

$$F_i = K_{hi} \cdot W_i$$

essendo:

$$K_{hi} = C \cdot R \cdot \epsilon \cdot \beta \cdot \gamma_i \cdot I$$

$$e, \quad W_i = G_i + s Q_i$$

I valori del coefficiente  $s$  sono riportati nella tabella 3 in funzione della destinazione dell'opera.

Qualora i locali di uno stesso piano siano adibiti a funzioni diverse, se ne dovrà tener conto applicando ai sovraccarichi accidentali\* del piano valori di  $s$  differenziati.

TABELLA 3

Locale	Coefficiente $s$
Locali d'abitazione, uffici, coperture, balconi . . . . .	0,33
Locali pubblici suscettibili di affollamento (negozi, ristoranti, caffè, ospedali, ecc.) . . . . .	0,50
Locali pubblici suscettibili di grande affollamento (sale per spettacoli, chiese, tribune, ecc.), archivi, magazzini, biblioteche, contenitori, scale, ecc.	1,00

I valori dei parametri che intervengono nella definizione del coefficiente sismico  $K_{hi}$  sono specificati in appresso.

*Coefficiente di protezione sismica I.* 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.

*Coefficiente di fondazione  $\epsilon$ .* Si assume di regola  $\epsilon = 1$ .

Per fondazioni dirette e indirette che riportino il carico su terreni particolarmente compressibili il coefficiente sarà incrementato fino a raggiungere, nei casi di più elevata compressibilità, il valore 1,3.

*Coefficiente di risposta  $R$ .* Come indicato al punto B.4., il coefficiente di risposta  $R$  dipende dal periodo fondamentale di vibrazione  $T_0$  relativamente alla direzione considerata. Si deve porre:

$$\begin{aligned} \text{per } T_0 > 0.8 \text{ secondi} & \quad R = 0.862/T_0^{2.3} \\ \text{per } T_0 \leq 0.8 \text{ secondi} & \quad R = 1.0 \end{aligned}$$

Il periodo  $T_0$  da utilizzarsi per la valutazione di  $R$  deve calcolarsi con riferimento alla sola struttura resistente attraverso adeguate analisi dinamiche che tengano conto della struttura nel suo complesso. Nel caso in cui tale valutazione non venga eseguita si dovrà assumere  $R = 1$ .

Per le costruzioni dotate di un periodo proprio  $T_0 > 1,4$  secondi deve comunque essere eseguita un'analisi dinamica secondo quanto precisato nel punto C.6.2.

Allo scopo di controllare se il periodo fondamentale di vibrazione  $T_0$  superi o meno il limite innanzi indicato, per le strutture intelaiate può essere impiegata la formula:

$$T_0 = 0.1 \frac{H}{\sqrt{B}} [H \text{ e } B \text{ in metri; } T_0 \text{ in secondi}]$$

*Coefficiente di distribuzione  $\gamma_i$ .* Dipende dal piano in esame e si assume per esso la relazione:

$$\gamma_i = h_i \frac{\sum_{j=1}^N W_j}{\sum_{j=1}^N W_j h_j}$$

essendo  $h_i$ , la quota del piano  $i$ esimo rispetto allo spiccatto delle fondazioni.

Quando sull'edificio insistono opere complementari quali torri, antenne, serbatoi, ecc., il loro peso ai fini del calcolo di  $\gamma_i$ , può essere considerato conglobato a quello dell'impalcato sul quale esse gravano.

Per la verifica dell'edificio, inoltre, dovrà considerarsi il momento di trasporto fra il baricentro delle dette opere complementari e l'impalcato su cui insistono.

Il calcolo locale delle sollecitazioni nelle opere complementari di cui sopra deve essere peraltro effettuato considerando un coefficiente  $K_h$  uguale a quello del piano su cui gravano.

*Coefficiente di struttura  $\beta$ .* Si assume di regola pari ad 1; nel caso in cui nella struttura dell'edificio vi siano telai ed elementi irrigidenti verticali ai quali ultimi approssimativamente si affida il 100% delle azioni orizzontali, si assumerà:

$$\beta = 1.2$$

## C.6.1.2. Ripartizione delle forze orizzontali.

La ripartizione delle forze orizzontali fra le diverse strutture dell'edificio deve essere effettuata a ciascun livello in proporzione alle rispettive rigidzze.

Nel caso di eccentricità fra il baricentro delle rigidzze e quello delle masse si dovrà considerare l'effetto delle coppie torcenti. Quando il rapporto fra i lati  $D/B$  è maggiore di 2,5 anche in assenza di eccentricità, dovrà considerarsi al piano iesimo una coppia torcente provocata dalle forze orizzontali agenti ai piani sovrastanti non minore di:

$$M_{i \min} = \lambda D \sum_{j=i}^N F_j$$

essendo i valori  $\lambda$  riportati nella tabella 4.

TABELLA 4

$2.5 < D/B < 3.5$	$\lambda = 0.03 + 0.02 (D/B - 2.5)$
$3.5 < D/B$	$\lambda = 0.05$

La ripartizione delle forze sismiche al piano fra gli elementi verticali resistenti può in generale essere eseguita facendo l'ipotesi che i solai siano infinitamente rigidi nei confronti di azioni ad essi complanari.

Qualora l'impalcato non possieda la ipotizzata rigidzza nei riguardi di forze complanari, se ne terrà conto nel calcolo, ovvero essa potrà essere conferita mediante irrigidimenti (controventature) opportunamente dimensionati.

## C.6.1.3. Azioni verticali.

Le azioni sismiche verticali non vengono di norma considerate, ad esclusione dei seguenti casi:

- a) membrature orizzontali con luci superiori a 20 m;
- b) strutture di tipo spingente;
- c) sbalzi.

