

INDICE

I. Proprietà dei materiali.

1.1. Premessa	p.	1
1.2. Proprietà fondamentali del calcestruzzo	»	2
1.2.1. La prova a compressione semplice	»	2
1.2.2. Influenza dell'età, della temperatura e delle condizioni ambientali di maturazione sulla resistenza a compressione	»	6
1.2.3. La resistenza a trazione semplice	»	7
1.2.4. Legame fra tensioni normali e dilatazioni per carichi di breve e lunga durata: elasticità, elasticità ritardata e viscosità	»	9
a) Premessa	»	9
b) Elasticità ritardata e viscosità. Simulazione dei fenomeni mediante modelli	»	11
c) Dati sperimentali sull'elasticità ritardata e sulla viscosità	»	13
d) Cenni alla teoria semplificata della « viscosità lineare » (Withney)	»	17
e) Viscosità lineare: aumento delle deformazioni; invarianza degli stati di tensione delle strutture iperstatiche	»	19
f) Viscosità lineare: effetti differiti nel tempo per cedimenti di vincoli	»	20
g) Viscosità lineare: riflessi sulle strutture costruite in tempi successivi	»	21
h) Valutazione affinata delle deformazioni viscose	»	25
1.2.5. Resistenza e legame fra tensioni e deformazioni del calcestruzzo in relazione allo studio delle travi inflesse	»	28
1.2.6. Deformazioni differite per ritiro	»	31
1.2.7. La fessurazione	»	35
1.2.8. Cenni ai calcestruzzi leggeri	»	42
1.2.9. Cenni bibliografici	»	44
a) Principali proprietà del calcestruzzo (resistenza a compressione e trazione, legame tensioni-deformazioni, viscosità, ritiro)	»	44
b) Viscosità - Elasticità ritardata	»	45
c) Fessurazione	»	47
1.3. Acciai per carpenteria	»	47
1.3.1. Premessa	»	47

1.3.2. Prova a trazione semplice. Determinazione delle principali caratteristiche meccaniche	p. 51
a) Prova a trazione semplice	» 51
b) Diagrammi tensione effettiva-dilatazione effettiva	» 54
1.3.3. Effetto Bauschinger. Cicli di isteresi	» 56
a) Effetto Bauschinger	» 56
b) Cicli di isteresi	» 57
1.3.4. Prove di piegamento. Durezza	» 57
1.3.5. Frattura duttile o fragile. Resilienza	» 59
1.3.6. Rotture fragili: osservazioni	» 62
1.3.7. Cenni bibliografici	» 63
1.4. Acciai per le strutture di cemento armato e di cemento armato precompresso	» 65
1.4.1. Acciai per costruzioni di calcestruzzo semplicemente armato	» 65
1.4.2. Acciai per costruzioni di calcestruzzo armato precompresso	» 68
1.5. Cenni alle proprietà dell'alluminio e delle sue leghe leggere	» 71
1.5.1. Generalità	» 71
1.5.2. Principali leghe	» 72
1.6. Cenni alle proprietà del legno	» 76
1.6.1. Generalità	» 76
1.6.2. Principali proprietà meccaniche	» 77
1.7. Proprietà dei materiali soggetti ad azioni ripetute (resistenza a fatica)	» 80
1.7.1. Premessa	» 80
1.7.2. Esperienze fondamentali e diagrammi significativi	» 82
a) La curva di Wöhler	» 82
b) Il diagramma di Smith	» 84
1.7.3. Meccanismo e caratteristiche della rottura per fatica	» 85
1.7.4. Influenza della concentrazione delle tensioni sulla rottura per fatica	» 88
1.7.5. Influenza della levigatura della superficie sulla resistenza a fatica. Altre influenze	» 89
1.7.6. La determinazione della sicurezza. Osservazioni conclusive	» 90
1.8. Richiami sui criteri di resistenza basati sulla limitazione degli stati di tensione	» 93
1.8.1. Premessa	» 93
1.8.2. Il criterio della massima tensione tangenziale o di Tresca	» 94
1.8.3. Il metodo della curva intrinseca (o di Mohr)	» 96
1.8.4. Criteri energetici (Beltrami, Hencky, Huber, von Mises)	» 98
II. Collegamenti di elementi strutturali metallici.	
2.1. Premessa	p. 102
2.2. Unioni con chiodi e bulloni	» 104
2.2.1. Chiodi	» 104
2.2.2. Bulloni	» 106
2.2.3. Chiodi e bulloni soggetti a sforzo tagliante. Condizioni di resistenza	» 109
Esempio 2.1.	» 114
2.2.4. Chiodi e bulloni soggetti a trazione. Condizioni di resistenza	» 114
Esempio 2.2.	» 118

