

## Indice

Premessa .....	11
Capitolo 1	
PROFILO STORICO DELL'ANALISI STRUTTURALE E DELLA NORMATIVA TECNICA IN ZONA SISMICA .....	15
1. Una "rivoluzione" all'inizio del nuovo millennio.....	15
2. Evoluzione storica del concetto di sicurezza .....	16
3. Evoluzione storica della strategia di difesa dai terremoti .....	19
4. Evoluzione del quadro normativo nazionale.....	22
Capitolo 2	
ELEMENTI BASE DI INGEGNERIA SISMICA .....	25
1. Premessa .....	25
2. Natura dei terremoti.....	26
3. Pericolosità sismica.....	30
4. Il sistema ad un grado di libertà .....	34
5. Comportamento elastico del sistema ad un grado di libertà.....	36
5.1. Oscillazioni libere in assenza di smorzamento.....	36
5.2. Oscillazioni libere in presenza di smorzamento .....	38
5.3. Oscillazioni forzate .....	39
5.4. Risposta sismica e spettro di risposta elastico .....	43
5.5. Spettri di risposta elastica di normativa .....	50
6. Comportamento di un sistema elasto-plastico ad un grado di libertà.....	51
6.1. Duttilità.....	51
6.2. Risposta sismica di sistemi elasto-plastici.....	53
6.3. Spettri di progetto di normativa .....	55
7. Sistemi continui e sistemi a più gradi di libertà .....	56
8. Comportamento elastico dei sistemi a più gradi di libertà .....	57
8.1. Oscillazioni libere e modi principali di oscillazione .....	57
8.2. Risposta sismica.....	62
8.3. Analisi modale con spettro di risposta.....	63
8.4. Analisi statica .....	65
9. Comportamento inelastico dei sistemi a più gradi di libertà.....	67

10. Comportamento di sistemi tridimensionali .....	69
11. Analisi statica non lineare .....	73
12. Considerazioni conclusive.....	77
Bibliografia essenziale.....	78
Capitolo 3	
PRESCRIZIONI DELLA NORMATIVA SISMICA .....	79
1. Norme Tecniche per le Costruzioni .....	79
2. Principi e regole applicative .....	81
3. Obiettivi della progettazione antisismica .....	82
4. L'azione sismica .....	85
4.1. Zone sismiche e pericolosità sismica .....	85
4.2. Categorie di terreno e condizioni topografiche .....	86
4.3. Spettri di risposta elastici della normativa .....	88
4.4. Spettri di progetto della normativa.....	97
4.5. Fattore di struttura .....	100
5. Combinazione dell'azione sismica con le altre azioni.....	104
6. Analisi strutturale .....	107
6.1. Tipi di analisi .....	107
6.2. Analisi statica .....	107
6.3. Analisi modale e statica: un esempio numerico.....	109
6.4. Analisi statica non lineare.....	111
6.5. Analisi dinamica non lineare.....	113
7. Regolarità strutturale.....	113
7.1. Regolarità in pianta .....	114
7.2. Regolarità in altezza .....	115
8. Classi di rischio sismico.....	117
Capitolo 4	
CONCEZIONE STRUTTURALE DELL'EDIFICIO .....	121
1. Evoluzione storica dell'edificio ad uso abitativo .....	121
2. Gli elementi che costituiscono l'edificio.....	124
2.1. L'impalcato e i solai .....	124
2.2. Le travi e i pilastri .....	127
2.3. La struttura della scala .....	130
2.4. Il sistema fondale.....	133
3. Principi fondamentali della progettazione strutturale .....	134
Capitolo 5 .....	
DIMENSIONAMENTO DELLA STRUTTURA .....	139
1. Collocazione del progetto strutturale nel processo edilizio .....	139
2. Impostazione della carpenteria .....	140
2.1. Problematiche generali.....	140
2.2. Criteri per l'impostazione della carpenteria .....	141
3. Criteri generali per il dimensionamento delle sezioni .....	146
4. Stima iniziale delle caratteristiche di sollecitazione e dimensionamento di travi e pilastri .....	156

