

Gianni Michele De Gaetanis

Manuale di calcolo agli stati limite



**STATI LIMITE ALL'ITALIANA
CALCESTRUZZO CON ARMATURA METALLICA**

Aggiornato al decreto del Ministero delle infrastrutture 14 gennaio 2008
(Norme Tecniche per le Costruzioni)

Seconda edizione

**CD-ROM CON
SOFTWARE DI CALCOLO
INCLUSO**

The logo for GRAFILL, featuring a stylized graphic of a building or structure above the word "GRAFILL" in a bold, sans-serif font.

Gianni Michele De Gaetanis
MANUALE DI CALCOLO AGLI STATI LIMITE

ISBN 13 978-88-8207-270-4
EAN 9 788882 072704

Manuali, 61
Seconda edizione, settembre 2008

De Gaetanis, Gianni Michele <1970->
Manuale di calcolo agli stati limite / Gianni Michele De Gaetanis.
– 2. ed. Palermo : Grafill, 2008
(Manuali ; 61)
ISBN 978-88-8207-270-4
1. Strutture in cemento armato – Progettazione.
693.54 CDD-21 SBN Pal0210997
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 settembre 2008
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 ALLA I EDIZIONE	p.	13
Prefazione.....		13
Avvertenze.....	“	13
Riconoscimenti.....	“	14
Quadro legislativo.....	“	14
D.M. 14 febbraio 1992.....	“	15
D.M. 9 gennaio 1996.....	“	15
D.M. 16 gennaio 1996.....	“	15
Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274.....	“	16
 PREFAZIONE ALLA II EDIZIONE	“	17
Prefazione.....	“	17
Avvertenze.....	“	18
Quadro legislativo.....	“	18
Ringraziamenti.....	“	20
 INDICE ANALITICO	“	21
 GLOSSARIO	“	27
 SIMBOLI UTILIZZATI	“	31
 STATI LIMITE: PRINCIPI GENERALI	“	49
Principi generali.....	“	51
Introduzione.....	“	51
Metodi di calcolo.....	“	51
Definizione di stato limite.....	“	52
Definizione di vita nominale.....	“	52
Definizione di durabilità.....	“	53
Sicurezza.....	“	53
Stati limite non sismici.....	“	54
Stati limite sismici.....	“	54
Combinazioni delle azioni.....	“	56
Verifiche agli SLU.....	“	57
Verifiche agli SLE/SLS.....	“	60
Metodi di analisi.....	“	61
Analisi non sismica.....	“	61
Analisi elastica lineare.....	“	62
Analisi plastica.....	“	64
Analisi non lineare.....	“	64
Valutazione degli effetti del secondo ordine.....	“	65
Analisi sismica.....	“	65
Generalità.....	“	65
Oscillazioni: nota teorica.....	“	67
Criteri di analisi: generalità.....	“	74
Analisi lineare.....	“	75
Analisi non lineare.....	“	76
Criteri di analisi: metodi.....	“	76
Analisi lineare statica.....	“	76
Analisi lineare dinamica.....	“	78

Analisi non lineare statica.....	“	79
Analisi non lineare dinamica.....	“	80
Risposte alle componenti di calcolo.....	“	80
Valutazione dell'esistente.....	“	81
Definizione di costruzione esistente.....	“	81
Valutazione della sicurezza per le costruzioni esistenti....	“	82
Intervento di adeguamento.....	“	83
Intervento di miglioramento.....	“	84
Intervento di riparazione o locale.....	“	84
Riferimenti normativi.....	“	85
CARATTERISTICHE DELLE COSTRUZIONI.....	“	87
Principi generali.....	“	89
Strutture dissipative e non.....	“	89
Classi di duttilità.....	“	89
Definizione di classe di duttilità.....	“	89
Caratteristiche degli edifici in zona sismica.....	“	90
Requisiti geometrici d'insieme.....	“	91
Altezze massime.....	“	91
Distanze minime.....	“	91
Regolarità.....	“	92
Regolarità in pianta.....	“	92
Regolarità in altezza.....	“	92
Elementi non strutturali.....	“	93
Elementi secondari.....	“	94
Caratteristiche degli strutture in zona sismica.....	“	94
Tipologie strutturali.....	“	94
Valori massimi dei fattori di struttura.....	“	96
Sovraresistenze.....	“	97
Riferimenti normativi.....	“	98
AZIONI E SOLLECITAZIONI.....	“	99
Azioni.....	“	101
Definizione di azione.....	“	101
Classificazione delle azioni.....	“	101
Azioni permanenti.....	“	103
Componenti strutturali.....	“	103
Componenti non strutturali.....	“	103
Azioni variabili.....	“	104
Azioni legate alla destinazione d'uso.....	“	105
Azione della neve.....	“	108
Carico neve al suolo.....	“	108
Coefficiente di forma.....	“	112
Coefficiente termico.....	“	114
Coefficiente di esposizione.....	“	114
Calcolo del carico neve sulla copertura.....	“	115
Carichi concentrati su elementi della copertura.....	“	116
Densità della neve.....	“	117
Azione del vento.....	“	118
Pressione cinetica di riferimento.....	“	123