2.2.5. Sollecitazioni composte di taglio e sforzo normale	p. 120
2.2.6. Collegamenti di elementi tesi o compressi	» 120
Esempio 2.3.	» 123
2.2.7. Collegamenti di travi e pilastri. Unioni flessibili, semirigide e rigide	» 126
a) Collegamenti flessibili	» 127
b) Collegamenti semirigidi	» 129
c) Collegamenti rigidi	» 131
Esempio 2.4.	» 133
2.2.8. Giunti. Unioni correnti	» 134
Esempio 2.5.	» 136
2.2.9. Unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza	» 139
2.3. Unioni saldate	» 141
2.3.1. Premessa	» 141
2.3.2. Acciai per strutture saldate	» 142
2.3.3. Procedimenti di saldatura	» 143
2.3.4. Difetti e controlli di qualità delle saldature	» 146
2.3.5. Tipi di saldature ad arco	» 147
2.3.6. Criteri di calcolo dei collegamenti saldati. Verifiche di resistenza dei cordoni di saldatura	» 150
2.3.6.1. Saldature di testa e a T	» 151
2.3.6.2. Saldature d'angolo sollecitate in direzione longitudinale o trasversale	» 152
a) Saldatura d'angolo longitudinale	» 152
b) Saldatura d'angolo trasversale (o frontale)	» 155
c) Collegamenti con l'impiego contemporaneo di saldature d'angolo longitudinali e trasversali	» 156
2.3.6.3. Saldature d'angolo soggette a flessione e taglio	» 156
2.3.6.4. Saldature d'angolo soggette a torsione o a taglio e torsione	» 159
Esempio 2.6.	» 160
Esempio 2.7.	» 162
2.3.6.5. Saldature d'angolo soggette a τ_{II} , τ_{L} , σ_{L}	» 163
2.3.7. Osservazioni su alcuni tipici collegamenti saldati	» 163
Esempio 2.8.	» 167
2.3.8. Le autotensioni e gli effetti dovuti agli intagli: alcune regole di progettazione dei collegamenti saldati	» 169
2.4. Cenni ad alcuni collegamenti tipici per aste tubolari	» 172
2.4.1. Osservazioni introduttive	» 172
2.4.2. Principali tipi di collegamenti	» 174
2.5. Collegamenti di travi e di pilastri metallici a strutture di calcestruzzo	» 177
2.5.1. Esempi correnti di incastri di colonne ad opere di calcestruzzo	» 177
2.5.2. Incastri di colonne in opere di calcestruzzo: casi più complessi	» 182
Esempio 2.9.	» 185
III. Particolari tipi di vincolo: cerniere e carrelli.	
3.1. Premessa	p. 187
3.2. Tensioni di contatto fra corpi cilindrici e sferici	» 188
3.3. Contatto fra superfici piane. Compressioni localizzate e diffusione delle tensioni	» 196

3.4. Appoggi semplici, fissi o striscianti, per travi inflesse di piccola luce	p. 205
3.5. Cerniere e carrelli di acciaio per travi inflesse	» 207
Esempio 3.1.	» 215
3.6. Cerniere di calcestruzzo armato	» 217
Esempio 3.2.	» 220
3.7. Particolari tipi di cerniere e carrelli per strutture di calcestruzzo armato. Appoggi pendolari	» 221
3.8. Appoggi di gomma	» 224
3.8.1. Generalità	» 224
3.8.2. Caratteristiche dei materiali impiegati	» 226
3.8.3. Criteri di calcolo	» 227
a) Conseguenze dei carichi verticali	» 227
b) Conseguenze di coppie	» 229
c) Conseguenze di azioni radenti	» 230
Esempio 3.3.	» 231
3.8.4. Appoggi non armati	» 232
3.9. Particolari tipi di appoggio fissi e scorrevoli	» 233
IV. Strutture per edifici multipiani: osservazioni introduttive.	
4.1. Premessa	p. 235
4.2. Problemi generali riguardanti la progettazione delle strutture per edifici multipiani	» 239
4.2.1. Premessa	» 239
4.2.2. Azioni che sollecitano le strutture	» 240
a) I carichi verticali	» 240
b) L'azione del vento e considerazioni sulla limitazione delle deformazioni	» 241
c) Variazioni termiche	» 243
d) Cedimenti delle fondazioni	» 249
4.2.3. La combinazione dei carichi e delle azioni che sollecitano le strutture	» 251
4.2.4. Criteri di limitazione delle deformazioni degli impalcati	» 252
4.2.5. Resistenza al fuoco	» 254
V. Edifici multipiani con struttura portante di calcestruzzo.	
5.1. Telai di tipo tradizionale interamente costruiti in opera	p. 258
5.1.1. Premessa	» 258
5.1.2. Criteri di valutazione degli effetti conseguenti ai carichi verticali	» 263
Esempio 5.1.	» 271
5.1.3. Norme particolari di progettazione ed esecuzione	» 274
5.1.3.1. I pilastri	» 274
5.1.3.2. Le travi	» 277

