

Gianni Michele De Gaetanis

MANUALE DELLE COSTRUZIONI IN MURATURA

CARATTERISTICHE, AZIONI, VERIFICHE

AGGIORNATO AL D.M. 14 GENNAIO 2008, D.M. 6 MAGGIO 2008,
C.M. 2 FEBBRAIO 2009, N. 617, C.M. 5 AGOSTO 2009, C.M. 11 DICEMBRE 2009
E D.P.C.M. 9 GENNAIO 2011 RELATIVO ALLA VALUTAZIONE E RIDUZIONE
DEL RISCHIO SISMICO DEL PATRIMONIO CULTURALE



CD-ROM INCLUSO

SOFTWARE PER LA VERIFICA DI STRUTTURE MURARIE

**GRAFILL**

Gianni Michele De Gaetanis
MANUALE DELLE COSTRUZIONI IN MURATURA

ISBN 13 978-88-8207-425-8
EAN 9 788882 074258

Manuali, 99
Prima edizione, maggio 2011

De Gaetanis, Gianni Michele <1970->
Manuale delle costruzioni in muratura /
Gianni Michele De Gaetanis. – Palermo : Grafill, 2011.
(Manuali ; 99)
ISBN 978-88-8207-425-8
1. Costruzioni in muratura. SBN Pal0233519
693.1 CDD-22
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313
Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di maggio 2011

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

Prefazione	p.	11
Avvertenze e quadro legislativo	*	12
Avvertenze.....	*	12
Quadro legislativo.....	*	12
SIMBOLI UTILIZZATI	*	17
STATI LIMITE: PRINCIPI GENERALI	*	29
Principi generali.....	*	31
Introduzione.....	*	31
Metodi di calcolo.....	*	31
Definizione di stato limite.....	*	32
Definizione di vita nominale.....	*	33
Definizione di durabilità.....	*	34
Sicurezza.....	*	34
Stati limite non sismici.....	*	34
Stati limite sismici.....	*	36
Combinazioni delle azioni.....	*	37
Verifiche agli SLU.....	*	37
Verifiche agli SLE/SLS.....	*	41
Metodi di analisi.....	*	42
Analisi non sismica.....	*	42
Analisi semplificata.....	*	43
Analisi lineare.....	*	43
Analisi non lineare.....	*	44
Analisi sismica.....	*	44
Generalità.....	*	44
Oscillazioni: nota teorica.....	*	46
Criteri di analisi.....	*	62
Metodi di calcolo.....	*	64
Analisi lineare statica.....	*	64
Analisi lineare dinamica.....	*	68
Analisi non lineare statica.....	*	71
Analisi non lineare dinamica.....	*	72
Risposte alle componenti di calcolo.....	*	73
Riferimenti normativi e bibliografici.....	*	75
CARATTERISTICHE DELLE COSTRUZIONI DI MURATURA	*	77
Principi generali per le costruzioni.....	*	79
Principi generali per le costruzioni in zona sismica.....	*	80
Criteri di progetto.....	*	80
Strutture dissipative e non.....	*	80
Duttilità.....	*	81
Caratteristiche degli edifici in zona sismica.....	*	82
Requisiti geometrici d'insieme.....	*	82
Altezze massime.....	*	82

Distanze minime.....	p.	83
Regolarità.....	*	83
Regolarità in pianta.....	*	84
Regolarità in altezza.....	*	84
Costruzioni semplici.....	*	84
Elementi secondari, strutturali e non strutturali.....	*	85
Elementi non strutturali.....	*	86
Elementi strutturali e strutturali secondari.....	*	87
Caratteristiche delle strutture in zona sismica.....	*	87
Tipologie strutturali.....	*	87
Fattore di struttura.....	*	87
Modellazione strutturale.....	*	88
Modellazione a mensola.....	*	89
Modellazione "Shear type".....	*	92
Travi di accoppiamento.....	*	96
Localizzazione nell'edificio.....	*	96
Caratterizzazione meccanica.....	*	97
Riferimenti normativi e bibliografici.....	*	100
AZIONI E SOLLECITAZIONI.....	*	101
Azioni.....	*	103
Definizione di azione.....	*	103
Classificazione delle azioni.....	*	103
Azioni permanenti.....	*	105
Componenti strutturali.....	*	105
Componenti non strutturali.....	*	105
Azioni variabili.....	*	106
Azioni legate alla destinazione d'uso.....	*	107
Azione della neve.....	*	110
Carico neve al suolo.....	*	110
Coefficiente di forma.....	*	112
Copertura monofalda.....	*	113
Copertura a falda doppia.....	*	114
Copertura a più falde.....	*	115
Copertura cilindrica.....	*	118
Copertura adiacente o vicina a coperture più alte.....	*	119
Effetti locali.....	*	121
Coefficiente termico.....	*	122
Coefficiente di esposizione.....	*	122
Calcolo del carico neve sulla copertura.....	*	122
Carico dovuto a neve aggettante dal bordo di una copertura.....	*	123
Carico su barriere paraneve e/o altri ostacoli.....	*	123
Densità della neve.....	*	124
Azione del vento.....	*	124
Pressione cinetica di riferimento.....	*	129
Definizione di velocità di riferimento.....	*	130
Periodo di ritorno.....	*	131
Coefficiente di esposizione e di topografia.....	*	132

Coefficiente di forma.....	p.	137
Edifici a pianta rettangolare.....	“	137
Coperture multiple.....	“	140
Tettoie e pensiline isolate.....	“	141
Travi ad anima piena e reticolari.....	“	141
Torri e pali a traliccio.....	“	142
Corpi cilindrici e prismatici.....	“	143
Corpi sferici.....	“	144
Coefficients di forma associati alle pressioni massime locali.....	“	144
Coefficiente dinamico.....	“	146
Coefficiente di attrito.....	“	146
Azione della temperatura.....	“	146
Distribuzione di temperatura negli elementi strutturali.....	“	147
Situazioni specifiche.....	“	150
Azioni eccezionali.....	“	150
Azione dell'incendio.....	“	150
Definizione di resistenza al fuoco.....	“	150
Definizione di compartimento.....	“	150
Definizione di incendio.....	“	150
Definizione di incendio localizzato.....	“	150
Incendio convenzionale di progetto.....	“	152
Evoluzione della temperatura.....	“	154
Comportamento meccanico delle strutture.....	“	154
Livelli di prestazione e classi di resistenza.....	“	154
Verifiche di sicurezza.....	“	155
Azione delle esplosioni.....	“	155
Definizione di esplosione.....	“	156
Modelli per le azioni.....	“	156
Criteri di progettazione.....	“	158
Azione degli urti/impatti.....	“	158
Definizione di urto.....	“	158
Modelli per l'azione degli urti.....	“	159
Collisioni di veicoli.....	“	161
Azione sismica.....	“	165
Generalità.....	“	165
Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche.....	“	169
Definizione di volume significativo di terreno.....	“	169
$V_{S,30}$	“	169
$N_{SPT,30}$	“	169
$C_{u,30}$	“	169
Categorie.....	“	170
Condizioni topografiche.....	“	172
Spettri elastici.....	“	172
Definizioni.....	“	172
Reticolo di riferimento.....	“	173
Fattori di calcolo degli spettri.....	“	174
Classe d'uso e periodo di riferimento.....	“	177

Classe d'uso.....	p.	177
Periodo di riferimento.....	*	178
Periodo di ritorno dell'azione sismica.....	*	179
Spettri di risposta elastica.....	*	179
Spostamento orizzontale del terreno.....	*	180
Velocità orizzontale del terreno.....	*	181
Accelerogrammi (cenni).....	*	182
Accelerogrammi artificiali.....	*	182
Accelerogrammi simulati.....	*	183
Accelerogrammi naturali (registrati).....	*	183
Spettri di progetto.....	*	184
Fattore di struttura.....	*	184
Spettri agli SLU.....	*	184
Spettri agli SLE/SLS.....	*	185
Obblighi di progettazione e deroghe.....	*	186
Riferimenti normativi e bibliografici.....	*	187
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	*	191
Materiali.....	*	193
Definizione di muratura.....	*	193
Malte per le murature.....	*	193
Malte a prestazione garantita.....	*	193
Malte a composizione prescritta.....	*	194
Elementi resistenti.....	*	195
Categorie di attestazione.....	*	195
Coefficienti parziali di sicurezza.....	*	196
Gruppi degli elementi.....	*	197
Murature.....	*	197
Tipologie.....	*	197
Parametri di calcolo.....	*	198
Murature costituite da elementi resistenti artificiali.....	*	200
Elementi resistenti in laterizio.....	*	200
Generalità.....	*	200
Caratteristiche meccaniche della muratura.....	*	201
Elementi resistenti in calcestruzzo.....	*	202
Generalità.....	*	202
Caratteristiche meccaniche della muratura.....	*	203
Murature costituite da elementi resistenti naturali.....	*	203
Generalità.....	*	203
Caratteristiche meccaniche della muratura.....	*	204
Legame costitutivo.....	*	205
Verifiche non sismiche.....	*	205
Verifiche sismiche.....	*	206
Riferimenti normativi.....	*	207
STATI LIMITE: VERIFICHE.....	*	209
Criteri per le verifiche non sismiche agli SLU.....	*	211
Concetti introduttivi.....	*	211
Procedure di calcolo.....	*	211