Nei casi di cui ai punti a) e b) le strutture devono calcolarsi prevedendo un coefficiente sismico verticale  $K_v$ , pari a  $\pm 0.2$ .

Per gli sbalzi si deve considerare un coefficiente sismico verticale  $K_v = \pm 0.4$ .

Il coefficiente  $K_v$ , in ogni caso deve essere moltiplicato per  $I$ .

## C.6.2. Analisi dinamica.

Per strutture dotate di periodo proprio  $T_v > 1.4$  secondi deve essere eseguita l'analisi dinamica con le modalità prescritte in B.6. adottando come spettro di risposta, in termini di accelerazione orizzontale, l'espressione

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

Il calcolo delle azioni sismiche verticali nei casi indicati al punto C.6.1.3. non richiede di norma un'analisi dinamica e possono quindi applicarsi i coefficienti convenzionali ivi indicati.

## C.6.3. Verifiche.

Le sollecitazioni  $\alpha$  provocate dal sisma si devono combinare con quelle  $\alpha_p$  provocate dalle altre azioni esterne secondo la relazione

$$\alpha_p \pm \alpha$$

Qualora si siano calcolate le sollecitazioni  $\alpha_v$ , provocate dalle azioni sismiche verticali la determinazione delle sollecitazioni complessivamente provocate dal sisma si dovrà eseguire mediante la relazione

$$\alpha = \sqrt{\alpha_h^2 + \alpha_v^2}$$

indicando con  $\alpha_h$  le sollecitazioni provocate dalle azioni sismiche orizzontali.

Per quanto concerne la verifica delle tensioni vale quanto prescritto nei punti B.7. e B.8.

Non si richiede invece il calcolo delle deformazioni e degli spostamenti ad essi conseguenti a meno che la loro valutazione non sia essenziale per controllare il funzionamento di particolari dispositivi di vincolo e di collegamento. In tal caso, indicando con  $\eta_2$  tali spostamenti, si ha:

$$\eta_2 = \eta_p \pm 0 \sqrt{\eta_h^2 + \eta_v^2}$$

con:

0 = 6 se è stata svolta l'analisi statica;

0 = 4 se è stata svolta l'analisi dinamica.

## C.6.4. Fondazioni.

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

## C.6.5. Elementi divisorii e pannelli esterni.

I pannelli di muratura che costituiscono divisorii interni, se hanno altezza superiore a 4 m e sviluppano una superficie superiore a 20 m<sup>2</sup>, devono essere collegati alla struttura superiore e inferiore mediante nervature verticali, disposte ad interasse non superiore a 3 metri.

Analogo collegamento è prescritto per i pannelli di muratura esterni sia quando abbiano altezza superiore a 3,5 m sia quando sviluppino una superficie superiore a 15 metri quadrati.

Le eventuali aperture in detti pannelli, in edifici da realizzare in zone con grado di sismicità  $S > 9$ , devono essere delimitate da una intelaiatura della quale alcuni elementi devono essere prolungati fino a collegarsi con la struttura portante.

Per i pannelli di tamponatura esterna prefabbricati di qualsiasi dimensione, si devono prevedere gli accorgimenti necessari per evitare che essi possano staccarsi totalmente dalla struttura che li sostiene.

## C.7. Edifici con struttura a pannelli portanti.

C.7.1. I sistemi costruttivi di cui alla lettera c) del precedente punto C.1. devono essere realizzati in osservanza di quanto stabilito dalle disposizioni vigenti e la loro idoneità deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata dal Presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici su conforme parere dello stesso Consiglio. Nel caso di pannelli costruiti in opera, la certificazione d'idoneità dovrà essere rilasciata esclu-

sivamente se costituiscono un sistema, intendendosi per tale la realizzazione di particolari costruttivi essenziali con carattere ripetitivo.

C.7.2. L'analisi sismica viene di norma eseguita con le modalità prescritte per gli edifici con struttura intelaiata.

Le azioni orizzontali devono essere valutate e distribuite come indicato al punto C.6.1.1. assegnando al coefficiente di struttura il valore  $\beta = 1,4$  ed al coefficiente di risposta il valore  $R = 1$ . Lo schema strutturale dell'edificio deve contenere pareti di irrigidimento secondo due direzioni orizzontali ortogonali.

### C.8. Edifici con strutture in legname.

Le costole montanti e le altre parti costituenti l'organismo statico degli edifici in legname devono essere di un sol pezzo o così saldamente collegate e rafforzate nelle giunture da rendere trascurabile l'indebolimento prodotto dalla giunzione.

### 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 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.

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

a) sopraelevare o ampliare l'edificio.

Si intende per ampliamento l'eventuale sopraelevazione 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 dall'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 dell'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.

È 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 febbraio 1974, n. 64, da un ingegnere, architetto, geometra o perito edile iscritto nell'albo, nei limiti delle rispettive competenze.

Il progetto deve essere completo ed esauriente per planimetrie, 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, risultati che non occorranza provvedimenti di adeguamento, deve essere ugualmente presentata, ai sensi del citato art. 17 della legge 2 febbraio 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 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.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 dell'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 ridistribuzione 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.

*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 gennaio 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 dell'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 gennaio 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  $\beta = 2$ .

*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 tener 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  $\Phi$  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, torrini, 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.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 e di 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 compianari e quelle normali.