5.2. Cenni alle strutture con elementi portanti a setti	p. 283
5.2.1. Osservazioni introduttive	» 283
5.2.2. Solai e pareti	» 286
a) Cenni alle modalità costruttive	» 286
b) Pareti non armate	» 287
Esempio 5.2.	» 288
c) Pareti armate	» 288
5.2.3. Problemi particolari connessi con il calcolo delle pareti con fori. Effetti di variazioni di dimensioni dei setti. Setti su appoggi isolati	» 290
a) Osservazioni preliminari	» 290
b) Criteri di distribuzione delle armature in corrispondenza di fori di limitate dimensioni rispetto a quelle della parete	» 291
c) Pareti su appoggi isolati. Pareti con brusche variazioni di sezione	» 292
VI. Edifici multipiani con struttura portante di acciaio.	
6.1. Osservazioni introduttive	p. 294
6.2. Gli impalcati	» 295
6.2.1. Impalcati di tipo tradizionale per luci e carichi non elevati	» 296
Esempio 6.1.	» 299
Esempio 6.2.	» 301
6.2.2. Impalcati con luci elevate e sovraccarichi usuali	» 302
6.2.3. Impalcati con luci e sovraccarichi elevati	» 303
Esempio 6.3.	» 304
6.3. Principali tipi di collegamenti per ossature con nodi rigidi, semirigidi e a cerniera	» 307
6.3.1. Osservazioni introduttive	» 307
6.3.2. Telai con nodi rigidi	» 308
Esempio 6.4.	» 312
6.3.3. Telai con nodi a cerniera	» 317
6.4. I controventamenti	» 318
6.4.1. Premessa	» 318
6.4.2. I controventamenti di piano	» 319
6.4.3. Strutture di controventamento verticali	» 320
a) Controventamento con telai a nodi rigidi	» 320
b) Controventamento mediante mensole di calcestruzzo	» 321
c) Controventamenti mediante mensole verticali a traliccio	» 322
d) Osservazioni in merito alla deformabilità dei controventamenti di acciaio (portali a nodi rigidi o travature reticolari)	» 324
VII. Alti edifici.	
7.1. Premessa	p. 326
7.2. Ripartizione delle azioni orizzontali fra due o più mensole di irrigidimento. Diagrammi per facilitare il calcolo ed applicazioni	» 333
7.2.1. Considerazioni introduttive sulla ripartizione delle azioni orizzontali fra varie mensole di controventamento di caratteristiche simili	» 333

7.2.2. La ripartizione delle azioni orizzontali fra due o più mensole nel caso in cui non sia trascurabile la deformazione per sforzo tagliante	p. 336
a) Il caso generale	» 336
b) Un caso particolare: la ripartizione delle azioni orizzontali fra mensole di controventamento e telai	» 340
b 1) Mensola incastrata alla base	» 340
b 2) Mensola con la sezione di incastro cedevole elasticamente	» 344
Esempio 7.1.	» 346
c) Il caso delle mensole costituite da travature reticolari	» 347
7.3. Mensole di controventamento con una o più file di aperture: diagrammi per facilitare il calcolo ed applicazioni	» 348
7.3.1. Mensola con una fila di aperture: richiami del procedimento di calcolo approssimativo	» 348
7.3.2. Diagrammi per facilitare il calcolo della mensola con una fila di aperture, incastrata alla base	» 350
a) La mensola caricata uniformemente	» 350
b) Osservazioni	» 353
c) La mensola, con una fila di aperture, perfettamente incastrata alla base, soggetta ad un carico distribuito variabile linearmente e ad un carico concentrato applicato in sommità	» 353
d) Variazioni termiche differenziali agenti su una parete con una fila di aperture	» 354
e) La soluzione della parete con più file di aperture	» 356
Esempio 7.2. (setto forato di controventamento; l'impiego dei diagrammi)	» 357
Esempio 7.3. (telaio multipiano a due ritti uguali, soggetto ad un carico orizzontale distribuito uniformemente)	» 359
7.4. Pareti di controventamento solidali a telai ad esse ortogonali	» 361
Esempio 7.4.	» 364
7.5. Ripartizione delle azioni orizzontali fra mensole, pareti e telai comunque disposti. Sistemi spaziali	» 367
7.5.1. Osservazioni introduttive	» 367
Esempio 7.5. (matrice ridotta delle rigidità di setti piani caricati da forze orizzontali in corrispondenza dei nodi)	» 369
Esempio 7.6. (espressione approssimata della matrice delle rigidità per telai a nodi rigidi)	» 372
7.5.2. Il procedimento di calcolo	» 373
7.5.3. Esempio numerico	» 376
7.5.4. Criteri di calcolo approssimativi	» 379
7.6. Cenni bibliografici	» 386
VIII. Strutture di calcestruzzo prefabbricate.	
8.1. Premessa	p. 387
8.2. Strutture prefabbricate di calcestruzzo armato per edifici	» 391
a) Strutture « a telaio »	» 391
b) Strutture a pannelli prefabbricati	» 394
c) Strutture di edifici a componenti scatolari prefabbricati	» 395

