

XV Introduzione

XVII Prefazione

Parte I: Basi del progetto

3 CAP. 1 - LA CONCEZIONE STRUTTURALE

3 1.1 Carattere di una costruzione

5 1.2 La forma tecnica della costruzione in calcestruzzo armato

11 1.3 Spazio, telaio e gerarchie

20 1.4 Struttura, non-struttura

22 1.5 Tecnica e Architettura

23 CAP. 2 - PROGETTO E PRESTAZIONI STRUTTURALI

23 2.1 L'affidabilità strutturale

2.1.1 Vita nominale, p. 25 – 2.1.2 Progetto e Stati limite, p. 26 – 2.1.3 Robustezza, p. 27 – 2.1.4 Durabilità, p. 29

30 2.2 Caratteristiche generali degli edifici

31 2.3 Il decalogo della progettazione strutturale

42 2.4 Sistemi costruttivi

44 2.5 Sotto-sistemi strutturali intelaiati

48 2.6 Sotto-sistemi strutturali a pareti o misti (telaio – parete)

55 **CAP. 3 - IL CONTROLLO DELLA DUTTILITÀ**

55 3.1 Comportamento oltre il limite elastico

57 3.2 Rottura duttile e rottura fragile

3.2.1 Materiali a comportamento duttile: l'acciaio di armatura, p. 57 – 3.2.2 Materiali a comportamento fragile: il calcestruzzo, p. 59

61 3.3 Modelli analitici tensioni-deformazioni

3.3.1 Materiale elastico-perfettamente plastico (diagramma di Prandtl), p. 61 – 3.3.2 Materiale rigido-plastico, p. 62 – 3.3.3 Schematizzazione dell'incrudimento, p. 63 – 3.3.4 Schematizzazione analitica del legame costitutivo del calcestruzzo, p. 64

67 3.4 Cenni sulla teoria della flessione plastica

3.4.1 Trave in materiale elastico-perfettamente plastico (ipotesi di Prandtl), p. 68 – 3.4.2 Diagramma momento-curvatura di una trave in cemento armato, p. 73

76 3.5 Curvatura vs rotazione

79 3.6 Iperstaticità, ridondanza e robustness

3.6.1 Strutture isostatiche, p. 80 – 3.6.2 Strutture iperstatiche, p. 83 – 3.6.3 Iperstaticità e ridondanza, p. 86 – 3.6.4 La robustness, p. 88

90 3.7 Una conclusione in tema di duttilità

93 **CAP. 4 - I MATERIALI E LE TECNOLOGIE DEL MODERNO CALCESTRUZZO STRUTTURALE**

95 4.1 I componenti del calcestruzzo ordinario

4.1.1 Il cemento, p. 95 – 4.1.2 Gli aggregati, p. 97 – 4.1.3 Acqua, p. 99 – 4.1.4 La moderna tecnologia degli additivi, p. 101 – 4.1.5 Le aggiunte, p. 107

109 4.2 La produzione industriale

111 4.3 Indici prestazionali

4.3.1 Proprietà del calcestruzzo allo stato fresco, p. 111 – 4.3.2 Natura e fattori

della lavorabilità, p. 112 – 4.3.3 Perdita di lavorabilità, p. 115 – 4.3.4 La segregazione, p. 116 – 4.3.5 Il bleeding, p. 117 – 4.3.6 Proprietà del calcestruzzo allo stato indurito: la resistenza meccanica del calcestruzzo, p. 118

121 **4.4 La durabilità**

4.4.1 Fattori che influenzano la durabilità, p. 123 – 4.4.2 Le cause del degrado, p. 124 – 4.4.3 Riferimenti normativi, p. 126

132 **4.5 Mix Design**

138 **4.6 Calcestruzzi speciali**

4.6.1 Premessa, p. 138 – 4.6.2 I calcestruzzi ad alta resistenza, p. 138 – 4.6.3 I calcestruzzi autocompattanti, p. 139

Parte II: Fondamenti dell'analisi e della verifica

145 **CAP. 5 - LA SICUREZZA STRUTTURALE**

145 **5.1 Sicurezza, vita utile e costi**

147 **5.2 Stati Limite**

149 **5.3 Materiali, azioni e resistenze di calcolo**

5.3.1 Azioni, p. 149 – 5.3.2 Resistenze, p. 150 – 5.3.3 Proprietà dei materiali: il calcestruzzo, p. 150 – 5.3.4 Proprietà dei materiali: l'acciaio per cemento armato, p. 156

154 **5.4 La misura della sicurezza strutturale**

5.4.1 Valutazione diretta della probabilità di insuccesso, p. 154 – 5.4.2 Metodo semiprobabilistico agli stati limite, p. 155 – 5.4.3 Il criterio delle tensioni ammissibili, p. 156