Le azioni complanari alle pareti saranno valutate tenendo conto della ridistribuzione operata dai solai solo se quelli 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 da 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  $\beta C$  volte il peso della parete e da forze concentrate pari a  $\beta C$  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 gennaio 1981 vanno eseguite secondo i criteri stabiliti in detto decreto; le azioni sismiche saranno calcolate assumendo per il coefficiente  $\beta_2$  il valore  $\beta_2 = 1$ .

#### *C.9.6. Interventi di adeguamento delle costruzioni di cemento armato.*

##### *C.9.6.1. Schema strutturale.*

Lo schema strutturale resistente alle azioni sismiche deve derivare da un'analisi del comportamento globale dell'edificio, tenendo adeguatamente in conto la partecipazione di tutti gli elementi irrigidenti efficaci. In particolare dovrà essere adeguatamente studiata la modellazione dei sistemi strutturali più rigidi, quali le scale o altri eventuali nuclei presenti nel fabbricato.

Si dovrà anche tener conto della presenza di quegli elementi non strutturali che, attese le caratteristiche di rigidezza e di resistenza, possono contribuire in maniera significativa all'assorbimento delle azioni sismiche o che comunque possono modificare sensibilmente il comportamento globale della sola ossatura portante. Di tali elementi dovrà essere considerato anche l'eventuale effetto locale connesso con il loro collegamento agli elementi strutturali principali.

Qualora lo schema strutturale sia basato sull'ipotesi di infinita rigidezza dei solai nel loro piano, come previsto al punto C.6.1.2., dovrà essere accertata la effettiva rispondenza di tali ipotesi con la effettiva configurazione strutturale dei solai stessi.

##### *C.9.6.2. Analisi dei materiali e particolari costruttivi.*

La resistenza degli elementi strutturali verrà stimata avuto riguardo alla qualità e allo stato di conservazione del conglomerato e dell'armatura metallica.

Opportune indagini saranno eseguite per appurare l'affidabilità dei dettagli costruttivi, in particolare degli ancoraggi delle armature in corrispondenza dei principali nodi trave-pilastro.

##### *C.9.6.3. Verifica sismica.*

La verifica sismica delle strutture in elevazione ed in fondazione va eseguita considerando le azioni definite ai precedenti punti C.6.1. e C.6.2.

*C.9.7. Interventi di adeguamento delle costruzioni con struttura metallica.*

*C.9.7.1. Schema strutturale.*

Lo schema strutturale resistente all'azione sismica deve rispecchiare il comportamento globale dell'edificio.

Si terrà conto della presenza di elementi anche non strutturali che limitino la deformabilità dell'organismo portante: si valuterà la rigidità e la resistenza di tali elementi per giudicare della loro partecipazione al comportamento d'insieme.

Si accerterà altresì l'efficienza degli elementi controventanti costituiti da nuclei in cemento armato oppure da strutture verticali in acciaio o altro, tenendo conto delle effettive condizioni di vincolo offerte dalle fondazioni.

*C.9.7.2. Analisi dei materiali e particolari costruttivi.*

Le caratteristiche di resistenza degli elementi strutturali saranno valutate mediante esame dello stato di conservazione del materiale metallico e dell'integrità fisica di ogni loro parte.

L'indagine deve essere estesa, a seconda della tipologia strutturale dell'edificio, agli elementi controventanti (nuclei di cemento armato, controventi verticali in acciaio, etc.), agli elementi di collegamento di questi ultimi alle piastre ed agli ancoraggi alle fondazioni.

*C.9.7.3. Verifica sismica.*

La verifica sismica delle strutture in elevazione ed in fondazione va eseguita considerando le azioni definite ai precedenti punti C.6.1. e C.6.2.

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

*C.9.8.1. 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 pilastri;
- 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 e 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 portante (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.

#### *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.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.9.10. 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.

## D. OPERE DI SOSTEGNO DEI TERRENI

Nella progettazione e nella costruzione dei muri di sostegno dei terreni in zone sismiche deve tenersi anche conto della influenza delle azioni sismiche agenti soltanto in direzione orizzontale.

Se non si eseguono calcolazioni approfondite in merito all'influenza che le azioni sismiche esercitano sulle spinte dei terrapieni, potranno adottarsi i criteri di calcolo che seguono.

Oltre la spinta statica  $F$  (calcolata per i valori di  $i'$  e di  $\beta$ ), devono, pertanto, considerarsi le seguenti ulteriori due forze:

1) un incremento di spinta  $\Delta F$  pari alla differenza fra la spinta  $F$ , esercitata dal terreno retrostante in condizioni sismiche e quella statica  $F$

$$\Delta F = F_s - F$$

in cui  $F_s = AF'$   
ove:

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \vartheta)}{\cos^2 \beta \cos \vartheta}$$

$$\vartheta = \arctg C$$

$C$  = coefficiente d'intensità sismica

$F'$  = spinta calcolata per  $i' = i + \vartheta$

$F$  = spinta calcolata per  $\beta' = \beta + \vartheta$

$\beta$  = angolo formato dall'intradosso del muro con la verticale (positivo per intradosso inclinato verso l'esterno)

$i$  = angolo formato dalla superficie esterna del terreno con l'orizzontale (positivo verso l'alto)

Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base del muro pari a  $2/3$  dell'altezza del muro stesso;

2) una forza d'inerzia orizzontale

$$F_i = C \cdot W$$



ove:

$C$  = coefficiente d'intensità sismica

$W$  = peso proprio del muro

Tale forza d'inerzia va applicata nel baricentro dei pesi.

Le verifiche di cui detto innanzi potranno omettersi per muri di sostegno con altezza inferiore ai 3 metri.