5. Previsione più accurata delle caratteristiche di sollecitazione e controllo del dimensionamento.....	163
6. Un ulteriore approccio progettuale .....	169

#### Capitolo 6

<b>RISOLUZIONE DELLO SCHEMA STRUTTURALE.....</b>	<b>171</b>
1. Analisi da svolgere.....	171
1.1. In assenza di sisma.....	172
1.2. In presenza di sisma con alto periodo di ritorno .....	172
1.3. In presenza di sisma con basso periodo di ritorno.....	175
2. Carichi verticali e masse .....	176
2.1. Carichi unitari .....	176
2.2. Carichi sulle travi .....	179
2.3. Massa dell'impalcato.....	181
2.4. Baricentro delle masse .....	183
2.5. Eccentricità accidentale.....	184
3. Organizzazione delle condizioni di carico .....	184
4. Definizione dello schema geometrico .....	185
4.1. Evoluzione dei modelli di calcolo.....	186
4.2. Problematiche di modellazione più recenti.....	190
4.3. Elementi principali e secondari.....	195
4.4. Modellazione delle tamponature .....	196
5. Analisi dei risultati degli schemi base .....	199
5.1. Carichi verticali .....	199
5.2. Forze orizzontali – analisi statica .....	200
5.3. Analisi modale.....	201
5.4. Effetto dell'eccentricità accidentale .....	203
5.5. Considerazioni sull'effetto della contemporanea presenza delle due componenti del sisma.....	204
6. Combinazione degli schemi base .....	205
7. Analisi critica e revisione dell'impostazione strutturale.....	207
Appendice: risoluzione del telaio spaziale .....	210

#### Capitolo 7

<b>PROGETTO DELLE ARMATURE .....</b>	<b>219</b>
1. Considerazioni generali .....	219
2. Gerarchia delle resistenze (o progettazione in capacità).....	219
3. Travi: armature a flessione .....	221
3.1. Caratteristiche di sollecitazione.....	221
3.2. Calcolo dell'area di armatura necessaria.....	223
3.3. Disposizione delle barre longitudinali .....	223
4. Travi: armature a taglio .....	225
4.1. Caratteristiche di sollecitazione.....	225
4.2. Verifica a taglio e calcolo dell'area di staffe necessaria .....	227
4.3. Consigli pratici per l'armatura a taglio .....	229
5. Travi: duttilità.....	230

6. Pilastri: armature a flessione composta.....	231
6.1. Caratteristiche di sollecitazione.....	231
6.2. Progetto dell'armatura .....	234
7. Pilastri: armatura a taglio.....	236
8. Nodi trave-pilastro.....	237
Appendice: procedura approssimata per la pressoflessione retta .....	242

#### Capitolo 8

VERIFICA DEGLI IMPALCATI.....	245
1. Prescrizioni della normativa .....	245
2. Modellazione dell'impalcato .....	246
2.1. L'impalcato nel modello globale della struttura.....	246
2.2. Modellazione per la verifica dell'impalcato.....	248
3. Schemi per l'analisi dell'impalcato.....	249
3.1. Ossatura intelaiata priva di tamponature.....	249
3.2. Ossatura intelaiata con tamponature.....	251
3.3. Schemi limite di comportamento in presenza di tamponature .....	253
4. Verifica di rigidezza .....	255
5. Verifica di resistenza e armatura dell'impalcato.....	257

#### Capitolo 9

IL SISTEMA FONDALE E LA SUA INTERAZIONE CON LA STRUTTURA IN ELEVAZIONE .....	261
1. Introduzione .....	261
2. Scelta del sistema fondale .....	264
3. Dimensionamento delle fondazioni .....	267
3.1. Travi rovesce e reticolo di travi.....	267
3.2. Plinti diretti .....	268
3.3. Plinti su pali.....	269
4. Modellazione .....	269
4.1. Travi rovesce e reticolo di travi.....	270
4.2. Plinti diretti .....	271
4.3. Plinti su pali.....	272
4.4. Considerazioni sulla modellazione.....	273
5. Una verifica globale "a vista" della struttura .....	275