Definizione di velocità di riferimento.....	“	123
Coefficiente di esposizione e topografia.....	“	125
Coefficiente di forma.....	“	130
Coefficiente dinamico.....	“	131
Coefficiente di attrito.....	“	131
Azione della temperatura.....	“	132
Distribuzioni di temperatura negli elementi strutturali...	“	133
Situazioni specifiche.....	“	135
Azioni eccezionali.....	“	135
Azione dell'incendio.....	“	136
Definizione di resistenza al fuoco.....	“	136
Definizione di compartimento.....	“	136
Definizione di incendio.....	“	136
Definizione di incendio localizzato.....	“	136
Incendio convenzionale di progetto.....	“	138
Evoluzione della temperatura.....	“	138
Comportamento meccanico delle strutture.....	“	139
Livelli di prestazione e classi di resistenza.....	“	140
Verifiche di sicurezza.....	“	140
Azione delle esplosioni.....	“	141
Definizione di esplosione.....	“	141
Modelli per le azioni.....	“	142
Criteri di progettazione.....	“	144
Azione di urti/impatti.....	“	144
Definizioni di urto.....	“	144
Modelli per l'azione degli urti.....	“	146
Collisioni di veicoli.....	“	147
Azione sismica.....	“	151
Generalità.....	“	151
Categorie sottosuolo e condizioni topografiche.....	“	154
Definizione di volume significativo di terreno.....	“	154
Vs,30.....	“	154
NSPT,30.....	“	155
cu,30.....	“	155
Categorie.....	“	156
Condizioni topografiche.....	“	157
Spettri elastici.....	“	158
Definizioni.....	“	158
Fattori di calcolo degli spettri.....	“	159
Classe d'uso e periodo di riferimento.....	“	161
Classe d'uso.....	“	161
Periodo di riferimento.....	“	162
Spettri di risposta elastica.....	“	163
Spostamento orizzontale del terreno.....	“	164
Velocità orizzontale del terreno.....	“	165
Accelerogrammi.....	“	166
Accelerogrammi artificiali.....	“	166
Accelerogrammi simulati.....	“	167
Accelerogrammi naturali (registrati).....	“	167
Spettri di progetto.....	“	168

Fattori di struttura.....	“	168
Spettri agli SLU.....	“	168
Spettri agli SLE/SLS.....	“	169
Obblighi di progettazione sismica e deroghe.....	“	169
Riferimenti normativi.....	“	171
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	“	173
Materiali.....	“	175
Calcestruzzo.....	“	175
Generalità.....	“	175
Titolo.....	“	176
SLU.....	“	177
Legame costitutivo parabola-rettangolo.....	“	178
Legame costitutivo triangolo-rettangolo.....	“	180
Legame costitutivo rettangolo (stress block).....	“	181
Parametri di calcolo.....	“	182
Coefficienti di sicurezza.....	“	183
Valori di calcolo.....	“	184
SLE/SLS.....	“	184
Parametri di calcolo.....	“	185
Coefficienti di sicurezza.....	“	186
Valori di calcolo.....	“	186
Acciaio.....	“	187
Generalità.....	“	187
Barre.....	“	188
Reti e tralici elettrosaldati.....	“	189
Reti.....	“	189
Tralici.....	“	190
SLU.....	“	190
Legame costitutivo bilineare finito con incrudimento....	“	191
Legame costitutivo elastico perfettamente plastico indefinito.....	“	192
Parametri di calcolo.....	“	194
Coefficienti di sicurezza.....	“	194
Valori di calcolo.....	“	194
SLE/SLS.....	“	195
Coefficienti di sicurezza.....	“	196
Valori di calcolo.....	“	196
Riferimenti normativi.....	“	197
STATO LIMITE ULTIMO.....	“	199
Criteri generali agli SLU non sismici.....	“	201
Verifiche di resistenza non sismiche agli SLU.....	“	201
Sforzo normale centrato.....	“	201
Compressione semplice.....	“	201
Tabelle per compressione semplice.....	“	205
Grafici ad “n” variabili in piano.....	“	208
Trazione semplice.....	“	209
Strutture inflesse.....	“	211