Pressoflessione per carichi laterali.....	p.	212
Eccentricità.....	*	213
Tipi di eccentricità.....	*	213
Combinazioni delle eccentricità.....	*	214
Calcolo delle eccentricità.....	*	214
Eccentricità strutturale.....	*	214
Eccentricità per tolleranze di esecuzione.....	*	216
Eccentricità per carichi orizzontali.....	*	216
Combinazioni delle eccentricità.....	*	216
Coefficiente di eccentricità.....	*	217
Coefficienti di riduzione della resistenza.....	*	217
Snellezza convenzionale.....	*	218
Fattore laterale di vincolo.....	*	218
Coefficiente Φ	*	220
Verifiche.....	*	221
Pressoflessione per azioni nel piano del muro.....	*	222
Pressoflessione per carichi laterali e per azioni nel piano del muro.....	*	225
Taglio per azioni nel piano del muro.....	*	227
Carichi concentrati.....	*	229
Fattore di miglioramento.....	*	230
Travi di accoppiamento.....	*	233
Criteri per le verifiche non sismiche agli SLE.....	*	234
Verifiche di resistenza alle TE.....	*	234
Criteri per le verifiche sismiche agli SLU.....	*	234
Pressoflessione fuori piano.....	*	234
Calcolo del momento dovuto ai carichi verticali.....	*	236
Calcolo del momento dovuto alle azioni sismiche.....	*	236
Verifiche.....	*	238
Pressoflessione nel piano del muro.....	*	240
Taglio per azioni nel piano del muro.....	*	242
Travi di accoppiamento in muratura.....	*	244
Spostamenti.....	*	246
Spostamenti allo SLV.....	*	246
Criteri per le verifiche sismiche agli SLE.....	*	246
Spostamenti allo SLD.....	*	246
Spostamenti allo SLO.....	*	247
Ripartizione delle azioni di piano.....	*	247
Ripartizione diretta delle azioni orizzontali di piano.....	*	248
Riferimenti normativi.....	*	251
SISTEMI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI DELLE STRUTTURE DI MURATURA.....	*	253
Caratteristiche delle murature.....	*	255
Prescrizioni generali.....	*	255
Prescrizioni sismiche.....	*	255
Pareti perimetrali portanti.....	*	256
Strutture miste muratura e cls armato.....	*	256
Elementi costruttivi.....	*	257

Cordoli.....	p.	257
Caratteristiche generali.....	*	257
Geometria e armature.....	*	257
Cenni sulle fondazioni.....	*	258
Architravi.....	*	258
Luce teorica di calcolo.....	*	259
Totalità dei carichi agenti.....	*	259
Peso proprio dell'architrave.....	*	259
Prisma murario gravante sull'architrave e carichi concentrati.....	*	260
Carico distribuito sull'architrave.....	*	261
Appoggi architrave.....	*	261
Giunti di dilatazione.....	*	262
Riferimenti normativi.....	*	264
SOLAI: CENNI	*	265
Solai.....	*	267
Generalità.....	*	267
Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi forati di laterizio.....	*	267
Caratteristiche dei blocchi di laterizio.....	*	268
Caratteristiche dei solai.....	*	268
Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi diversi dal laterizio....	*	269
Solai realizzati con l'associazione di componenti prefabbricati in c.a. e c.a.p.	*	270
Dimensionamento di un solaio monotrave.....	*	270
Calcolo dei momenti resistenti.....	*	271
Momento ultimo.....	*	271
Momento in esercizio.....	*	273
Calcolo del taglio resistente.....	*	275
Riferimenti normativi.....	*	277
VALUTAZIONE DELL'ESISTENTE (CENNI)	*	279
Valutazione dell'esistente.....	*	281
Definizione di costruzione esistente.....	*	281
Valutazione della sicurezza per le costruzioni esistenti....	*	282
Intervento di adeguamento.....	*	283
Intervento di miglioramento.....	*	283
Intervento di riparazione o locale.....	*	283
Elementi generali di valutazione delle strutture.....	*	284
Analisi storico-critica.....	*	284
Rilievo della struttura.....	*	285
Caratterizzazione meccanica dei materiali.....	*	285
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza.....	*	285
Azioni.....	*	286
Elementi di valutazione del patrimonio storico-culturale.....	*	286
Conoscenza del manufatto.....	*	286
Valutazione della sicurezza sismica.....	*	288
Analisi sismica.....	*	289
Livelli di valutazione.....	*	289

Modelli di valutazione.....	p.	290
Costruzioni di muratura.....	*	290
Riferimenti normativi.....	*	292
TABELLE	*	293
Quote sul livello del mare.....	*	295
Tabelle pesi.....	*	297
Densità volumiche.....	*	297
Densità superficiali.....	*	301
Riferimenti normativi.....	*	302
ESEMPI APPLICATIVI	*	303
Considerazioni introduttive.....	*	305
Progetto di una struttura di osservazione.....	*	305
Definizione geometrica della struttura e soluzioni tecniche.....	*	305
Geometria della struttura.....	*	305
Considerazioni geometriche sulle altezze.....	*	306
Primi vincoli sulle murature.....	*	309
Geometria per il calcolo e modello.....	*	311
Caratteristiche meccaniche delle murature.....	*	312
Analisi dei carichi.....	*	312
Precisazioni di calcolo.....	*	313
Carichi permanenti.....	*	313
Strutture di coronamento e solaio di copertura.....	*	313
Strutture ambiente di osservazione.....	*	313
Strutture verticali di base.....	*	314
Carichi variabili.....	*	315
Azione della neve.....	*	315
Azione del vento.....	*	316
Azioni legate alla destinazione d'uso.....	*	319
Calcolo dei carichi.....	*	320
Calcolo dei carichi permanenti.....	*	320
Calcolo dei carichi variabili.....	*	325
Carico neve.....	*	325
Carico vento.....	*	326
Carico per la destinazione d'uso.....	*	336
Verifiche non sismiche.....	*	336
Combinazioni agli SLU: verifiche dei maschi.....	*	337
Piano primo: combinazioni e verifiche.....	*	338
Piano terra: combinazioni e verifiche.....	*	345
Combinazioni agli SLU: verifiche locali.....	*	371
Piano primo: combinazioni e verifiche.....	*	371
Piano terra: combinazioni e verifiche.....	*	375
Combinazioni agli SLE.....	*	378
Verifiche sismiche.....	*	378
Caratteristiche sismiche del sito.....	*	379
Carichi permanenti.....	*	385
Carichi variabili.....	*	387

Carichi e combinazioni agli SLU.....	p.	387
Taglio di piano.....	*	388
Carichi verticali.....	*	390
Piano primo; verifiche.....	*	391
Piano terra sopra il graticcio: verifiche.....	*	396
Piano terra sotto il graticcio: verifiche.....	*	401
Riepilogo dei risultati.....	*	406
Carichi e combinazioni agli SLE.....	*	406
Progetto di quattro appartamenti.....	*	407
Definizione geometrica della struttura e soluzioni tecniche.....	*	407
Geometria della struttura.....	*	407
Considerazioni geometriche sulle altezze.....	*	407
Primi vincoli sulle murature.....	*	414
Geometria per il calcolo e modello.....	*	415
Caratteristiche meccaniche delle murature.....	*	420
Centro di massa e rigidità.....	*	422
Verifiche sismiche.....	*	439
Masse della struttura e matrice di massa.....	*	441
Rigidità della struttura e matrici di rigidità.....	*	444
Calcolo dei periodi propri di vibrazione e dei coefficienti di partecipazione.....	*	446
Carichi sismici.....	*	449
Calcolo delle forze di piano.....	*	453
GUIDA ALL'INSTALLAZIONE E ALL'UTILIZZO DEL SOFTWARE.....	*	457
Introduzione al software.....	*	459
Requisiti di sistema.....	*	459
Richiesta della password.....	*	459
Installazione del software.....	*	459
Utilizzo del software.....	*	462
Tasti ad accesso rapido.....	*	462
Menu a tendina.....	*	463
Menu "Gestione Archivi".....	*	463
Menu "Calcola".....	*	466
Menu "Stampa".....	*	470
LICENZA D'USO DEL SOFTWARE.....	*	471
SCHEDA DI REGISTRAZIONE DEL SOFTWARE.....	*	472

Prefazione

Ventisette bambini e un insegnante: è questo il bilancio, in vite umane, del terremoto che il 31 ottobre 2002 colpisce San Giuliano di Puglia.