#### Capitolo 10

ESEMPIO: DIMENSIONAMENTO DELLA STRUTTURA .....	277
1. Introduzione .....	277
2. Caratteristiche dell'edificio.....	277
3. Impostazione della carpenteria .....	283
4. Analisi preliminari: effetto dei carichi verticali .....	286
5. Dimensionamento di travi e pilastri .....	289
5.1. Spettro di risposta elastico .....	289
5.2. Fattore di struttura e spettro di progetto .....	290
5.3. Valutazione dell'azione sismica.....	292

5.4. Caratteristiche della sollecitazione.....	292
5.5. Dimensionamento delle sezioni.....	294
6. Disegno esecutivo della carpenteria.....	295
7. Previsione più accurata delle caratteristiche di sollecitazione e controllo del dimensionamento.....	300
8. Spostamenti per stato limite di danno.....	302
9. Modifiche al dimensionamento della struttura.....	303
10. Considerazioni finali sul dimensionamento della struttura.....	304

#### Capitolo 11

ESEMPIO: RISOLUZIONE DELLO SCHEMA.....	305
1. Carichi.....	305
1.1. Carichi unitari.....	305
1.2. Carichi sulle travi.....	306
1.3. Massa dell'impalcato.....	309
1.4. Eccentricità accidentali.....	311
2. Condizioni di carico.....	311
3. Schema geometrico.....	315
4. Analisi dei risultati degli schemi base – soluzione iniziale.....	316
4.1. Carichi verticali.....	316
4.2. Analisi modale.....	316
4.3. Effetto dell'eccentricità accidentale.....	320
4.4. Considerazioni sull'effetto della contemporanea presenza delle due componenti del sisma.....	321
5. In alternativa: analisi statica.....	322
6. Analisi dei risultati – soluzione migliorata.....	324
7. Combinazione degli schemi base.....	327
8. Considerazioni sulla modellazione.....	331

#### Capitolo 12

ESEMPIO: PROGETTO DELLE ARMATURE.....	333
1. Travi: armatura a flessione.....	333
2. Travi: armatura a taglio.....	335
3. Pilastri: armatura a pressoflessione.....	339
4. Pilastri: armatura a taglio.....	346
5. Nodi trave-pilastro.....	347
6. Dettagli costruttivi.....	348
Appendice – Relazione secondo le indicazioni del capitolo 10 delle NTC.....	350

#### Capitolo 13

ESEMPIO: RELAZIONE GENERALE.....	351
1. La relazione generale secondo le indicazioni del capitolo 10 delle Norme Tecniche per le Costruzioni.....	351
2. Organizzazione della relazione generale.....	352
3. Relazione generale – schema migliorato.....	353

## Capitolo 14

ALTRI PROGETTI .....	371
1. Progetto di un primo edificio intelaiato in c.a.....	371
1.1. Introduzione .....	371
1.2. Dati generali .....	371
1.3. Impostazione della carpenteria e primo dimensionamento delle sezioni dei pilastri .....	372
1.4. Prima verifica, armatura dei pilastri e dimensionamento delle travi.....	373
1.5. Analisi della struttura con un modello traslante .....	373
1.6. Verifica finale della struttura in elevazione.....	375
1.7. Il sistema fondale.....	378
1.8. Considerazioni finali.....	378
2. Progetto di un secondo edificio intelaiato in c.a. ....	380
2.1. Introduzione e dati generali .....	380
2.2. La rappresentazione grafica del progetto strutturale esecutivo.....	380
2.3. Le principali tavole strutturali.....	382
3. Altri progetti .....	383