Flessione retta.....	“	212
Sezioni a singolo registro.....	“	212
Tabelle q-m per sezioni a singolo registro.....	“	214
Grafico ad “n” variabili in piano.....	“	214
Sezioni a doppio registro.....	“	220
Tabelle q-m per sezioni a singolo registro.....	“	225
Presso/tenso flessione retta.....	“	226
Sezioni a singolo registro.....	“	233
Grafici n-m per sezioni a singolo registro.....	“	234
Sezioni a doppio registro.....	“	234
Grafici n-m per sezioni a doppio registro.....	“	235
Presso/tenso flessione deviata.....	“	281
Taglio.....	“	281
Taglio in elementi a sezione costante.....	“	282
Elementi senza armature resistenti a taglio.....	“	282
Elementi con armature resistenti a taglio.....	“	285
Taglio in elementi a sezione variabile.....	“	287
Taglio per carichi in prossimità degli appoggi.....	“	288
Taglio per carichi appesi o indiretti.....	“	288
Verifica a punzonamento.....	“	288
Elementi senza armature a punzonamento.....	“	289
Elementi con armature a punzonamento.....	“	289
Torsione.....	“	289
Torsione pura.....	“	290
Torsione ed altre sollecitazioni.....	“	292
Modelli resistenti a traliccio.....	“	293
Verifiche di sicurezza e stabilità non sismiche		
agli SLU.....	“	294
Effetti per pilastri singoli.....	“	296
Effetti globali negli edifici.....	“	297
Verifiche di sicurezza.....	“	297
Verifiche di instabilità.....	“	298
Metodo della colonna modello.....	“	299
Metodo diretto dello stato di equilibrio.....	“	301
Criteri generali agli SLU sismici.....	“	302
Verifiche di resistenza.....	“	302
Elementi strutturali.....	“	302
Elementi non strutturali e impianti.....	“	302
Verifiche di duttilità.....	“	302
Verifiche di resistenza sismiche agli SLU.....	“	302
Elementi principali in elevazione.....	“	302
Generalità.....	“	302
Travi.....	“	304
Pilastri.....	“	307
Nodi trave-pilastro.....	“	312
Elementi non strutturali.....	“	315
Riferimenti normativi.....	“	317
STATO LIMITE DI ESERCIZIO O SERVIZIO.....	“	319
Criteri generali agli SLE/SLS non sismici.....	“	321

Tipo di ambiente.....	“	321
Tipo di armature.....	“	323
Stato limite di fessurazione.....	“	324
Stato limite di decompressione.....	“	326
Stato limite di formazione delle fessure.....	“	326
Trazione semplice.....	“	328
Flessione.....	“	330
Trazione eccentrica.....	“	331
Stato limite di deformazione.....	“	333
Calcolo delle deformazioni.....	“	334
Stato I.....	“	336
Stato II.....	“	337
Controfrecce.....	“	340
Stato limite di vibrazione.....	“	340
Stato limite delle tensioni di esercizio.....	“	340
Calcolo delle tensioni.....	“	340
Sezioni fessurate e non.....	“	341
Stato limite di fatica.....	“	342
Criteri generali agli SLE/SLS sismici.....	“	342
Verifiche di resistenza.....	“	342
Elementi strutturali.....	“	342
Elementi non strutturali.....	“	343
Verifiche di mantenimento della funzionalità degli impianti.....	“	344
Riferimenti normativi.....	“	345
DETTAGLI ESECUTIVI.....	“	347
Criteri generali.....	“	349
Calcestruzzo.....	“	349
Impasto per getti.....	“	349
Durabilità.....	“	349
Disarmo.....	“	349
Armature.....	“	350
Ancoraggio.....	“	350
Ancoraggio senza prescrizioni sismiche.....	“	350
Ancoraggio con prescrizioni sismiche.....	“	352
Ancoraggio nelle travi.....	“	352
Uncini.....	“	353
Piegature.....	“	353
Giunzioni.....	“	353
Copriferro.....	“	354
Interferro.....	“	355
Riferimenti normativi.....	“	357
SOLAI: CENNI.....	“	359
Solai.....	“	361
Generalità.....	“	361
Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi forati in laterizio.....	“	361
Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi diversi dal laterizio....	“	361