A questo terremoto ne segue un secondo, relativamente alla legislazione tecnica, rappresentato dall'Ord.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274.

Il disposto tecnico, se da un lato è un atto di innovazione rispetto alla obsoleta norma tecnica italiana, dall'altro è viziato; presenta incongruenze, sotto taluni aspetti tecnici è incomprensibile, in contrasto con l'esperienza pratica e soprattutto, per come viene emanato, delinea una tendenza a definire, a livello di organi centrali, aspetti normativi costruiti, fino a quel momento, con un ampio e condiviso contributo tecnico.

La inadeguatezza della classificazione sismica italiana secondo l'Ordinanza è suggellata da un evento naturale, purtroppo devastante anche questo: il terremoto che ha colpito l'Aquila il 6 aprile 2009.

La città è classificata a medio rischio: risulta superfluo soffermarsi su ulteriori considerazioni essendo sufficiente osservare i danni prodotti dal sisma per capire la portata dell'errore.

Non è l'unico (errore): fuori misura erano anche le previsioni di altre aree quali quella tra il Gargano e l'Ofanto, alcune parti della Sila e una grossa area della Sicilia orientale e centrale

Un rimedio viene posto con la nuova classificazione dell'INGV: la cura è un reticolo di riferimento che definisce la pericolosità sismica dell'intera penisola in relazione al periodo di ritorno dell'azione sismica.

Le NTC, pur non essendo esenti da problemi interpretativi e/o da qualche refuso, hanno la struttura di coerenza ed organicità tipica degli eurocodici.

È proprio alle NTC che il presente manuale rivolge l'attenzione, con una struttura simile a quella del "Manuale di calcolo agli stati limite – calcestruzzo con armatura metallica" – II Ed. – Grafill).

Il metodo di riferimento per il calcolo è quello degli stati limite. Tale metodo costituisce lo strumento tecnico meglio descrittivo della meccanica dei materiali ed ormai il riferimento: bisogna sottolineare che lo è diventato per imposizione non per una razionale e cosciente padronanza da parte dei progettisti.

Infatti è inevitabile riscontrare ancora una certa confusione, aggravata da una carenza normativa, legata al concetto di stato limite.

Stato limite è, secondo norma, lo stato raggiunto e superato il quale la struttura non è più in grado di assolvere alle funzioni per le quali è stata progettata, costruita e realizzata. Una definizione macroscopica e funzionale che non fornisce alcuna informazione sulla meccanica dei materiali.

Anche per la progettazione di opere in muratura, l'obiettivo finale del progettista è la verifica degli elementi strutturali: è più logico, nonché più ragionevole, relazionare lo stato limite ai materiali.

Uno stato di sforzo limite è quel particolare contesto meccanico in corrispondenza del quale si assiste alla transizione o variazione di una o più di una delle proprietà meccaniche del materiale stesso (definizione tratta da "Resistenza dei materiali", I. Feodosov * Ed. Riuniti, pag. 270).

Una tale definizione delinea anche la netta separazione fra la progettazione allo stato limite ultimo e lo stato limite di esercizio.

Infine, il presente lavoro si inserisce in un quadro di strumenti (manualistica) che ha quale obiettivo fornire un controllo costante delle fasi di calcolo e verifica fornendo, organizzate e strutturate per argomenti, le informazioni necessarie al progettista.

Maggio 2011

**Avvertenze
e quadro
legislativo
Avvertenze**

Il presente manuale è aggiornato alle norme tecniche per le costruzioni emanate con DM del 14 gennaio 2008 ed alle relative circolari esplicative: in alcuni punti le norme rimandano a documenti tecnici di comprovata affidabilità costringendo il professionista a richiamare altri strumenti tecnici, interpretandoli e raccordandoli con il DM medesimo.

Quanto detto si traduce nel fatto che l'utente del testo deve avere una conoscenza degli stati limite a-priori e non si può né si deve affidare al manuale per una loro corretta e completa applicazione.

Il presente testo, quindi, non si propone quale la soluzione dei problemi che il tecnico progettista incontra nella progettazione delle strutture agli stati limite ma quale ausilio tecnico di riferimento.

Una precisazione deve essere fatta circa la verifica: agli stati limite non sismici si utilizza un legame costitutivo triangolo-rettangolo mentre agli stati limite sismici un legame costitutivo stress-block.

Tali legami sono utilizzati anche per le verifiche a taglio nel senso che si considerano diagrammi di distribuzione delle tensioni di compressione con le caratteristiche dei relativi legami ma con valori massimi inferiori a quelli di progetto ultimi.

**Quadro
legislativo**

Il punto di partenza, per chiarire l'attuale assetto tecnico, è costituito dall'Ord.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274.

Come introdotto, l'ordinanza presenta molti problemi di carattere tecnico al punto che, in barba alla procedura utilizzata per la sua emanazione, una procedura d'urgenza, non entra subito in vigore.

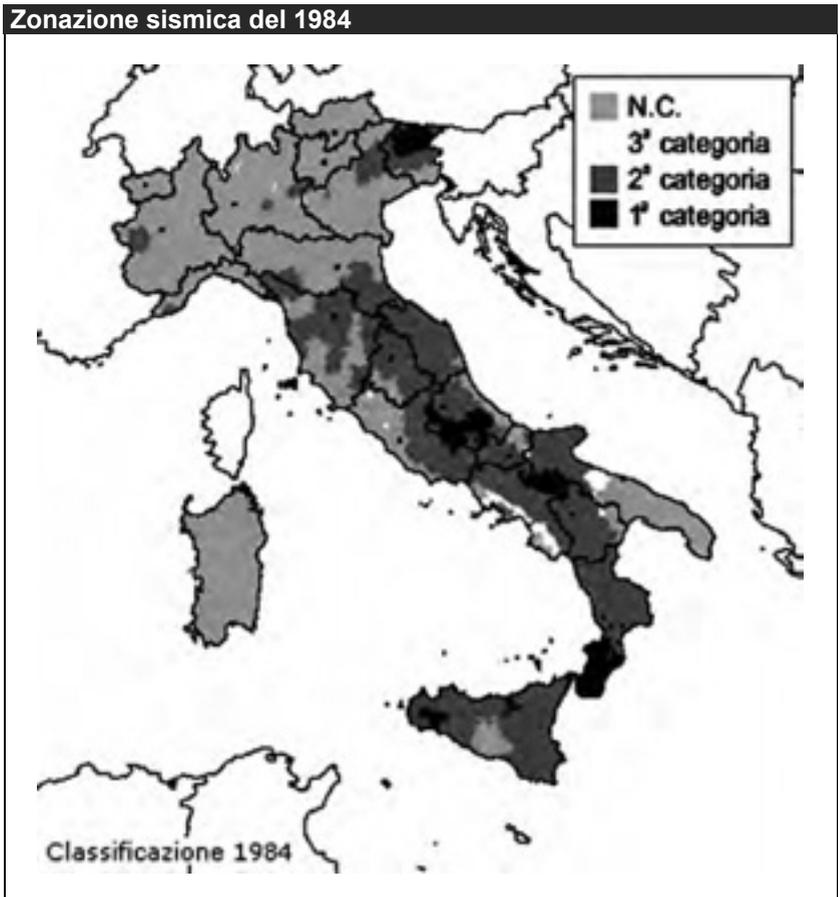
Purtroppo, dal 2003 al 2005 sono necessari una serie di provvedimenti e disposizioni atti a modificare e/o prorogare l'Ordinanza e precisamente:

- Ord.M. del 4 giugno 2003;
- avviso pubblicato sulla gazzetta ufficiale 9 luglio 2003, n. 157;
- Ord.P.C.M. 2 ottobre 2003, n. 3316;
- D.P.C.M. 21 ottobre 2003;
- Ord.P.C.M. 23 gennaio 2004, n. 3333
- Ord.P.C.M. 5 novembre 2004, n. 3379;
- Ord.P.C.M. 3 maggio 2005, n. 3431;
- Ord.P.C.M. 1 agosto 2005, n. 3452;
- D.M. 14 settembre 2005;
- Ord.P.C.M. 13 ottobre 2005, n. 3467;
- Ord.P.C.M. 9 marzo 2006, n. 3502.