159 **CAP. 6 - ANALISI STRUTTURALE**

161 **6.1 Modellazione della struttura**

6.1.1 Classificazione degli elementi strutturali, p. 161 – 6.1.2 Dati geometrici, p. 162 – 6.1.3 Imperfezioni geometriche, p. 164

166 **6.2 Richiami sui legami costitutivi del calcestruzzo**

171 **6.3 La capacità di rotazione plastica nelle strutture inflesse**

- 181 6.4 Analisi elastica lineare
- 183 6.5 Analisi elastica lineare con limitata ridistribuzione
- 185 6.6 Analisi plastica
6.6.1 Analisi mediante traliccio di aste, p. 188
- 191 6.7 Analisi non lineare
6.7.1 Non linearità del materiale, p. 192 – 6.7.2 Non linearità geometrica, p. 195
- 203 **CAP. 7 - LE AZIONI SULLE COSTRUZIONI**
- 203 7.1 Introduzione
7.1.1 Classificazione delle azioni, p. 204 – 7.1.2 Caratterizzazione delle azioni elementari, p. 207
- 211 7.2 Azioni variabili nel tempo
7.2.1 Neve, p. 211 – 7.2.2 Vento, p. 218 – 7.2.3 Variazioni termiche, p. 226
- 227 7.3 Carichi permanenti e carichi di esercizio per le opere civili ed industriali
7.3.1 Peso proprio e sovraccarichi permanenti, p. 227 – 7.3.2 Carichi di esercizio, p. 229
- 235 **CAP. 8 - LO STATO LIMITE ULTIMO PER TENSIONI NORMALI**
- 235 8.1 Introduzione
- 237 8.2 Le verifiche allo stato limite ultimo per tensioni normali
8.2.1 Cenni sulla teoria della flessione nelle travi in c.a., p. 239 – 8.2.2 Ipotesi di base per la valutazione delle resistenze di calcolo, p. 242 – 8.2.3 Leggi costitutive dei materiali, p. 244 – 8.2.4 Condizioni critiche, p. 248 – 8.2.5 La sezione rettangolare a semplice e doppia armatura, p. 262
- 264 8.3 Flessione semplice retta nelle travi a sezione rettangolare
8.3.1 Momento resistente per sezioni a semplice armatura, p. 265 – 8.3.2 Momento resistente per sezioni a doppia armatura, p. 270 – 8.3.3 Equazioni adimensionali per la valutazione del momento resistente, p. 275 – 8.3.4 Problemi di progetto e verifica, p. 279
- 291 8.4 Lo sforzo normale semplice

- 293 8.5 Flessione composta negli elementi a sezione rettangolare
8.5.1 Equazioni adimensionali per la costruzione dei domini di interazione, p. 298
– 8.5.2 Domini di interazione semplificati, p. 301

305 **CAP. 9 - PROGETTO E VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI
ELEMENTI SOGGETTI A FLESSIONE E TAGLIO**

- 305 9.1 Considerazioni generali
- 307 9.2 Meccanismi resistenti di elementi privi di armatura a taglio
9.2.1 Il meccanismo resistente “a pettine”, l’effetto “spinotto” e l’effetto “ingranamento”, p. 309 – 9.2.2 Esempio applicativo, p. 320
- 324 9.3 Meccanismi resistenti di elementi con armatura a taglio
9.3.1 Il traliccio iperstatico modificato, p. 326 – 9.3.2 Il traliccio ad inclinazione variabile, p. 332 – 9.3.3 Esempio applicativo, p. 351
- 360 9.4 Azione tagliente tra anima e piattabanda di elementi a sezione a ‘T’
- 362 9.5 Azione tagliente all’interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi
9.5.1 Esempio applicativo, p. 365
- 367 9.6 Azione tagliente in elementi di altezza variabile
- 369 9.7 Azione tagliente in elementi a sezione circolare
- 374 9.8 Interazione fra i meccanismi resistenti
- 378 9.9 Azione tagliente in presenza di pressoflessione
- 381 9.10 Il punzonamento
9.10.1 Esempio applicativo, p. 385

389 **CAP. 10 - PROGETTO E VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI
ELEMENTI SOGGETTI A TORSIONE**

- 391 10.1 La torsione circolatoria
10.1.1 Elementi a cassone semplicemente connesso, p. 399 – 10.1.2 Elementi a cassone multiplo, p. 406 – 10.1.3 Elementi a sezione compatta, p. 407 – 10.1.4 Esempio applicativo, p. 410