Solai realizzati con l'associazione di componenti prefabbricati in c.a. e c.a.p.	“ 362
Dimensionamento di un solaio monotrave.....	“ 362
Calcolo dei momenti resistenti.....	“ 363
Momento ultimo.....	“ 363
Momento in esercizio.....	“ 365
Calcolo del taglio resistente.....	“ 367
Riferimenti normativi.....	“ 369
TABELLE	“ 371
Tabelle pesi.....	“ 372
Densità volumiche.....	“ 372
Densità superficiali.....	“ 376
Tondini di acciaio.....	“ 377
Caratteristiche geometriche.....	“ 377
Prospetto 1.....	“ 377
Prospetto 2.....	“ 378
Prospetto 3.....	“ 378
Peso dei tondini.....	“ 379
Prospetto 4.....	“ 379
Prospetto 5.....	“ 380
Figure piane: momenti e moduli.....	“ 380
Sezione rettangolare-quadrata piena.....	“ 381
Sezione rettangolare-quadrata cava (non passante).....	“ 381
Sezione rettangolare-quadrata cava (passante).....	“ 381
Sezione circolare piena o cava.....	“ 381
Sezione ellittica piena o cava.....	“ 382
Sezione a croce.....	“ 382
Sezione a doppio T.....	“ 382
Sezione a C.....	“ 382
Riferimenti normativi.....	“ 384
ESEMPI DI CALCOLO	“ 385
Esempi applicativi.....	“ 387
Analisi delle combinazioni di carico.....	“ 387
Nota teorica.....	“ 387
Combinazioni agli SLU: stato limite EQU.....	“ 388
Studio addendo Q_i	“ 388
Studio addendo Q_1	“ 390
Studio addendo Q	“ 390
Studio addendo G	“ 392
Studio dell'azione di progetto F_d	“ 392
Combinazioni agli SLE/SLS: combinazione quasi permanente.....	“ 394
Definizione dell'azione del vento e della neve.....	“ 395
Azione del vento.....	“ 395
Azione normale del vento.....	“ 396
Determinazione della pressione cinetica di riferimento.....	“ 397

Determinazione del coefficiente di esposizione e di topografia.....	“ 398
Determinazione del coefficiente di forma.....	“ 399
Determinazione del coefficiente dinamico.....	“ 400
Calcolo dell'azione normale “p”.....	“ 400
Azione tangente del vento.....	“ 405
Coefficiente di attrito.....	“ 405
Calcolo dell'azione tangente “p _f ”.....	“ 405
Azione della neve.....	“ 407
Carico neve.....	“ 407
Determinazione di a _s e calcolo del carico neve al suolo.....	“ 407
Calcolo del coefficiente di forma.....	“ 409
Calcolo del coefficiente termico.....	“ 409
Calcolo del coefficiente di esposizione.....	“ 409
Calcolo del carico neve sulla copertura.....	“ 409
Definizione degli spettri di risposta elastica.....	“ 412
Sito, periodo di riferimento e η.....	“ 412
Sottosuolo.....	“ 413
Definizione di a _g , F ₀ e T* _C e calcolo dei periodi degli spettri.....	“ 413
Calcolo dei vari fattori dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.....	“ 414
Calcolo dei vari fattori dello spettro elastico in accelerazione verticale.....	“ 415
Spettri di risposta.....	“ 415
Spettro di risposta elastica in accelerazione per la componente orizzontale.....	“ 415
Spettro di risposta elastica in accelerazione per la componente verticale.....	“ 416
Spettro di risposta elastica in spostamento delle componenti orizzontali.....	“ 417
Dimensionamento di una sezione a singolo registro.....	“ 418
Caratteristiche dei materiali.....	“ 418
Dimensionamento a flessione semplice retta.....	“ 418
Dimensionamento a pressoflessione retta.....	“ 420
Dimensionamento di una sezione a doppio registro.....	“ 423
Caratteristiche dei materiali.....	“ 423
Dimensionamento a flessione semplice retta.....	“ 423
Dimensionamento con φ = 0.10.....	“ 423
Dimensionamento con φ = 0.20.....	“ 425
Comparazione dei risultati.....	“ 427
Dimensionamento a pressoflessione retta.....	“ 427
Dimensionamento con φ = 0.10.....	“ 427
Dimensionamento con φ = 0.20.....	“ 429
Comparazione dei risultati.....	“ 432
Elementi armati a torsione.....	“ 432
Sollecitazione di torsione.....	“ 432
Riepilogo.....	“ 435