L'ordinanza determina, da un lato una nuova classificazione del territorio nazionale, tramite una suddivisione in zone, dall'altro delinea i criteri per il calcolo delle strutture.

Il territorio nazionale, prima dell'Ordinanza, è classificato per non più di 3000 comuni, per una competenza territoriale di circa il 45% e per una popolazione del 40% (dati tratti dalla rete).

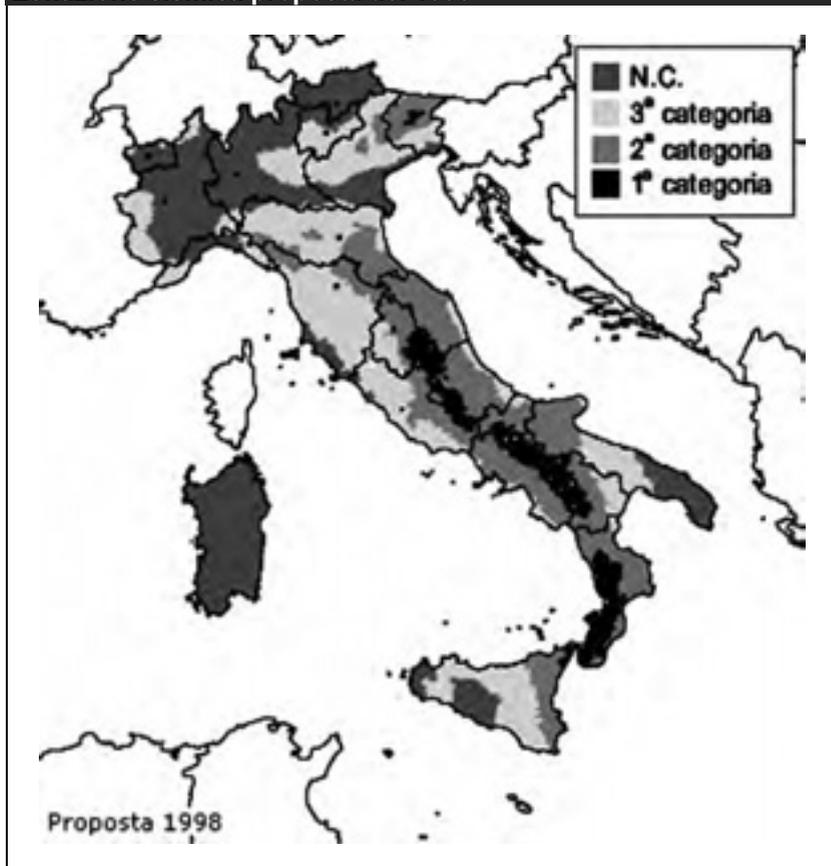
In particolare una prima classificazione risale al 1984 (immagine tratta dal sito dell'INGV ed elaborata cromaticamente):



Successivamente, a distanza di circa 3 lustri, si procede ad una nuova zonazione sismica: nella proposta si amplia il numero di comuni classificati e la zona NC si restringe significativamente.

La proposta è riportata nell'immagine seguente (cfr. pagina successiva – immagine tratta dal sito dell'INGV ed elaborata cromaticamente).

A seguito dell'ordinanza e della definizione dei relativi criteri di classificazione si passa ad una zonazione sismica estesa a tutto il territorio nazionale.

Zonazione sismica proposta del 1998

Infatti nella nuova zonazione, che in parte recepisce quanto proposto nel 1998, scompare la zona non classificata: tutto il territorio è censito e le zone di suddivisione dello stesso sono nel numero di 4 a severità decrescente. In realtà, nella maggioranza dei casi, la zona non classificata è diventata zona 4.

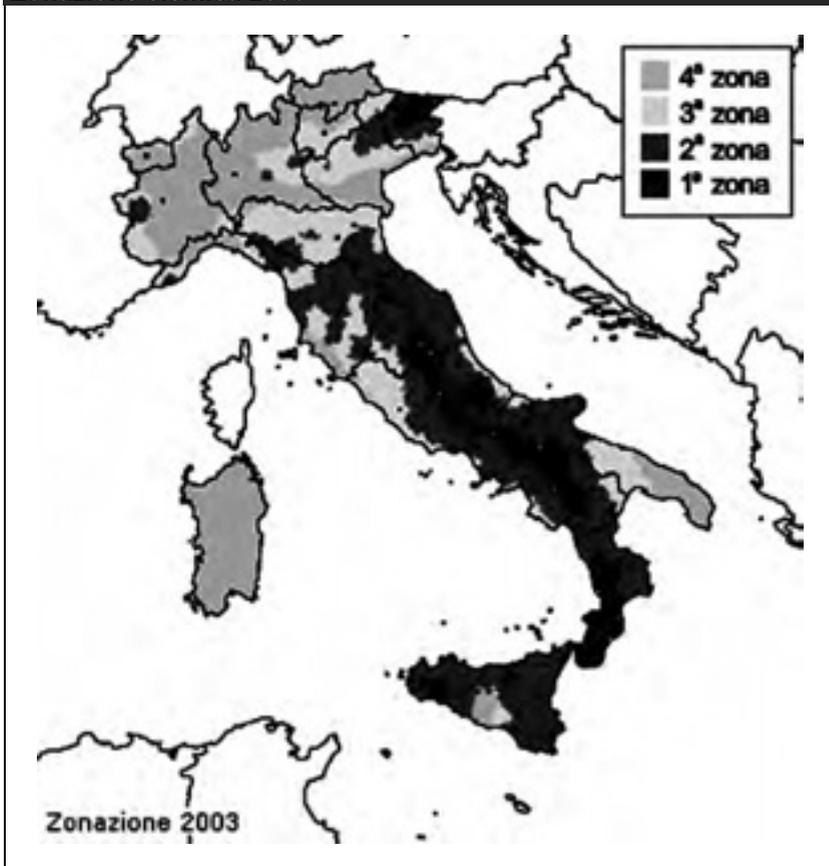
Il criterio di zonazione si basa sulla probabilità che in un certo intervallo di tempo, normalmente 50 anni, un dato territorio sia interessato da un sisma di magnitudo superiore ad un dato limite.

La nuova zonazione evidenzia subito forti limiti al punto che, soprattutto a livello regionale, gli enti locali sono costretti ad introdurre sottoclassificazioni come la zona 2 a maggior rischio sismico o la zona 3S.

Dopo la pubblicazione della prima zonazione, sempre nel 2003 viene pubblicata una seconda mappa della suddivisione del territorio nazionale in zone con introduzione della zona 2 speciale.

La zonazione del 2003 è riportata nell'immagine seguente (cfr. immagine pagina successiva – immagine tratta dal sito dell'INGV ed elaborata cromaticamente).

Zonazione sismica 2003



La zonazione sismica con introduzione della zona 2 speciale è di seguito riportata (cfr. immagine pagina successiva – immagine tratta dal sito dell'INGV ed elaborata cromaticamente).

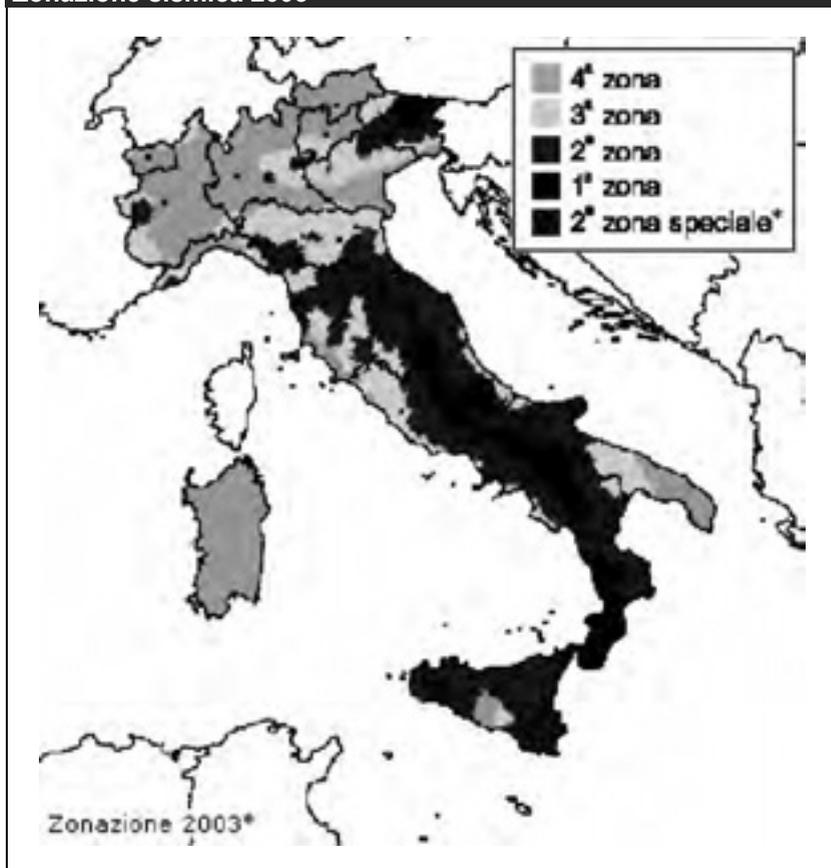
La zonazione serve a definire l'accelerazione massima orizzontale del suolo: tale informazione consente la determinazione degli spettri di progetto.