#### ALLEGATO I

### 1. Tipologie e percentuali di foratura dei mattoni e blocchi artificiali.

#### 1.1. Definizioni.

**Mattoni e blocchi.** — Sono denominati mattoni gli elementi per murature di laterizio o di altro materiale idoneo avente generalmente forma parallelepipedica; gli elementi di grande formato (volume maggiore di 5.500 cm<sup>3</sup> circa) sono anche denominati blocchi.

**Foratura.** — Gli elementi per muratura possono essere dotati di incavi di limitata profondità su una o due facce opposte, di fori passanti da una faccia e quella opposta; di fori profondi non passanti.

Agli effetti delle presenti norme si indica con:

$A$  = area lorda della faccia delimitata dal suo perimetro

$f$  = area media della sezione normale di un foro

$F$  = area complessiva dei fori passanti e profondi non passanti

La percentuale di foratura è espressa dalla:

$$\varphi = 100 \frac{F}{A}$$

#### 1.2. Mattoni o blocchi pieni.

Si considerano pieni i mattoni o blocchi che abbiano incavi di limitata profondità destinati ad essere riempiti dal letto di malta, nonché gli elementi con fori passanti e profondi non passanti la cui foratura rientri nei limiti seguenti:

$$\varphi \leq 15\% \quad f \leq 0,03 A$$

#### 1.3. Mattoni e blocchi semipieni.

Si considerano semipieni gli elementi per murature per i quali risulti:

$$15\% < \varphi \leq 45\% \quad f \leq 4,5 \text{ cm}^2$$

La distanza minima tra un foro ed il perimetro esterno deve essere — per elementi lisci da parametro — di almeno 1,5 cm e per elementi rigati, al netto della rigatura, di almeno 1,2 cm.

I fori dovranno essere distribuiti pressochè uniformemente sulla faccia del pezzo.

Quando  $A$  sia maggiore di 300 cm<sup>2</sup>, l'elemento può essere dotato di un foro di presa di maggiori dimensioni fino ad un massimo di 35 cm<sup>2</sup>, da computare nella percentuale complessiva della foratura, avente lo scopo di agevolare la presa manuale; per  $A$  maggiore di 580 cm<sup>2</sup>, i fori di presa possono essere due con area di ogni foro non maggiore di 35 cm<sup>2</sup> e da computare nella percentuale complessiva della foratura.

### 2. Resistenze.

Gli elementi per murature dovranno avere le seguenti resistenze medie a rottura per compressione riferita alla superficie totale lorda, e valutata su almeno 30 elementi.

a) elementi pieni:

$R \geq 10 \text{ N/mm}^2$  (100 kg/cm<sup>2</sup>) per edifici di altezza maggiore di m 7,50

$R \geq 7 \text{ N/mm}^2$  (70 kg/cm<sup>2</sup>) per edifici di altezza fino a m 7,50

b) elementi semipieni:

in direzione dei carichi verticali:

$$R_1 \geq 8 \text{ N/mm}^2 \text{ (80 kg/cm}^2\text{)}$$

in direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura:

$$R_2 \geq 2 \text{ N/mm}^2 \text{ (20 kg/cm}^2\text{)}$$

I valori di  $R_1$  e  $R_2$  dovranno essere entrambi rispettati.

### 3. Accettazione.

Per l'accettazione all'impiego di elementi semipieni per murature, ogni produttore dovrà eseguire ogni sei mesi presso un laboratorio ufficiale di cui all'art. 20 della legge 5 novembre 1971, n. 1086, prove a rottura per compressione nelle due direzioni ciascuna su trenta elementi singoli.

Tale certificazione va sottoposta al direttore dei lavori per l'accettazione della fornitura.

Il direttore dei lavori potrà eseguire altre eventuali prove per la determinazione della media; in tal caso si opererà su almeno dieci elementi.

### 3. Istruzioni C.N.R. - 10024/86

**Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.**

#### 1. *Oggetto e scopo.*

Le Istruzioni precisano le modalità da seguire per la impostazione, l'elaborazione e la redazione delle relazioni di calcolo delle strutture d'Ingegneria civile ed industriale quando le relazioni stesse utilizzino, in tutto o in parte, il calcolo automatico.

Scopo delle Istruzioni è di conseguire:

- una unificazione formale nella presentazione delle relazioni;
- una sufficiente leggibilità;
- la ripetibilità dell'elaborazione da parte di terzi;
- la disponibilità di una adeguata documentazione dei codici di calcolo adottati;

favorendo così un buon grado di affidabilità dei calcoli condotti su elaboratore.

Il progettista resta comunque responsabile dell'intera relazione di calcolo.

#### C.1. *Oggetto e scopo.*

Le Istruzioni vogliono essere una guida per gli utilizzatori di codici di calcolo strutturale. Esse contengono indicazioni e suggerimenti finalizzati ad ottenere un buon grado di affidabilità dei calcoli, anche se la loro osservanza non garantisce di per sé la correttezza del calcolo dal punto di vista dell'analisi strutturale.

In assenza di una omologazione all'origine dei codici di calcolo strutturale da parte di un organo ufficiale, si richiama l'impegno primario del progettista a farsi carico del controllo della validità dei programmi che intende adottare.

Le Istruzioni hanno carattere di raccomandazione e fanno riferimento ai principi generali della progettazione validi indipendentemente dai materiali e dal tipo di costruzione.

Per quanto applicabili, queste Istruzioni potranno anche essere utilizzate per l'impostazione, l'elaborazione e la redazione delle relazioni di calcolo che non prevedano l'uso del calcolo automatico.

## *2. Intestazione della relazione di calcolo.*

Saranno indicati:

- il titolo del progetto;
- il committente;
- il nominativo dei progettisti;
- la data della prima stesura e degli eventuali successivi aggiornamenti con indicazione delle modifiche introdotte.