Calcolo di un telaio in cls.....	“ 435
Problema.....	“ 436
Predimensionamento.....	“ 437
Studio della trave continua ABC.....	“ 437
Studio del pilastro BE.....	“ 439
Prospetto di riepilogo.....	“ 439
Studio del telaio.....	“ 440
Calcolo telaio agli SLU.....	“ 441
Dimensionamento trave ABC.....	“ 442
Dimensionamento a pressoflessione.....	“ 442
Dimensionamento a taglio.....	“ 445
Dimensionamento pilastri AD e CF.....	“ 447
Dimensionamento a pressoflessione.....	“ 447
Dimensionamento a taglio.....	“ 449
Verifiche di instabilità.....	“ 450
Dimensionamento pilastro BE.....	“ 450
Dimensionamento a compressione semplice.....	“ 450
Verifiche agli SLE.....	“ 456
Stato limite di fessurazione.....	“ 456
Caratteristiche della sollecitazione per la combinazione di carico frequente.....	“ 457
Caratteristiche della sollecitazione per la combinazione quasi permanente.....	“ 458
Verifiche per la combinazione frequente.....	“ 459
Verifiche per la combinazione quasi permanente.....	“ 459
Stato limite di deformazione.....	“ 460
Stato limite delle tensioni di esercizio.....	“ 461
Caratteristiche della sollecitazione per la combinazione rara.....	“ 461
Nota teorica.....	“ 462
Verifiche per la combinazione rara.....	“ 463
Verifiche per la combinazione quasi permanente.....	“ 464
Dimensionamento con i grafici ad n variabili.....	“ 464
Compressione semplice: problema 1.....	“ 464
Compressione semplice: problema 2.....	“ 466
Flessione retta: problema 1.....	“ 468
Flessione retta: problema 2.....	“ 470
GUIDA ALL'INSTALLAZIONE ED ALL'UTILIZZO DEL SOFTWARE.....	“ 473
Introduzione al software.....	“ 475
Requisiti di sistema.....	“ 475
Richiesta della password.....	“ 475
Installazione del software.....	“ 475
Utilizzo del software.....	“ 477
Tasti ad accesso rapido.....	“ 478
Menu a tendina.....	“ 479
Menu “Gestione Archivi”.....	“ 479
Menu “Calcola”.....	“ 483
Menu “Stampa”.....	“ 486

Menu "Informazioni"	"	486
Codici di calcolo.....	"	487
Esempi di stampa.....	"	488
Stampe di dettaglio.....	"	489
Stampe generali dati e risultati.....	"	492
LICENZA D'USO DEL SOFTWARE.....	"	495
SCHEDA DI REGISTRAZIONE DEL SOFTWARE.....	"	496

PREFAZIONE ALLA I EDIZIONE

Prefazione

Il panorama tecnico italiano, anche dopo la pubblicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni, con tutte le codificate innovazioni unitamente ai numerosi punti dubbi e di aperta discussione, si presenta abbastanza articolato.

Relativamente agli stati limite, in commercio sono reperibili numerosi valenti testi di tecnica ma poco o nulla esiste in termini di “compendio” o di “manuale di progettazione”.

Tale considerazione unita alle esigenze del progettista, soprattutto nella corrente fase di transizione, è alla base della realizzazione di un'opera come quella che si propone.

Il manuale si presta alla progettazione degli elementi strutturali secondo il metodo degli stati limite codificato nella versione italiana, che, come noto, presenta delle differenze rispetto agli Eurocodici o rispetto ad altre normative di comprovata valenza ed efficacia tecnica.

Il metodo agli stati limite fornisce, oggi, i risultati più ragionevolmente descrittivi della realtà.

Il presente manuale vuole costituire uno strumento attraverso il quale il progettista può tenere sotto controllo tutte le fasi dell'attività di dimensionamento e verifica degli elementi strutturali.

In quest'ottica il manuale fornisce indicazioni raggruppate secondo uno schema logico di utilizzo, differenziando le fasi di progettazione da quelle di verifica e fornendo una serie di strumenti, quali tabelle, abachi, grafici, etc. che agevolano il calcolo manuale e lo rendono rapido, sicuro e veloce.

Certamente uno degli elementi di rilievo del manuale è costituito dai “grafici ad n variabili in piano”, risultato di circa dieci anni di studi personali, che permettono il dimensionamento degli elementi strutturali senza necessità di eseguire alcun calcolo manuale.

A chiarimento di ogni prescrizione e nota teorico-normativa riportata, in appendice sono presenti numerosi esempi applicativi e, fra questi, il calcolo completo degli elementi di un telaio in calcestruzzo armato.

Marzo 2006

Avvertenze

Il presente manuale non vuole essere la soluzione dei problemi legati alla progettazione degli elementi strutturali agli stati limite (all'italiana).

L'obiettivo è quello di avere uno strumento che permetta di tenere sotto controllo tutte le fasi di calcolo necessarie alla progettazione nonché verificare, in modo rapido e veloce, limiti e vincoli normativi.

Quanto scritto significa che l'utente del manuale deve avere una conoscenza degli stati limite a priori e non si può affidare al manuale per una corretta e completa progettazione.

Riconoscimenti

Ritengo che la pubblicazione di un'opera di questa natura rappresenti un risultato, molto importante per l'attività professionale, di un intero percorso di crescita.

In questo senso, non si può non riconoscere il merito pedagogico di tutti coloro ai quali è demandato il compito di formare ed "inquadrare", nel corso degli anni di studio, il futuro ingegnere.

Reputo, quindi, doveroso un ringraziamento particolare all'Ing. Nicola Totaro per gli anni di insegnamento universitario, caratterizzati da spirito di ineguagliabile lucidità ed onestà scientifica, e per l'esempio umano e di tecnico che egli ha rappresentato nel corso di questi primi anni della mia attività professionale di ingegnere.