Le accelerazioni associate a ogni zona sono:

Accelerazione massima orizzontale	
Zona sismica	Valore di a_g
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

Si comprende come una tale suddivisione manchi di un reale dettaglio tecnico: a tale problema mettono fine le NTC 2008 introducendo il reticolo di riferimento per l'azione sismica.

Zonazione sismica 2003



Infatti, nel 2008, il 14 gennaio, vengono pubblicate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. Dopo tale documento:

- D.M. 6 maggio 2008;
- Circ.M. 2 febbraio 2009, n. 617;
- Circ.M. 5 agosto 2009;
- Circ.M. 11 dicembre 2009.

Dallo studio del reticolo e dalla caratterizzazione puntuale di ogni sito si riscontra come la zonazione sia assolutamente generica e come, in talune situazioni, le accelerazioni a_g siano superiori a quelle della relativa zona dell'Ordinanza.

Infine, si ribadisce che, secondo le NTC, *“È fatto obbligo di utilizzo del metodo agli stati limite ad eccezione che per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d’uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4, per le quali è ammesso il Metodo di verifica alle tensioni ammissibili”* (NTC 2008, punto 2.7).

SIMBOLI UTILIZZATI

 α

α	<ul style="list-style-type: none"> Inclinazione di una falda di una copertura rispetto all'orizzontale Coefficiente di dilatazione termica
α_1	<ul style="list-style-type: none"> Moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, il primo pannello murario raggiunge la sua resistenza ultima (a taglio o a pressoflessione) Inclinazione della falda 1 di una copertura rispetto all'orizzontale
$\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$	Inclinazione della falda 2, 3, 4 di una copertura rispetto all'orizzontale
α_{cc}	Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
α_i	Inclinazione della falda i-esima di una copertura rispetto all'orizzontale
α_m	Inclinazione media delle falde di un compluvio di una copertura
α_R	Fattore di calcolo funzione del periodo di ritorno T_R
α_u	90% del moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, la costruzione raggiunge la massima forza resistente

 β

β	<ul style="list-style-type: none"> Angolo sull'orizzontale di una copertura cilindrica Fattore di calcolo del coefficiente di topografia Coefficiente di amplificazione dei carichi
---------	--

 χ

$\chi(t)$	Posizione al tempo t
$\chi_0(t)$	Posizione della base al tempo t
$\chi_i(t)$	Componente generalizzata i-esima al tempo t

 δ, Δ

δ	Fattore di valutazione degli effetti torsionali accidentali
Δ_{de}	Spostamento allo SLE
Δ_{du}	Spostamento allo SLU
ΔT_u	Differenza di temperatura

ϵ_{mk} Deformazione in corrispondenza del punto di stato limite elastico-perfettamente plastico della muratura (verifiche non sismiche)

ϵ_{mu} Deformazione del punto di stato limite ultimo della muratura (verifiche non sismiche)

ϕ, Φ

Φ Coefficienti di riduzione della resistenza del materiale

ϕ Pendenza di un dislivello

ϕ_1 Coefficienti di riduzione della resistenza del materiale (calcolato rispetto a e_1)

γ

γ_F Coefficiente parziale per le azioni o per gli effetti delle azioni nelle verifiche agli SLU

γ_{G1} Coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti

γ_{G2} Coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali

γ_I Coefficiente di importanza della costruzione

γ_M Coefficiente parziale di sicurezza

γ_p Coefficiente parziale di precompressione

γ_{Q1} Coefficiente parziale delle azioni variabili dominanti

γ_{Qi} Coefficiente parziale delle azioni variabili

η

η Fattore di smorzamento

φ

- Rapporto fra la superficie della parte piena della trave e la superficie delimitata dal contorno della trave
- Percentuale di foratura

λ

- Snellezza convenzionale
- Fattore di calcolo della forza statica equivalente (analisi lineare statica)

μ

μ Fattore di duttilità

μ_1	Coefficiente di forma (cfr. μ_i)
μ_3	Coefficiente di forma di una copertura cilindrica (cfr. μ_i)
μ_d	Fattore di calcolo dello spostamento allo SLV
μ_i	Coefficiente di forma funzione dell'inclinazione (α_i) della falda di una copertura sull'orizzontale
μ_{int}	Coefficiente di forma calcolato per interpolazione
μ_a	Coefficiente di forma che descrive lo scivolamento della neve dalla copertura a quota superiore
μ_w	Coefficiente di forma che descrive l'accumulo di neve nella zona d'ombra aerodinamica
Θ	
θ	<ul style="list-style-type: none"> • Fattore (calcolo di un integrale generale) • Parametro di valutazione delle non linearità geometriche
θ_g	Legge di temperatura
P	
ρ	Fattore laterale di vincolo
σ	
σ_0	Tensione normale media
σ_n	Tensione normale
σ	Tensione
σ_{max}	Tensione massima all'appoggio
ω	
ω	Pulsazione naturale
ζ	
ζ^v	<ul style="list-style-type: none"> • Smorzamento relativo a quello critico • Smorzamento viscoso convenzionale
Ψ	
Ψ_{α}	Coefficienti di combinazione per il calcolo dei valori rari di combinazione
Ψ_{11}	Coefficienti di combinazione per il calcolo dei valori frequenti di combinazione

ψ_2 Coefficienti di combinazione per il calcolo dei valori quasi permanenti di combinazione

\emptyset

\emptyset_{sta} Diametro delle staffe

A

A

- Costante di calcolo
- Azione eccezionale
- Area lorda della faccia delimitata dal suo perimetro di un elemento di muratura

a

- Accelerazione (cfr. a(t))
- Area totale della muratura di piano
- Interasse fra due muri trasversali irrigidenti

a(t) Accelerazione al tempo t

a_1 Minima distanza fra l'estremo dell'area caricante e la fine del muro

A_0 Area dell'impronta caricante

A_{eff} Area efficace di un appoggio

a_g Accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A

a_m Accelerazione della massa m

a_s Quota sul livello del mare di una località

A_{sc} Armatura longitudinale di un cordolo

$a_{terr}(t)$ Accelerazione del terreno al tempo t

A_v Area di tutte le aperture di sfogo

B

B

- Base geometrica di una sezione

• Costante di calcolo

b

- Dimensione della sezione
- Dimensione di base di una copertura cilindrica
- Distanza fra due elementi paraneve di una copertura o di un elemento paraneve dal colmo di una copertura
- La dimensione della sezione trasversale perpendicolare alla direzione del vento (formula di Strouhal)

b Dimensione di una nervatura

b_1, b_2 Dimensioni di base di una struttura (anche con coperture a diverse quote)

b_t Base di un travetto

C

c	Smorzamento viscoso
C_1, C_2	Costanti di calcolo
C_C	Fattore di calcolo del periodo T_C
c_d	Coefficiente dinamico
c_e	Coefficiente di esposizione
C_E	Coefficiente di esposizione
c_f	Coefficiente di attrito
c_p	Coefficiente di forma
c_{pe}	Coefficiente di forma per l'esterno
c_{pi}	Coefficiente di forma per l'interno
c_t	Coefficiente di topografia
C_t	Coefficiente termico
C_U	Coefficiente di utilizzo
$c_{u,30}$	Resistenza non drenata equivalente nei primi 30 m
$c_{u,j}$	Resistenza non drenata nell' i -esimo strato del sottosuolo