La relazione conterrà inoltre un indice analitico.

## *C.2. Intestazione della relazione di calcolo.*

L'indice generale della relazione di calcolo conterrà l'elenco dei paragrafi che compongono la relazione stessa e degli eventuali allegati, con l'indicazione delle pagine corrispondenti.

## *3. Individuazione del modello di calcolo.*

### *3.1. Descrizione generale dell'opera.*

L'opera viene individuata mediante la definizione dei seguenti elementi: localizzazione, destinazione e tipologia, dimensioni salienti; caratteristiche essenziali del sito; principali caratteristiche geotecniche del terreno fondazionale; tipo dei materiali strutturali; tipo delle azioni prevedibili sulla struttura.

### *C.3.1. Descrizione generale dell'opera.*

Lo scopo di questo punto è di fornire sintetiche indicazioni sulle caratteristiche dell'opera, con eventuale rinvio ad altri documenti specifici di accompagnamento. La descrizione tipologica della struttura va preferibilmente corredata da schemi grafici atti ad individuare forma e dimensioni significative; l'indicazione della destinazione dell'opera è volta a definire il livello di carico e di protezione; tra le caratteristiche generali del sito vanno segnalate: l'altitudine e la distanza dal mare, l'ubicazione nei confronti di spazi pubblici e di altri edifici, la pendenza del terreno.

### *3.2. Normative di riferimento.*

Vanno specificati gli estremi delle norme seguite per le indagini geognostiche, le ipotesi di carico, i criteri di progettazione e di esecuzione, le verifiche di sicurezza.

#### *C.3.2. Normative di riferimento.*

È necessario che i riferimenti alle normative, sia nazionali sia estere, siano precisi e dettagliati, con indicazioni dell'Ente normatore e della data di pubblicazione.

Oltre alle indicazioni generali il progettista, ove necessario, richiamerà nei successivi sviluppi dei calcoli e delle verifiche i paragrafi specifici delle norme utilizzate.

### *3.3. Criteri di analisi della sicurezza.*

Saranno indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi o di perdita di funzionalità.

#### *C.3.3. Criteri di analisi della sicurezza.*

In via generale, oltre alle verifiche di resistenza, dovranno essere prese in considerazione verifiche nei confronti dei fenomeni di instabilità, locale e di assieme, di fatica, di carenza di duttilità, di degrado e di perdita di funzionalità (ad esempio per eccessiva deformabilità dovuta sia a fenomeni elastici, sia a fenomeni viscosi) ecc.

### *3.4. Schematizzazione della struttura e dei vincoli.*

Lo schema della struttura viene individuato escludendo - sulla base di considerazioni riguardanti rigidità, resistenza e duttilità - gli elementi ritenuti non collaboranti, ed indicando i vincoli e le sconnessioni.

Particolare attenzione andrà rivolta all'interazione terreno-struttura.

### *C.3.4. Schematizzazione della struttura e dei vincoli.*

Nel processo di semplificazione della struttura onde ricavarne lo schema, è importante non escludere parti la cui eliminazione potrebbe portare a una descrizione non cautelativa del comportamento effettivo (ad esempio, negli edifici: tamponature sensibilmente dissimmetriche, corpi scala eccentrici o di grande rigidità, rampe scala, ecc.). In alcuni casi è opportuno adottare più schematizzazioni limite che plausibilmente racchiudano il comportamento reale. Vanno evidenziate le semplificazioni di tipo geometrico quali l'assunzione di complanarità per piani sfalsati, l'assunzione di orizzontalità per elementi strutturali in pendenza, ecc.

### *3.5. Modellazione della struttura e dei vincoli.*

Il modello matematico della struttura viene definito individuando i tipi strutturali dell'organismo resistente nel suo insieme, delle parti che lo compongono, nonché dei vincoli, illustrando, se del caso, le ipotesi semplificative adottate.

Vanno inoltre indicate le sezioni e i punti di verifica.

### *C.3.5. Modellazione della struttura e dei vincoli.*

Esempi di tipi strutturali sono:

- sistemi in stato piano di deformazione o tensione;
- sistemi assialsimmetrici;
- strutture intelaiate spaziali con o senza solai infinitamente rigidi nel loro piano;
- strutture intelaiate piane;
- volte sottili;
- piastre sottili.

Nell'analisi delle sottostrutture (solai, telai piani, ecc.) occorre chiaramente individuare le ipotesi assunte con riferimento al funzionamento locale da quello globale; nell'analisi di edifici con struttura a telaio si dovrà vagliare l'ammissibilità dell'ipotesi di indeformabilità degli orizzontamenti nel loro piano.

### *9.6. Schematizzazione delle azioni.*

Saranno indicati, con riferimento alle normative vigenti, i tipi delle azioni prese in conto, ivi compresi gli stati coattivi, nonché le condizioni e combinazioni di carico considerate.

### *9.7. Modellazione delle azioni.*

Nell'analisi dei carichi si indicheranno le entità e le distribuzioni delle azioni sugli elementi del modello strutturale, precisando, qualora i carichi non siano direttamente applicati alla membratura considerata, i meccanismi del loro trasferimento alla membratura stessa.

Nel caso di analisi dinamica analoghe considerazioni valgono per le masse.

Andranno altresì indicate le distorsioni applicate (variazioni termiche, cedimenti anelastici, ecc.).