Infine, un ringraziamento all'Editore per la cortese attenzione.

Ing. Gianni Michele De Gaetanis

Quadro legislativo

Il quadro legislativo nazionale ancora vigente si compone di una serie di leggi, decreti e disposizioni atte ad inquadrare e delineare l'iter procedurale per il calcolo delle strutture.

Le leggi in vigore fanno tutte riferimento alle strutture in conglomerato di cemento armato, normale e precompresso e alle strutture metalliche di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086. Le disposizioni a cui si farà riferimento sono:

- **Legge 5 novembre 1971, n. 1086** – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- **Decreto Ministeriale 14 febbraio 1992** – Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- **Decreto Ministeriale 9 gennaio 1996** – Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- **Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996** – Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»;
- **Circolare 4 luglio 1996, n. 156** – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996;
- **Circolare 15 ottobre 1996, n. 252** – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 9 gennaio 1996;
- **Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274** – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- **Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 (I)** – Allegato A classificazione sismica dei Comuni d'Italia – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

D.M. 14
febbraio 1992

Il D.M. 14 febbraio 1992 sostituiva il D.M. 27 luglio 1985 (con alcune deroghe solo transitorie)

Oggetto del D.M. risultava essere (art. 1), relativamente alle strutture in conglomerato di cemento: *“Formano oggetto delle presenti norme tutte le opere di conglomerato cementizio armato normale e di conglomerato cementizio precompresso, eccettuate quelle per le quali vige una regolamentazione apposita a carattere particolare.*

I metodi di verifica ammessi ed i dati sulle azioni da considerare nei calcoli sono quelli contenuti nelle norme «Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» emanate ai sensi dell'art. 1 della L. 2 febbraio 1974, n. 64.

Nell'ambito di una stessa struttura i calcoli dovranno tutti fondarsi sullo stesso metodo di verifica, salvo le eccezioni previste dalle presenti norme.

«... omissis ...»

Sempre relativamente alle strutture in conglomerato cementizio, la parte prima del D.M. risultava articolata in 8 punti.

D.M. 9 gennaio
1996

Nel 1996 viene emanato un nuovo decreto che sostituisce parzialmente il D.M. 14 febbraio 1992.

In particolare, il D.M. 9 gennaio 1996 introduce le norme di calcolo, verifica e le relative regole di progettazione ed esecuzione agli stati limite abrogando (con alcune deroghe solo transitorie) i corrispondenti punti contenuti nel D.M. 14 febbraio 1992.

Oggetto del D.M. (art. 1) è: *“Sono approvate le allegate norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui alla L. 5 novembre 1971, n. 1086, che si riportano in allegato al presente decreto e di cui formano parte integrante.*

Sono altresì applicabili le norme tecniche di cui al precedente D.M. 14 febbraio 1992 per la parte concernente le norme di calcolo e le verifiche col metodo delle tensioni ammissibili e le relative regole di progettazione e di esecuzione.

È consentita l'applicazione delle norme europee sperimentali Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo, parte 1 – 1, regole generali e regole per gli edifici – ed Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio, parte 1 – 1, regole generali e regole per gli edifici – nelle rispettive versioni in lingua italiana, pubblicate a cura dell'UNI (UNI ENV 1992 – 1 – 1, ratificata in data gennaio 1993 e UNI ENV 1993 – 1 – 1, ratificata in data giugno 1994), come modificate ed integrate dalle prescrizioni di cui alla parte I, sezione III, ed alla parte II, sezione III, delle norme tecniche di cui al comma 1”.

Allo stato attuale, del D.M. 14 febbraio 1996 risultano vigenti, quindi, solo le norme di calcolo, verifica e le relative regole di progettazione ed esecuzione alle tensioni ammissibili. Al citato D.M. è collegata la Circolare del 15 ottobre 1996, n. 252.

D.M. 16
gennaio 1996

Il D.M. riguarda le “Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»”.

L'art. 1 del D.M. sancisce *“Sono approvate le allegate norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» ad integrale sostituzione di quelle di cui al precedente D.M. 12 febbraio 1982”*.

Il D.M., di per sé, risulta essere abbastanza poco dettagliato e descrittivo: i necessari ed utili commenti interpretativi sono riportati nella circolare esplicativa al decreto stesso, cioè la Circolare 4 luglio 1996, n. 156.

Ord. P.C.M.
20 marzo 2003,
n. 3274

La disposizione di legge completa il quadro relativo alle sollecitazioni e determinazione delle azioni sulle strutture. In particolare, la parte di interesse è la sezione *“B – Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici”*.