D

$d_{e_{max}}$	Valore massimo dello spostamento relativo fra due distinti punti i e j
D	Distanza orizzontale dall'inizio del dislivello fino alla parte superiore
d, d_1, d_2	Lunghezza di una falda
d_c	Spostamento orizzontale di un punto di controllo
d_E	Spostamento allo SLV
d_{Ee}	Spostamento determinato allo SLV con analisi statica lineare o dall'analisi statica dinamica
d_g	Spostamento orizzontale massimo del terreno
d_i, d_j	Distanza di un punto da un altro del reticolo di riferimento

E

e	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensione associata allo studio delle massime pressioni locali • Eccentricità
E	<ul style="list-style-type: none"> • Azione sismica • Modulo di elasticità normale secante
e_1	Eccentricità per la verifica dei muri in estremità
e_2	Eccentricità per la verifica dei muri a metà altezza
e_a	Eccentricità per tolleranze di esecuzione
E_d	Valore di progetto dell'effetto delle azioni (valutato in base ai valori di progetto o direttamente)

e_l	Eccentricità longitudinale
EQU	Stato limite di equilibrio come corpo rigido
e_s	Eccentricità strutturale
e_{s1}	Posizione eccentrica del muro sovrastante (muro del piano superiore)
e_{s2}	Eccentricità delle reazioni dei solai
e_v	Eccentricità per carichi orizzontali

F

F	<ul style="list-style-type: none"> • Area complessiva dei fori passanti e profondi non passanti • Forza
f	Dimensione associata allo studio delle massime pressioni locali
f(t)	Forzante
F_0	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
F_a	Forza orizzontale ortogonale al piano di una parete
F_b	Taglio alla base
f_{bk}	Resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore nella direzione dei carichi verticali per il singolo elemento resistente
$\overline{f_{bk}}$	Valore caratteristico della resistenza degli elementi in direzione orizzontale e nel piano del muro
f_d	Resistenza di progetto da utilizzare per le verifiche a compressione, presso-flessione e ai carichi concentrati
F_d	Azione di progetto (cfr. E_d)
$f_{d,rd}$	Resistenza unitaria di progetto ridotta
$F_{d,x}$	Azione d'urto parallela alla direzione del moto
$F_{d,y}$	Azione d'urto ortogonale alla direzione del moto
f_{dh}	Rapporto fra la distanza di due travi e l'altezza
f_{hd}	Resistenza a compressione in direzione orizzontale
F_i	Forza statica equivalente
f_k	Resistenza caratteristica a compressione di una muratura
f_s	Frequenza determinata attraverso la formula di Strouhal
F_s	Carico su barriere paraneve e/o altri ostacoli
F_V	Amplificazione spettrale massima
f_{vd}	Resistenza di progetto per le verifiche a taglio
f_{vk}	Resistenza caratteristica a taglio della muratura in presenza delle effettive tensioni di compressione
$f_{vk,lim}$	Valore limite impiegabile nel calcolo per elementi artificiali semipieni o forati

f_{yk0}	Resistenza caratteristica a taglio in assenza di azione assiale
f_{vm0}	Resistenza media a taglio della muratura

G

G	<ul style="list-style-type: none"> • Azione permanente • Modulo di elasticità tangenziale secante
G_1	Carichi permanenti strutturali (cfr. G_k)
g_2	Carichi distribuito funzione del carico permanente G_2 non strutturale
G_2	Carichi permanenti non strutturali (cfr. G_k)
GEO	Stato limite di resistenza del terreno
G_i	Carichi permanenti (cfr. G_k)
g_i, g_{mm}	Coefficiente di partecipazione
G_s	Baricentro geometrico di un'armatura

I

I	Momento d'inerzia
i	<ul style="list-style-type: none"> • Raggio di inerzia della sezione di calcestruzzo non fessurato • Passo delle staffe
I_n	Momento d'inerzia rispetto l'asse neutro
I_p	Momento d'inerzia di un pilastro
I_t	Momento d'inerzia di una trave

H

h	<ul style="list-style-type: none"> • Altezza di una copertura cilindrica • Altezza del colmo di una copertura dal piano campagna • Altezza di un elemento su cui si accumula neve • Differenza di livello fra coperture a quote differenti • Altezza di un maschio • Altezza di un blocco di laterizio
H	<ul style="list-style-type: none"> • Altezza geometrica di una sezione • Altezza di una costruzione dal piano di fondazione • Altezza di un dislivello
h_0	Lunghezza libera di inflessione
h_c	Altezza del muro sottostante l'area caricante
h_i	Spessore dell'i-esimo strato di sottosuolo compreso nei primi 30 m di profondità
H_K	Carico variabile orizzontale lineare
h_t	Altezza di un travetto

K

k	<ul style="list-style-type: none"> • Costante elastica • Fattore di calcolo della tensione
K	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidezza • Numero di strati del sottosuolo a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità
k_r	Parametro di calcolo del coefficiente di esposizione
K_R	Fattore riduttivo funzione della regolarità in altezza

L

L_a	Lunghezza di un appoggio
l_a	<ul style="list-style-type: none"> • Lunghezza in corrispondenza della quale si identifica il carico neve su una copertura cilindrica • Lunghezza di accumulo
L_e	Distanza tra i due elementi resistenti più lontani di un piano
l_{eff}	Lunghezza efficace di un appoggio
l_{tc}	Luce teorica di un architrave

M

m	<ul style="list-style-type: none"> • Momento flettente adimensionalizzato • Massa • Numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità • Coefficiente di eccentricità
M_{sm}	Momento flettente associato ai carichi sismici
M_{st}	Momento flettente associato ai carichi strutturali non sismici
M_u	Momento ultimo (resistente)
M_v	Momento flettente associato ad un'azione orizzontale

N

n	Sollecitazione normale adimensionalizzata
N	<ul style="list-style-type: none"> • Sollecitazione normale • Numero di strati del sottosuolo compresi nei primo 30 m di profondità
N_{1d}	Azione di calcolo del muro sovrastante
N_{2d}	Azione di calcolo dei solai
N_a	Carico su un appoggio
N_d	Azione di progetto
$N_{d,1/2}$	Azione di progetto valutata a metà altezza del muro

N_{dc}	Azione/carico concentrato di progetto
N_{Rd}	Resistenza di progetto
$N_{SPT,30}$	Resistenza penetrometrica dinamica equivalente nei primi 30 m
$N_{SPT,i}$	Numero di colpi N_{SPT} nell' <i>i</i> -esimo strato del sottosuolo
N_v	Azione d'insieme su corpi cilindrici, prismatici e sferici

P

P	Carico di precompressione
p	<ul style="list-style-type: none"> • Fattore (calcolo di un integrale generale) • Pressione del vento normale ad una superficie
P_0	Ampiezza della forzante
p_d	Pressione statica equivalente nominale
p_t	Pressione del vento tangente ad una superficie
p_v	Pressione statica uniformemente distribuita
P_{V_k}	Probabilità di eccedenza o di superamento che si verifichi un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato nel periodo di riferimento

Q

q	Fattore di struttura
Q	Azione variabile
q_0	Valore massimo del fattore di struttura
q_a	Fattore di struttura di un elemento strutturale
q_s	Carico per unità di lunghezza agente su un architrave
q_b	Pressione cinetica di riferimento
q_d	Carico verticale uniformemente distribuito
q_k	Carico variabile verticale uniformemente distribuito
Q_k	<ul style="list-style-type: none"> • Carico variabile • Carica variabile verticale concentrato
Q_{k1}	Carico variabile quale azione dominante
Q_{ki}	Carico variabile <i>i</i> -esimo
q_s	Carico neve su una copertura
q_{se}	Carico dovuto alla neve aggettante dal bordo di una copertura
q_{sk}	Valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo
Q_{sk}	Carico agente su un architrave