### *C.9.7. Modellazione delle azioni.*

In generale si dovranno precisare le ipotesi assunte per definire il flusso delle azioni tra parti della struttura i cui schemi sono trattati separatamente (ad es. entità e leggi di distribuzione dei carichi trasmessi dai solai alle strutture che li sostengono, dalle tamponature ai telai di contorno per effetto del peso proprio e del vento, dalle strutture in elevato alle fondazioni quando queste siano oggetto di calcolazioni separate).

Nel caso di distorsioni da ritiro, viscosità, precompressione, ecc., occorre indicare, oltre all'entità e alle leggi di distribuzione, il metodo adottato per introdurle nel calcolo.

### *9.8. Modellazione dei materiali.*

Sarà indicato il legame costitutivo adottato per i diversi materiali previsti nella struttura ed eventualmente per il terreno

### *C.9.8. Modellazione dei materiali.*

Nel caso di ipotesi di comportamento elastico lineare sarà sufficiente definire le caratteristiche elastiche e di resistenza dei materiali.

Nel caso più generale si dovrà indicare il legame costitutivo ipotizzato e definire le proprietà reologiche (ritiro, fluage, rilassamento, ecc.), anche considerando le fasi di esecuzione, la tipologia costruttiva, nonché la natura dei carichi ed i livelli tensionali previsti.

Ove occorra, in presenza di azioni dinamiche, si preciserà anche il tipo e l'entità dello smorzamento della struttura.

### *3.9. Tipo di analisi.*

Con riferimento ai diversi aspetti delle verifiche indicate al punto 3.3., devono essere evidenziati i tipi di analisi adottati.

In particolare si preciserà se l'analisi condotta è statica o dinamica, lineare o non lineare, e se trattasi di un passo nell'ambito di più analisi concatenate.

Andrà inoltre individuato, per ogni tipo di analisi, il metodo numerico adottato per la risoluzione del problema strutturale così caratterizzato, in relazione anche ai tipi strutturali di appartenenza; infine, ove presenti, andranno indicate le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni.

### *C.3.9. Tipo di analisi.*

Il metodo numerico è individuato precisando il tipo di discretizzazione operata (differenze finite, elementi finiti, striscie finite, elementi al contorno, ecc.).

In ogni caso occorre indicare il procedimento in base al quale vengono valutate le forze nodali.

Nel caso di analisi dinamica, occorre indicare se si fa uso di matrice "consistente" della massa o di matrice di sole masse concentrate; in quest'ultimo caso si indicherà il modo con cui queste masse sono state valutate.

Con "analisi concatenate" si intendono quelle condotte su parti distinte della stessa struttura o sull'intera struttura diversamente modellata, nelle quali i dati di ingresso provengono da analisi precedenti.



#### *4. Individuazione dei codici di calcolo.*

##### *4.1. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo adottati.*

La relazione di calcolo conterrà, per ogni programma utilizzato, i dati seguenti:

- titolo, autore, organizzazione distributrice, sigla e data della versione;
- eventuali modifiche apportate dall'utente;
- tipo di assistenza da parte del fornitore;
- tipo di documentazione effettivamente usata (manuale teorico, manuale d'uso, bibliografia dei fondamenti teorici, ecc.);
- breve descrizione e campo di applicazione;
- informazioni sintetiche sui fondamenti teorici, sui metodi di calcolo numerico usati, sulle normative di riferimento e sui limiti di applicabilità.

##### *C.4.1. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo adottati.*

Le informazioni generali sono richieste per la esatta individuazione e per la piena caratterizzazione del codice di calcolo, anche agli effetti di un eventuale controllo indipendente dalla elaborazione. Nel caso che lo stesso progettista sia l'autore del codice le informazioni saranno conseguentemente limitate agli ultimi tre capoversi del testo.

##### *4.2. Grado di affidabilità dei codici.*

Nella relazione di calcolo verrà formulata una valutazione del grado di affidabilità di ciascun programma usato sulla base dei seguenti requisiti:

- esistenza di una documentazione esauriente sulle premesse teoriche, sulla impostazione generale e sui limiti di applicabilità del codice;
- esistenza di controlli e riscontri con soluzioni note e con risultati ottenuti con procedimenti indipendenti;
- presenza nel codice di un'autodiagnostica atta a segnalare eventuali incompatibilità nei dati e difficoltà numeriche in fase di elaborazione;
- capacità del codice di fornire sintetiche rappresentazioni dei risultati salienti, anche intermedi, per consentire un rapido controllo dei dati di uscita.

Gli elementi necessari perché il progettista effettui la valutazione di cui sopra saranno forniti dal distributore del programma.

#### *C.4.2. Grado di affidabilità dei codici.*

La documentazione deve essere sufficiente per consentire all'utente un'effettiva comprensione del programma utilizzato, che tenda ad escludere applicazioni improprie, sia sotto il profilo del modello di calcolo sia nei riguardi della potenzialità delle procedure numeriche.

È opportuno che la documentazione del codice contenga una serie di problemi campione, estesa a numerose situazioni differenti per tipo di carico, di vincolo, di elementi strutturali.

È altresì importante un'assistenza da parte dell'autore o del distributore, atta a garantire l'eliminazione tempestiva di eventuali errori o difetti di funzionamento, l'aggiornamento anche in rapporto all'evoluzione della normativa, la corretta individuazione delle possibilità d'uso del programma.

L'utilizzazione di un codice di calcolo non assistito o privo di una adeguata ed esauriente documentazione, sia teorica, sia operativa, è sconsigliabile.

#### *4.3. Scelta dei codici.*

Il codice di calcolo adottato deve utilizzare un modello matematico compatibile con le scelte di modellazione indicate nei punti 3.5., 3.7., 3.8., 3.9.