- 415 10.2 La warping torsion
10.2.1 Elementi strutturali a mensola aventi sezione a 'C', p. 417 – 10.2.2 Esempio applicativo, p. 425
- 431 **CAP. 11 - INSTABILITÀ DEGLI ELEMENTI COMPRESSI**
- 432 11.1 La stabilità delle colonne singole
11.1.1 Impostazione del problema, p. 432 – 11.1.2 Criteri semplificati per effetti del secondo ordine, p. 436 – 11.1.3 Metodi di analisi, p. 439 – 11.1.4 Il metodo alle differenze finite come applicazione del metodo generale, p. 439 – 11.1.5 Metodo della colonna modello, p. 442 – 11.1.6 Domini resistenti ridotti, p. 447 – 11.1.7 Il metodo dell'equilibrio, p. 457 – 11.1.8 Metodo basato sulla rigidità nominale, p. 460 – 11.1.9 Metodo basato sulla curvatura nominale, p. 462 – 11.1.10 Flessione deviata, p. 463 – 11.1.11 Un'applicazione numerica, p. 464
- 468 11.2. Effetti del 2° ordine nell'analisi globale delle strutture
11.2.1 Criteri semplificati per gli edifici secondo EC2, p. 469 – 11.2.2 Metodi generali, p. 472 – 11.2.3 Il metodo P-Δ, p. 473 – 11.2.4 Metodo di calcolo generale secondo EC2, p. 476 – 11.2.5 Un'applicazione numerica, p. 477
- 482 11.3. Effetti della viscosità
11.3.1 Considerazioni di base, p. 482 – 11.3.2 Valutazioni approssimate secondo EC2, p. 485
- 487 **CAP. 12 - VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**
- 487 12.1 Introduzione
12.1.1 Deformazioni differite nel calcestruzzo: viscosità, p. 490 – 12.1.2 Deformazioni differite nel calcestruzzo: ritiro, p. 494
- 496 12.2 Stato limite delle tensioni di esercizio
12.2.1 Il caso della sezione rettangolare, p. 497 – 12.2.2 Esempio di calcolo, p. 505
- 507 12.3 Stato limite di Fessurazione
12.3.1 Il fenomeno fessurativo, p. 508 – 12.3.2 Il Tension Stiffening, p. 512 – 12.3.3 La sollecitazione di prima fessurazione, p. 518 – 12.3.4 Il calcolo dell'ampiezza delle fessure, p. 522 – 12.3.5 La fessurazione per "effetti differiti", p. 528 – 12.3.6 Esempi di calcolo, p. 536 – 12.3.7 Verifica della fessurazione senza calcolo diretto, p. 541
- 544 12.4 Stato Limite di Deformazione
12.4.1 Il calcolo della deformata di elementi inflessi, p. 545 – 12.4.2 Procedure

per il calcolo delle deformazioni, p. 553 – 12.4.3 Metodo semplificato per il calcolo delle deformazioni, p. 555 – 12.4.4 Effetti differiti nella deformazione degli elementi inflessi, p. 562 – 12.4.5 Esempi di calcolo, p. 573 – 12.4.6 Casi in cui può essere omesso il calcolo delle deformazioni, p. 579

581 **BIBLIOGRAFIA**

3 CAP. 13 - IL METODO DEL PERCORSO DEL CARICO

- ### 3 13.1 La scelta del modello

- 6 13.2 Cenni storici

- ## 7 13.3 Fondamenti del metodo

13.3.1 Una definizione di struttura, p. 10 – 13.3.2 Il disegno dello STM con il LPM, p. 11 – 13.3.3 I percorsi dei carichi e delle spinte disegnano la struttura, p. 12 – 13.3.4 Il percorso del carico senza deviazioni, p. 13 – 13.3.5 Il percorso del carico con deviazioni, p. 15 – 13.3.6 Aspetti di metodo, p. 18

- 24 13.4 Il
- conceptual design*
- con il
- Load Path Method*

13.4.1 L'aggetto in muratura, p. 25 – 13.4.2 Dall'arco alla cupola, p. 26 – 13.4.3 Dalla capriata alla trave, p. 29 – 13.4.3 La trave, p. 32 – 13.4.5 Sistemi complessi, p. 33