R

R	<ul style="list-style-type: none"> • Raggio di una circonferenza • Raggio di una sfera
-----	--

r	Fattore di calcolo delle sollecitazioni di urto
R_d	Resistenza di progetto (valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate)
r_i	Fattore di calcolo (peso) di un parametro sismico
S	
S	<ul style="list-style-type: none"> • Grado di sismicità • Superficie delimitata dal contorno della trave • Fattore di calcolo degli spetti (prodotto $S_S S_T$)
s	<ul style="list-style-type: none"> • Rapporto fra la distanza dell'asse neutro dal lembo maggiormente compresso di una sezione e la lunghezza della sezione stessa ($s = x_c/L$) • Altezza della soletta di calcestruzzo di un solaio
S_a	Accelerazione massima adimensionalizzata rispetto a quella di gravità
$S_d(T)$	Spettro di progetto
$S_{Dv}(T)$	Spettro di risposta elastica in spostamento per le componenti orizzontali
$S_e(T)$	Spettro di risposta elastica in accelerazione per le componenti orizzontali
SLC	Stato limite di collasso
SLD	Stato limite di danno
SLO	Stato limite di operatività
SLV	Stato limite di salvaguardia della vita
S_p	Superficie della parte piena della trave
S_S	Coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	Numero di Strouhal
S_T	Coefficiente di amplificazione topografica
STR	Stato limite di resistenza della struttura
$S_{ve}(T)$	Spettro di risposta elastica in accelerazione per le componenti verticali
T	
t	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo • Spessore di una muratura
T	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Periodo di vibrazione
T_1	Periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame
T_a	Periodo fondamentale di vibrazione di un elemento
T_B	Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante

t_c	Spessore di ogni singolo muro
T_C'	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
T_C	Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante
T_D	Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante
T_E	Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante
T_{est}	Temperatura esterna
T_F	Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento orizzontale costante
T_{int}	Temperatura interna
T_{max}	Temperatura massima
T_{min}	Temperatura minima
T_R	Periodo di ritorno
$T_{sup,est}$	Temperatura superficie esterna
$T_{sup,int}$	Temperatura superficie interna
V	
V	Volume da proteggere
v_b	Velocità di riferimento del vento
V_d	Azione (taglio) di progetto
v_g	Velocità orizzontale massima del terreno
v_M	Velocità media del vento
V_N	Vita nominale
V_p	Resistenza a taglio associata al meccanismo della presflessione
V_R	Periodo di riferimento
V_{Rd}	Resistenza a taglio di progetto
$V_{s,30}$	Velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m
$V_{s,i}$	Velocità di propagazione delle di taglio nell'i-esimo strato
V_t	Resistenza a taglio di progetto per azioni sismiche
V_{tm}	Resistenza a taglio della muratura
W	
W	Peso
W_a	Peso di un elemento in relazione al quale si valuta F_a
W_i	Peso dell'elemento i-esimo

X

x	Distanza dell'elemento resistente verticale dal baricentro geometrico di piano
X	Distanza di una costruzione dall'inizio del dislivello
$x(t)$	Posizione relativa al tempo t
x_{generale}	Integrale generale
$x_{\text{particolare}}$	Integrale particolare

Y

Y_G	Ordinata baricentrica
-------	-----------------------

Z

Z	Quota del baricentro di un elemento dalla fondazione
z_0	Parametro di calcolo del coefficiente di esposizione
z_i	Quota del baricentro dell'elemento i -esimo dalla fondazione
z_{min}	Parametro di calcolo del coefficiente di esposizione

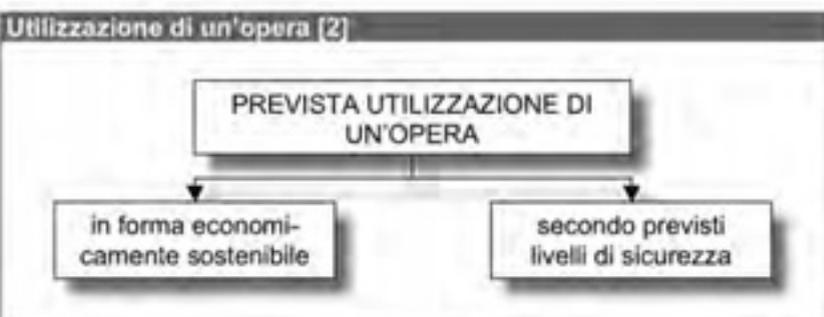
STATI LIMITE: PRINCIPI GENERALI

Principi generali
Introduzione

L'evoluzione tecnico-normativa ha ormai consolidato il concetto secondo il quale le strutture devono essere tali da garantire, nel tempo, sia la sicurezza, in termini di caratteristiche meccaniche e di stabilità, sia la durabilità [1].

In questa ottica, le opere ed i relativi componenti strutturali ed impiantistici devono garantire sia la sicurezza sia le prestazioni attese: ciò si traduce nella possibilità che, dal concepimento fino al collaudo ed alla successiva manutenzione, l'opera sia utilizzata secondo quanto preventivato [2].

Quindi [2]:



La norma tecnica delinea i criteri di calcolo e verifica nonché le regole di progettazione ed esecuzione in linea con specifici indirizzi [3].

In dettaglio, tali indirizzi sono di seguito specificati [3]:



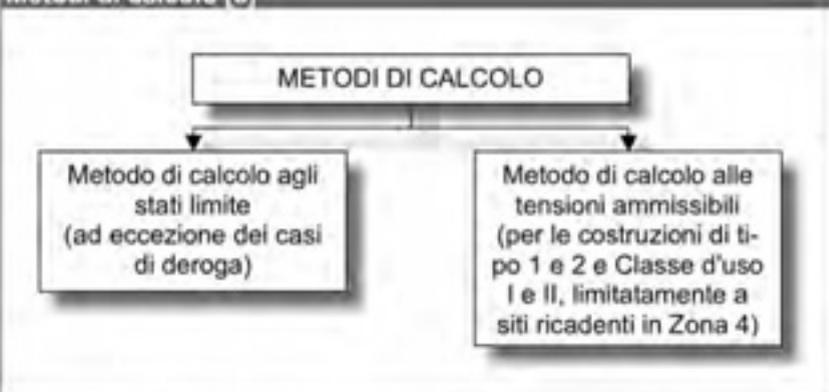
Metodi di calcolo

Secondo norma "relativamente ai metodi di calcolo, è d'obbligo il metodo agli stati limite ..." [4].

Bisogna sottolineare, purtroppo, che la norma ammette una serie di deroghe e precisamente consente l'utilizzo del metodo di calcolo alle tensioni ammissibili in particolari situazioni e contesti (in relazione a classe d'uso, tipo di costruzione e zona sismica) [5]. La classe d'uso delle costruzioni è definita in altra sezione del presente manuale: rela-

tivamente alle costruzioni di tipo 1 e 2 ed alle zone sismiche è necessario fare riferimento all'Ord.P.C.M. 3274/2003.

Metodi di calcolo [5]



Qualora si possa derogare è necessario fare riferimento, applicando integralmente il disposto di legge, per [4]:

- le murature, al D.M.LL.PP. 20 novembre 1987;
- per le opere e i sistemi geotecnici, al D.M.LL.PP. 11 marzo 1988;
- per le azioni sismiche, assumendo un grado di sismicità $S = 5.00$ e il D.M.LL.PP. 16 gennaio 1996 e la Circ.LL.PP. 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG. ed i relativi allegati per le modalità costruttive e di calcolo ($S = 5.00$).

In ogni caso, ossia anche nei casi di deroga, le prescrizioni delle norme tecniche devono essere integralmente applicate a [4]:

- materiali e prodotti;
- azioni;
- collaudo statico.

Questo indirizzo è sottolineato dal legislatore soprattutto per i materiali ed i prodotti di costruzione i quali seguono una propria e separata disciplina (direttiva 89/106/CEE recepita in Italia dal DPR 21 aprile 1993, n. 246) [6]. In aggiunta, laddove fosse necessario approfondire taluni aspetti tecnici, è ammesso fare riferimento agli Eurocodici [7].

Definizione di stato limite

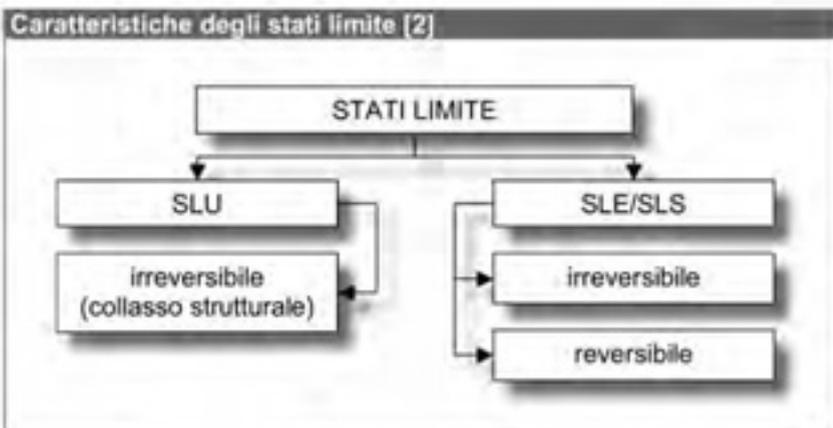
Secondo norma, "stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata" [2].

Gli stati limite si suddividono in due categorie: Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE) o di Servizio (SLS).