#### *C.4.3. Scelta dei codici.*

Il progettista evidenzierà la coerenza del problema particolare trattato con quelli risolti dal codice o altrimenti valuterà criticamente la significatività dei risultati con esso ottenibili.

#### *4.4. Programmi di servizio.*

Si possono omettere le indicazioni elencate ai paragrafi 4.1., 4.2. e 4.3. per programmi ausiliari o di servizio, per i quali vanno comunque condotti i controlli previsti al capitolo 6.

#### *C.4.4. Programmi di servizio.*

Si intendono con programmi di servizio quelli aventi scopi limitati, basati su algoritmi semplici, i cui risultati siano verificabili con calcolo manuale.

## *5. Modalità di presentazione.*

### *5.1. Stampa dei dati di ingresso.*

Per una completa presentazione dell'analisi svolta si richiede una lista di tutti i dati di ingresso comunque forniti o generati, tali da definire univocamente le caratteristiche geometriche, meccaniche, di carico dello schema e del modello, sufficientemente dettagliata da permettere a terzi una rielaborazione indipendente del problema.

Tale lista deve essere prodotta dal calcolatore preferibilmente durante la fase stessa di elaborazione e dovrà essere integrata dalle indicazioni relative a: simbologia, unità di misura, convenzioni sui riferimenti locali e globale, sul segno delle caratteristiche di sollecitazione e delle componenti di spostamento. Se del caso, andrà indicato il criterio di resistenza adottato.

Per una migliore leggibilità dei dati è inoltre opportuno allegare rappresentazioni grafiche del modello adottato, possibilmente fornite per via automatica dall'elaboratore.

Nel caso di più analisi concatenate andrà chiaramente evidenziata la provenienza dei dati utilizzati in ogni fase.

#### *C.5.1. Stampa dei dati di ingresso.*

Con riferimento a strutture intelaiate o a strutture discretizzate agli elementi finiti, la lista dei dati deve comprendere:

- coordinate nodali;
- vincoli e sconnessioni;
- incidenze;
- caratteristiche meccaniche dei materiali;
- tipo e caratteristiche geometriche degli elementi;
- tipo ed intensità delle azioni (carichi e distorsioni);
- combinazioni delle azioni;
- caratteristiche geometriche delle sezioni di verifica prescelte.

### *5.2. Stampa dei risultati.*

Si richiede la presentazione di quanto è essenziale a descrivere lo stato di sollecitazione, di tensione e di deformazione della struttura in esame, quali risultano dall'analisi svolta.

Per una analisi statica, o dinamica con integrazione diretta, saranno fornite, per le condizioni di carico, significative informazioni riguardanti:

- componenti di spostamento in un numero di punti sufficiente a valutare le configurazioni deformate;
- componenti di sforzo e di tensione, ed eventualmente il loro inviluppo, in un numero di punti sufficiente a permettere una verifica di sicurezza della struttura;
- componenti di reazione.

Per analisi dinamiche che usano un metodo di sovrapposizione modale saranno inoltre riportati:

- periodi propri;
- tipo di sovrapposizione modale utilizzato;
- entità delle masse modali o coefficienti di partecipazione.

Nel caso di una verifica automatica delle sezioni occorre indicare, per ciascuna sezione: le caratteristiche geometriche, le caratteristiche di sollecitazione e le tensioni.

#### *C.5.2. Stampa dei risultati.*

Al fine di una migliore leggibilità dei risultati si consiglia di far ricorso a rappresentazioni grafiche, preferibilmente ottenute per via automatica; fra le varie possibili si segnalano:

- curve di isosforzo;
- rappresentazioni di tensioni principali o sollecitazioni principali;
- diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione;
- rappresentazioni di deformate;
- rappresentazioni di deformate modali.

Nel caso si alleggi la stampa completa di spostamenti e sollecitazioni è opportuno evidenziare i valori relativi alle sezioni di verifica prescelte.

#### *5.9. Notizie sull'elaborazione.*

Si riporteranno le indicazioni atte ad individuare l'elaboratore utilizzato e l'elaborato prodotto.

### *C.5.9. Notizie sull'elaborazione.*

Indicazioni significative sono:

Per l'elaboratore:

- tipo;
- capacità di memoria centrale effettivamente disponibile;
- lunghezza (in bit) della parola;
- unità di memoria di massa;
- unità periferiche;
- sistema operativo e sua versione.

Per i programmi utilizzati:

- tipo di linguaggio;
- tipo di variabili usate (semplice o doppia precisione);
- numero di bytes per tipo di variabile.

Per l'elaborato:

- intestazione;
- data e ora di esecuzione;
- tempo di esecuzione;
- numerazione sequenziale delle pagine anche per poter evidenziare eventuali aggiunte o modifiche.

## *6. Esame dei risultati e controlli.*

### *6.1. Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista del corretto comportamento del modello.*

È necessario il controllo da parte del progettista del corretto comportamento del modello adottato.

Tale controllo può effettuarsi attraverso riscontri di elementi significativi, quali:

- la compatibilità dei dati geometrici;
- l'assenza di labilità;
- l'entità dei valori delle risultanti dei carichi per le varie condizioni;
- l'equilibrio dell'intera struttura o di sue parti significative per le singole condizioni di carico;

- la simmetria o antisimmetria dei risultati nel caso di strutture simmetriche, caricate simmetricamente o antisimmetricamente;
- il rispetto delle condizioni di vincolo imposte;
- l'entità degli squilibri o incongruenze nodali per le singole condizioni di carico.

#### *C.6.1. Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista del corretto*

Il controllo previsto è agevolato dalla disponibilità di elaborati grafici automatici.