**39 CAP. 14 - CONCEZIONE GENERALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI DEL
PROGETTO DELLE ARMATURE**

- ## 41 14.1 Regole generali di *detailing*

- 14.1.1 Distanza tra le barre, p. 42 – 14.1.2 Diametro del mandrino, diametro delle barre, copriferro, p. 46 – 14.1.3 Ancoraggi e giunzioni, p. 58 – 14.1.4 Percentuale meccanica: valori relativi limite acciaio/calcestruzzo, p. 68 – 14.1.5 Altre regole generali, p. 72
- 72 14.2 Elementi strutturali
14.2.1 Travi, p. 73 – 14.2.2 Pilastri, p. 175 – 14.2.3 Pareti, p. 192 – 14.2.4 Altri elementi strutturali, p. 198 – 14.2.5 Regioni di discontinuità, p. 215
- 227 14.3 Sistemi strutturali
14.3.1 Angoli dei telai, p. 227 – 14.3.2 Sistemi di tiranti, p. 235
- 239 **CAP. 15 - IL PROGETTO DELLE ARMATURE DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE**
- 242 15.1 Organizzazione del disegno delle armature longitudinali e trasversali
- 258 15.2 Plinti (blocchi) di fondazione diretta
15.2.1 Plinti soggetti a carico centrato, p. 258 – 15.2.2 Plinti soggetti a carico eccentrico, p. 262 – 15.2.3 Plinti di confine, p. 265 – 15.2.4 Blocco di fondazione di pilastri su roccia, p. 267
- 270 15.3 Blocchi di fondazione su pali
15.3.1 Blocchi di fondazione su pali: carico centrato, p. 270 – 15.3.2 Blocchi su pali: carico eccentrico, p. 277 – 15.3.3 Blocchi su pali soggetti ad azioni orizzontali, p. 280 – 15.3.4 Pali di fondazione trivellati, p. 280
- 281 15.4 Travi di fondazione
15.4.1 Armature longitudinali, p. 281 – 15.4.2 Armature trasversali, p. 283
- 284 15.5 Platee di fondazione

Parte IV: Realizzazione

- 291 **CAP. 16 - IL CANTIERE E LA REALIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI**
- 292 16.1 La cantierizzazione

296	16.2 Scavi di fondazione
303	16.3 Strutture di fondazione
310	16.4 Pilastri e pareti
321	16.5 Travi e solai
333	16.6 Scale
347	CAP. 17 – IL PROGETTO AGLI STATI LIMITE DI UN EDIFICIO IN CEMENTO ARMATO
355	17.1 Il “disegno” della carpenteria
	17.1.1 Compatibilità tra progetto strutturale e progetto architettonico, p. 355 – 17.1.2 Gli accorgimenti progettuali e costruttivi per evitare gli effetti dannosi delle sollecitazioni secondarie, p. 358 – 17.1.3 Aspetti della concezione globale del progetto strutturale influenti sulla <i>robustness</i> dell’organismo edilizio, p. 359
362	17.2 Durabilità e caratteristiche dei materiali
	17.2.1 Durabilità e copriferrì, p. 362 – 17.2.2 Calcestruzzi , p. 364 – 17.2.3 Acciaio da c.a., p. 365 – 17.2.4 Valori di calcolo, p. 366
367	17.3 Analisi dei carichi unitari
	17.3.1 Pesì propri, p. 368 – 17.3.2 Carichi unitari gravitazionali delle murature, p. 369 – 17.3.3 Carichi unitari gravitazionali dei solai, p. 370 – 17.3.4 Carichi unitari gravitazionali dovuti alla neve, p. 372 – 17.3.5 Azione del vento , p. 372
374	17.4 I modelli di analisi dell'edificio
375	17.5 Progetto e verifica del solaio
	17.5.1 Analisi dei carichi, p. 376 – 17.5.2 Calcolo delle sollecitazioni, p. 379 – 17.5.3 Verifiche allo S.L.U. , p. 387 – 17.5.4 Verifiche agli S.L.E. , p. 388
392	17.6 Progetto e verifica delle travi
	17.6.1 Combinazioni di carico e sollecitazioni allo S.L.U. , p. 392 – 17.6.2 Verifiche allo S.L.U. , p. 395 – 17.6.3 Combinazioni di carico e sollecitazioni agli S.L.E. , p. 397 – 17.6.4 Verifiche agli S.L.E., p. 403
405	17.7 Progetto e verifica dei pilastri
	17.7.1 Combinazioni di carico e sollecitazioni allo S.L.U. , p. 405 – 17.7.2 Verifiche allo S.L.U. , p. 409 – 17.7.3 Combinazioni di carico e sollecitazioni agli S.L.E. , p. 415 – 17.7.4 Verifiche agli S.L.E. , p. 415

419 **CAP. 18 - L'AUDITORIUM DI RENZO PIANO A ROMA**

419 18.1 Criteri generali di scelta

420 18.2 Le opere di fondazione

18.2.1 Le scelte progettuali, p. 420 – 18.2.2 La geologia, p. 421 – 18.2.3 Le fondazioni profonde, p. 422 – 18.2.4 Le fondazioni dirette superficiali, p. 422

423 18.3 Le coperture in legno lamellare delle sale

430 18.4 L'auditorium di Roma: il metodo del percorso del carico

18.4.1 Lo sbalzo verso la cavea della sala 1200, p. 431 – 18.4.2 La tribuna della cavea, p. 435

440 18.5 Conclusioni

447 **BIBLIOGRAFIA**