Il concetto di sicurezza, rapportato ai diversi stati limite, si traduce nella [2]:

- "capacità di evitare", nel caso degli SLU;
- "capacità di garantire", nel caso degli SLE/SLS.

Il superamento di uno stato limite può essere [2]:



In ogni caso, la norma richiede la robustezza strutturale nei confronti delle azioni eccezionali, ossia la capacità di evitare danni sproporzionati rispetto alle cause determinanti [2] [8].

Definizione di vita nominale

Secondo norma, "la vita nominale di un'opera strutturale ... è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata" [9].

La vita nominale di una struttura, indicata con V_N , è espressa in anni e varia in relazione al tipo di struttura [9]:

Vita nominale V_N [9]	
Tipo di costruzione	V_N (anni)
Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva (omissione delle verifiche sismiche per durate inferiori ai due anni)	≤ 10
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

In generale, durante la vita nominale di un'opera, la sicurezza e le prestazioni attese vanno valutate [2]:

- in funzione degli stati limite che si possono verificare;
- per tutti i componenti, anche se estranei alle strutture, aventi funzione statica autonoma.

La vita nominale assume un ruolo molto importante nella progettazione: pur essendo molti aspetti non determinabili dal progettista e legati ad eventi futuri, ferme restando le condizioni al contorno, V_N è l'intervallo di tempo in cui l'opera può essere utilizzata secondo quanto previsto senza alcuna manutenzione straordinaria [10].

Al parametro V_N deve farsi espresso riferimento in sede progettuale [10].

Definizione di durabilità

Secondo norma, "la durabilità è definita quale conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture" [2].

La durabilità è una proprietà essenziale affinché, durante tutta la vita dell'opera, permangano i livelli di sicurezza ed è garantita attraverso [2]:

- la scelta opportuna dei materiali;
- un adeguato dimensionamento e calcolo delle strutture;
- misure di protezione e manutenzione.

Sicurezza

La sicurezza delle strutture viene valutata, e quindi garantita, sulla base di criteri probabilistici [11].

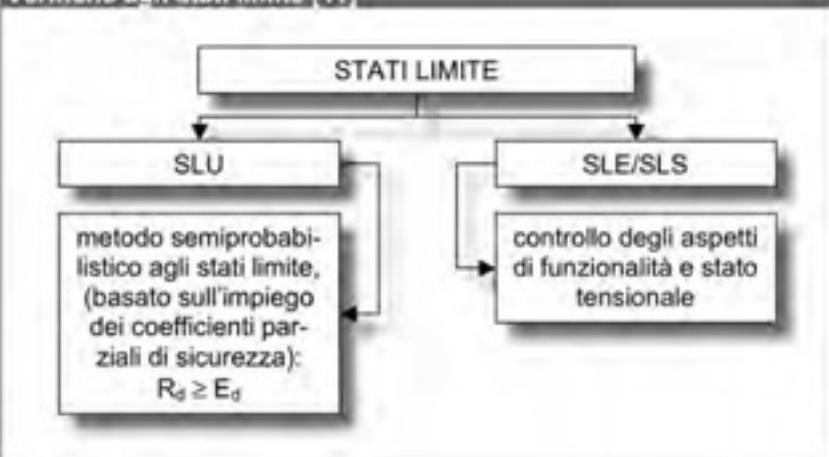
Nei casi ordinari, si può utilizzare il metodo di primo livello, basato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza [11]; per casi più complessi è necessario fare riferimento ai metodi di secondo e terzo livello.

Nel metodo di primo livello, o metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata attraverso il confronto tra la resistenza dei materiali e l'effetto delle azioni [11]:

- la resistenza dei materiali è definita in relazione al frattile inferiore, in genere, al 5% delle resistenze;
- le azioni sono definite in relazione al frattile, inferiore o superiore, al 5% delle azioni che minimizzano la sicurezza;

Quindi, le verifiche nei confronti degli stati limite di resistenza si articolano [11]:

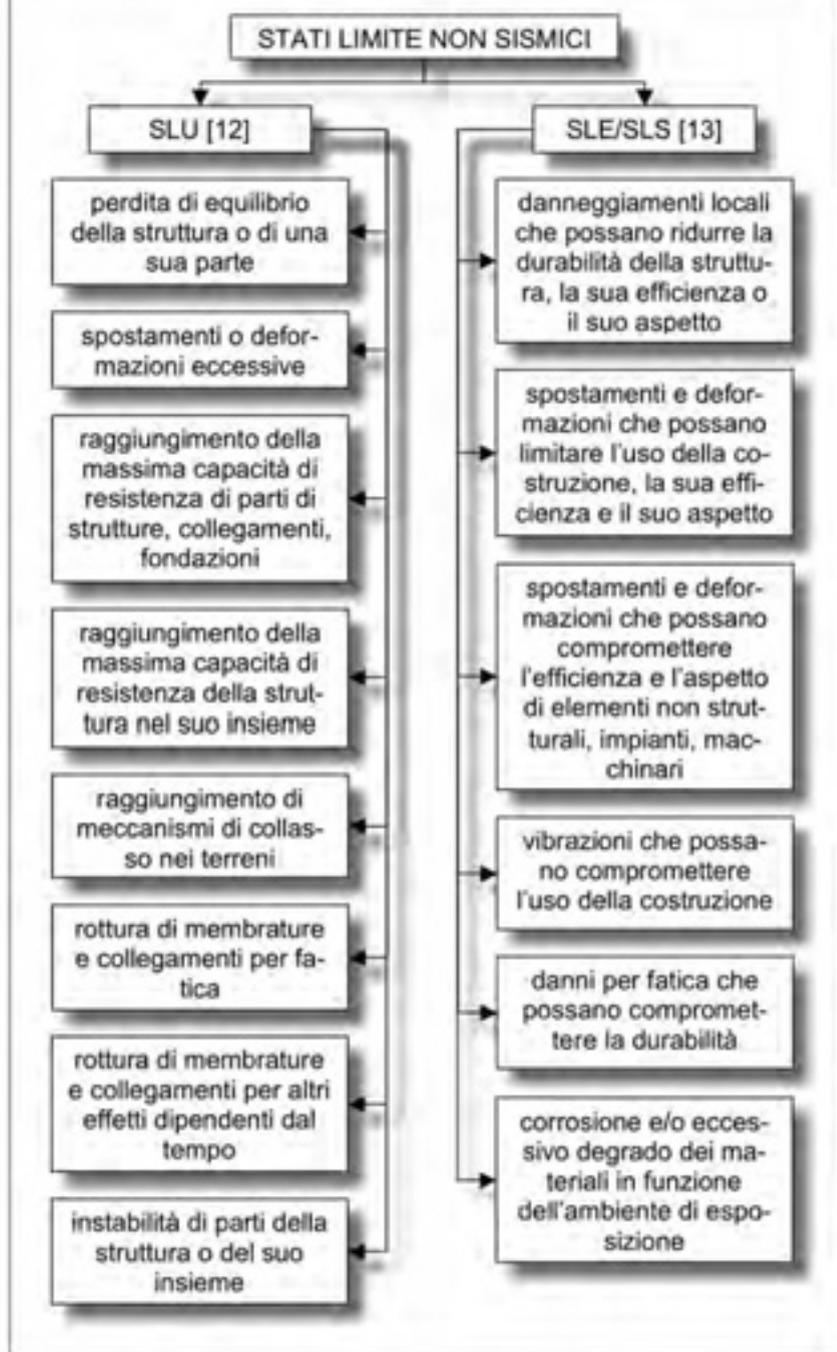
Verifiche agli stati limite [11]



Stati limite non sismici

Le situazioni usuali di stati limite non sismici sono descritte nel seguente diagramma (elencazione non esaustiva – cfr. pagina seguente) [12] [13].

Stati limite non sismici (SLU e SLE/SLS) [12] [13]



Stati limite sismici

Le situazioni usuali di stati limite sismici sono descritte nel prospetto seguente [14].

Nelle verifiche agli stati limite sismici, la costruzione deve essere considerata nel suo complesso, ossia riferendosi agli elementi strutturali, non strutturali ed agli impianti [14].

Stati limite sismici (SLU e SLE/SLS) [14]



Per gli SLU, in dettaglio, si può esplicitare [14] (per la definizione di P_{Vs} cfr. capitolo relativo alle azioni e sollecitazioni):

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui è associata una perdita di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali; per lo SLV risulta $P_{Vs} = 10\%$;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali; per lo SLC risulta $P_{Vs} = 5\%$.

Per gli SLE/SLS si può esplicitare [14] [15]:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi; per lo SLO risulta $P_{Vs} = 81\%$ (riferimento progettuale per le