Particolare attenzione richiede l'uso di programmi che prevedano una generazione automatica di alcuni dati. In tal caso è necessario verificare la correttezza dell'avvenuta generazione.

Se i controlli ripetitivi sono effettuati in maniera sistematica dallo stesso programma di calcolo, il progettista potrà limitarsi ad una loro verifica sporadica.

#### *6.2. Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista numerico.*

Compito del progettista è verificare che la soluzione ottenuta non sia viziata da errori di tipo numerico legati all'algoritmo risolutivo e alle caratteristiche dell'elaboratore.

#### *C.6.2. Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista numerico.*

Al progettista potrebbero risultare utili alcuni dei parametri e dei controlli seguenti, forniti o effettuati dallo stesso programma di calcolo:

- numero di cifre utilizzate nei procedimenti numerici significativi;
- indice di condizionamento delle matrici;
- numero di iterazioni effettuate per raggiungere la tolleranza prefissata;
- massimi e minimi elementi nella matrice di rigidezza della struttura;
- rapporto tra pivot massimo e minimo, da confrontare con il numero di cifre significative utilizzate;
- verifica dell'ortogonalità dei modi di vibrare.

## 7. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Il progettista deve effettuare una valutazione complessiva della attendibilità dei risultati dell'analisi strutturale automatica:

- confrontandoli, per quanto possibile, come ordine di grandezza, con quelli di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali e, ad esempio, adottati per il primo proporzionamento della struttura;
- verificando, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

La relazione deve elencare e illustrare sinteticamente i controlli effettuati.

### C.7. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Per saggiare la sensibilità della procedura di calcolo automatico adottata, il progettista può eseguire più calcolazioni adottando ipotesi semplificative diverse o schemi lievemente modificati; in particolare, in un calcolo agli elementi finiti, è opportuno variare le dimensioni e il tipo degli elementi.

Possono essere utili, ove esistano, l'individuazione e lo studio di situazioni limite più semplici tra le quali si colloca il caso in esame.

Quando non siano possibili controlli con metodi semplificati può essere opportuno il confronto tra i risultati di elaborazioni eseguite con programmi diversi.

Alcune delle semplificazioni adottate in sede di schematizzazione devono trovare una giustificazione a posteriori in un esame delle sollecitazioni e degli spostamenti che ne conseguono: ad esempio la modesta entità degli spostamenti può convalidare l'ipotesi di comportamento geometricamente lineare; il segno della reazione di contatto trave-suolo elastico rende ammissibile l'ipotesi di vincolo bilaterale; la limitatezza del valore delle reazioni di vincoli ad attrito può giustificare le ipotesi sull'efficacia dei vincoli stessi, interni o esterni; la constatazione di errori di congruenza modesti rispetto agli spostamenti di piano, può giustificare l'uso di metodi approssimati per la ripartizione delle azioni sismiche negli edifici multipiano.





## BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Grandori, *Introduzione all'ingegneria sismica*, Tamburini, Milano, 1970.
- [2] M. Pagano, *Teoria degli edifici*, 2° vol. *Edifici in cemento armato*, Liguori, Napoli, 1970.
- [3] R. Baldacci, G. Ceradini, E. Giangreco, *Dinamica e stabilità*, Italsider, Genova, 1971.
- [4] J. Meek, *Matrix structural analysis*, McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokio, 1971.
- [5] A. Castellani ed altri, *Calcolo di strutture in zona sismica*, Tamburini, Milano, 1975.
- [6] A. Castiglione, *Introduzione alla dinamica delle strutture*, Tamburini, Milano, 1975.
- [7] M. Mele ed altri, *Ingegneria sismica*, Springer-Verlag, Wien-New York 1976.
- [8] C. Gavarini, *Dinamica delle strutture*, ESA, Roma, 1977.
- [9] M. Capurso, *Introduzione al calcolo automatico delle strutture*, Cremonese, Roma, 1977.
- [10] *Il comportamento delle strutture portanti di acciaio alle azioni sismiche, monografia 1. Riferimenti sulla progettazione strutturale*, Italsider, Genova, 1977.
- [11] M. Como, G. Lanni, *Elementi di costruzioni antisismiche*, Cremonese, Roma, 1979.
- [12] M. Pagano, *Teoria degli edifici*, 3° vol. 1° tomo. *Telai per edifici a maglie rettangolari*, Liguori, Napoli, 1979.
- [13] C. Gavarini ed altri, *Ingegneria antisismica*, ESA, Roma, 1980.
- [14] D. J. Dowrick, *Progettazione antisismica*, Hoepli, Milano, 1981.
- [15] M. Pagano, *Teoria degli edifici*, 3° vol. 2° tomo. *Telai per edifici. Schemi particolari*, Liguori, Napoli, 1979.
- [16] C. Gavarini, M. Mele, R. Ramasco, *Progettazione di strutture in cemento armato in zona sismica*, CISM, Udine, 1982.
- [17] F. Motta, *Analisi statica di strutture antisismiche*, Bonaccorso, Catania, 1982.
- [18] G. Sarà ed altri, *Ingegneria antisismica*, Liguori, Napoli, 1985.
- [19] A. Gherzi, *Il personal computer nel calcolo di edifici. Introduzione alla programmazione*, 2° ediz., CUEN, Napoli, 1987.
- [20] A. Giliberti, *Una più razionale struttura della scala per edifici in zona sismica*, CUEN, Napoli, 1987.
- [21] A. Gherzi, P. Lenza, *Teoria degli edifici*, 3° vol. 3° tomo. *Telai spaziali per edifici regolari a piani rigidi*, Liguori, Napoli, 1988.