L'art. 1 riporta l'oggetto della sezione, cioè *“Le presenti norme disciplinano la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento e miglioramento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni. Lo scopo delle norme è di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile.*

Le considerazioni di carattere generale, nonché le indicazioni relative all'azione sismica, di cui al capitolo 3, possono essere utilizzate come riferimento, in quanto applicabili, per la progettazione di strutture diverse dagli edifici, qualora non sia disponibile una norma specifica.

In aggiunta alle prescrizioni contenute nelle presenti Norme, le strutture devono soddisfare le prescrizioni contenute nella normativa vigente relativa alle combinazioni di carico non sismiche”.

È fondamentale sottolineare, quindi, che il rispetto dell'Ordinanza non produce effetti di rispetto della progettazione generale agli stati limite per cui è, in ogni caso, necessario dimensionare gli elementi strutturali, o al limite verificarli, secondo le disposizioni precedentemente citate.

Infine, quindi, si può considerare il seguente prospetto di riepilogo, riassuntivo del quadro normativo in relazione al conglomerato di cemento normale ed alla determinazione di azioni e sollecitazioni.

Quadro normativo generale

Argomento	Disposizione tecnica	Circolare esplicativa
Opere in cemento armato normale	L. 5 novembre 1971, n. 1086	–
Tensioni ammissibili	D.M. 14 febbraio 1992	–
Stati limite	D.M. 9 gennaio 1996	15 ottobre 1996, n. 252
Verifica sicurezza, carichi e sovraccarichi	D.M. 16 gennaio 1996	4 luglio 1996, n. 156
Strutture in zone sismiche	Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274	–

Nel presente manuale non vengono trattate le norme sismiche ed il manuale si riferisce al conglomerato normale armato con acciaio FeB44 K controllato.

PREFAZIONE ALLA II EDIZIONE

Prefazione

Il presente manuale è la naturale prosecuzione della prima esperienza editoriale “manuale di calcolo agli stati limite – stati limite all’italiana – calcestruzzo con armatura metallica - I edizione” pubblicato nel marzo 2006.

Il metodo agli stati limite risulta oggi poco diffuso e, sotto certi aspetti, rigettato dal mondo professionale italiano.

Le ragioni di siffatto contesto sono ascrivibili a diverse cause, la maggior parte delle quali riguarda, da un lato, la oscura definizione del concetto di stato limite fornito dalle norme e, dall’altro, le difficoltà a reperire materiale tecnico che consenta, manualmente, il dimensionamento ed i calcoli delle strutture.

Relativamente alla definizione di stato limite, secondo norma, si tratta dello 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 di tale natura lega lo stato limite, a livello macroscopico, alla struttura e lo mette in relazione funzionale con essa ma non chiarisce, meccanicamente, cosa sia lo stato limite.

Poiché l’obiettivo finale del progettista è il dimensionamento delle sezioni è più logico, nonché più ragionevole, relazionare lo stato limite ai materiali: in tal senso, infatti, 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”, Vsevolod I. Feodosev * Editori Riuniti, pag. 270).

Una tale definizione delinea una netta separazione fra la progettazione allo stato limite ultimo, in cui almeno uno dei materiali attinge alle condizioni ultime, e lo stato limite di esercizio, in cui tutti i materiali sono lontani o non attingono alle condizioni ultime.

Relativamente al materiale in commercio, (materiale) funzionale alla progettazione esecutiva agli stati limite, sono veramente pochi i documenti tecnici in grado di fornire gli strumenti atti a coprire una minima casistica di strutture.

Infine, il presente lavoro completa, aggiorna, ma soprattutto amplia la prima edizione cercando di rendere più vicino al progettista un criterio di calcolo, quello degli stati limite, che costituisce il parametro di riferimento per il futuro e l’unico strumento tecnico con cui ci si dovrà confrontare nell’immediato.

Settembre 2008

Avvertenze

Il presente manuale è aggiornato alle norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. del 14 gennaio 2008: 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 D.M. 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.

Quadro legislativo

La pubblicazione delle revisione alle Norme Tecniche per le Costruzioni (nel seguito semplicemente NTC), delineano un nuovo quadro tecnico-normativo: l'obiettivo è il traghettamento verso gli eurocodici, i quali costituiscono il punto di riferimento per il futuro.

Questo obiettivo è chiaro già con la prima stesura delle NTC nel 2005: viene introdotto l'obbligo, seppur con alcune deroghe, di progettazione agli stati limite.

In realtà, tale tendenza tecnica è rintracciabile già in un documento del 2003, ossia l'Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274.

Il punto di partenza di quella che si potrebbe indicare quale l'attitudine all'abbandono del metodo delle tensioni ammissibili a favore di quello agli stati limite è costituito dal disposto di legge appena citato.

L'ordinanza, infatti, segna, marcatamente, una discontinuità con il precedente quadro legislativo: l'ordinanza vede la luce pochi mesi dopo la tragedia di San Giuliano di Puglia che, il 31 ottobre 2002, viene colpito da un terremoto.

Il bilancio di tale evento è tragico: la scuola elementare "Francesco Jovine" crolla e 27 bambini ed un'insegnante perdono la vita.

L'ordinanza si presenta si da subito viziata e, sotto certi aspetti, tecnicamente incomprensibile nonché in contrasto con l'esperienza pratica ormai consolidata.

Il disposto tecnico presenta almeno due elementi critici: le nuove norme tecniche e la suddivisione in zone sismiche del territorio nazionale.

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.

Nonostante il travaglio normativo, un elemento appare chiaro ed inconfutabile: l'Ordinanza si ispira all'Eurocodice 8, almeno formalmente, per cui la scelta tecnica di fare riferimento ad essa, anche nell'ambito delle NTC del 14 settembre 2005, è una naturale necessità.

Quindi, nel 2005, le norme tecniche sanciscono che:

5. NORME SULLE COSTRUZIONI

<...omissis...>

Le norme disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni nei diversi materiali relativamente ai vari aspetti di metodi di calcolo, regole costruttive per la robustezza strutturale e procedure per le verifiche di sicurezza e di durabilità delle opere.

Le norme si applicano alle Classi di costruzione 1 e 2.

Relativamente ai metodi di calcolo, è d'obbligo il metodo di calcolo agli stati limite. Per le sole opere di classe 1 e con l'esclusione delle azioni sismiche, urti, esplosioni ed incendi, è ammesso Fuso del metodo di verifica tensionale di cui al punto 2.8 secondo le modalità semplificate indicate nei punti 5.1.2.3, 5.1.11, 5.2.3.3 e nei relativi punti dei paragrafi 5.3 e 5.4.

5.1. Costruzioni di conglomerato cementizio

<...omissis...>

In generale, le NTC del 2005 si presentano controverse e di difficile interpretazione con numerosi richiami a dati statistici non forniti dalle stesse. Le NTC 2005 trattano in modo ampio ogni genere di costruzione ma introducono, come premesso, elementi di minore dettaglio, soprattutto per le direttive esecutive.

La pubblicazione delle NTC è preceduta da un evento singolare. Il 31 dicembre 2007, attraverso la Gazzetta Ufficiale n. 302 entra in vigore il *D.L. 31 dicembre 2007, n. 248 – Proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni urgenti in materia finanziaria*, meglio noto come decreto milleproroghe.

Secondo quanto previsto dall'art. 52 del D.L.:

<...omissis...>

Art. 52 (Entrata in vigore)

1. Il presente decreto entra in vigore il giorno stesso della sua pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana e sarà presentato alle Camere per la conversione in legge.

<...omissis...>

Art. 20 (Regime transitorio per l'operatività della revisione delle norme tecniche per le costruzioni)

1. *Le revisioni generali delle norme tecniche di cui all'articolo 5, comma 1, del D.L. 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla L. 27 luglio 2004, n. 186, sono sottoposte alla disciplina transitoria di cui al comma 2-bis del medesimo articolo, con esclusione delle verifiche tecniche e degli interventi relativi agli edifici di interesse strategico e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché relativi agli edifici ed alle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso di cui al decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile 21 ottobre 2003 di attuazione dell'articolo 2, commi 2, 3 e 4, dell'Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.*

<...omissis...>

L'art. 20 riportato è il testo coordinato con le modifiche apportate con comunicato di rettifica pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale dell'11 gennaio 2008, n. 8: tramite l'articolo ed i rimandi in esso contenuti si prevede la disciplina transitoria, per un periodo di 18 mesi, in relazione ad un decreto che verrà pubblicato successivamente, ossia il 14 gennaio 2008, e che costituisce la revisione delle NTC del 2005.

La disciplina transitoria non può che riferirsi al quadro normativo pregresso rispetto al D.M. del 14 settembre 2005: questo fatto non è scontato ma solo una interpretazione per cui, ragionevolmente, l'art. 20 deve essere riformulato.

In ogni caso, le NTC sanciscono definitivamente che *“E' 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, punto 2.7).

Infine è da notare come nelle NTC non sia presente la suddivisione in zone del territorio nazionale. Infatti si passa da una classificazione, prevista dall'Ord. P.C.M. 3274, mutuata dalle NTC 2005 alla identificazione, nelle NTC, di un reticolo di riferimento dal quale trarre i parametri per la definizione degli spettri.

Ringraziamenti

Un ringraziamento va rivolto al Prof. Maurizio Madaro, docente di fotografia e cinematografia, per la preziosa consulenza nella realizzazione dell'assetto grafico del software di calcolo allegato al presente manuale.

Ing. Gianni Michele De Gaetanis