8.3. Produzione, stoccaggio e trasporto degli elementi prefabbricati	p. 397
8.4. Strutture prefabbricate con elementi a prevalente sviluppo lineare	» 400
8.4.1. Principali collegamenti	» 400
a) Unioni fra pilastri	» 401
b) Unione di un pilastro con la relativa fondazione	» 403
c) Unioni fra travi	» 405
d) Unioni fra travi e pilastri	» 407
8.4.2. Problemi ricorrenti	» 410
8.5. Edifici multipiani con struttura portante a pannelli	» 412
8.5.1. Elementi componenti	» 412
8.5.2. Principali tipi di collegamenti	» 414
a) Collegamenti fra i pannelli che costituiscono un solaio	» 414
b) Collegamenti fra solai e pareti (giunti orizzontali)	» 415
c) Giunti verticali (di semplice incatenamento od organizzati)	» 418
8.5.3. La lastra piana, verticale od orizzontale, composta mediante associazione di pannelli	» 419
8.5.4. Controventamenti dei fabbricati. Presidi contro eventi eccezionali (scoppi, urti)	» 425
8.6. Cenni bibliografici	» 427
IX. Coperture e strutture elementari ricorrenti (solai, scale).	
9.1. Premessa	p. 428
9.2. Coperture piane	» 433
9.2.1. Considerazioni introduttive	» 433
9.2.2. Coperture piane di notevole luce realizzate mediante travi parallele di calcestruzzo armato e solai	» 434
a) Osservazioni generali	» 434
Esempio 9.1.	» 436
b) Esempi di coperture con travi prefabbricate di calcestruzzo semplicemente armato o precompresso	» 436
c) Coperture con travi reticolari di calcestruzzo armato prefabbricate	» 438
9.2.3. Coperture di notevole luce con struttura principale portante costituita da portali di calcestruzzo armato	» 440
Tabella 9.1. Il portale semplice a due cerniere	» 442
Tabella 9.2. Il portale semplice doppiamente incastrato	» 443
Tabella 9.3. Il portale « a due falde » incernierato	» 444
Tabella 9.4. Il portale « a due falde » doppiamente incastrato	» 445
9.2.4. Coperture di calcestruzzo realizzate impiegando elementi a parete sottile aperta affiancati	» 446
9.2.5. Coperture piane di notevole luce con elementi portanti di acciaio	» 448
a) Coperture con travi reticolari	» 448
Esempio 9.2.	» 454
b) Coperture con portali metallici	» 455
c) Azioni orizzontali e presidi contro i pericoli di instabilità di insieme	» 456
9.2.6. Strutture reticolari spaziali	» 458
a) Osservazioni introduttive	» 458
b) La valutazione degli sforzi nelle aste	» 463
c) Particolari costruttivi	» 464
Esempio 9.3.	» 465

9.3. Coperture a falde piane	p. 467
9.3.1. Coperture (a due falde) « a spinta eliminata » realizzate con solai misti	» 467
Tabella 9.5. Copertura a due falde a spinta eliminata	» 469
Esempio 9.4.	» 469
9.3.2. Coperture « a shed » di calcestruzzo armato e metalliche	» 471
a) Esempi di strutture « a shed » di calcestruzzo armato	» 472
b) Esempi di strutture « a shed » metalliche	» 475
9.4. Coperture ad arco	» 479
9.4.1. Considerazioni introduttive	» 479
Esempio 9.5.	» 480
9.4.2. Esempi di coperture ad arco	» 480
a) Volta a spinta eliminata	» 480
b) Archi di calcestruzzo o metallici	» 482
9.5. Cenni a strutture elementari ricorrenti	» 484
9.5.1. Solai misti di laterizio e calcestruzzo	» 484
a) Modalità di esecuzione	» 484
b) Criteri di dimensionamento e di calcolo	» 486
Esempio 9.6.	» 487
Esempio 9.7.	» 488
c) Ripartizione trasversale dei carichi o disuniformità di luci	» 490
Esempio 9.8.	» 490
9.5.2. Solai a pannelli interamente di calcestruzzo	» 491
9.5.3. Solai di lamiera ondulata	» 492
9.5.4. Scale	» 493
Esempio 9.9.	» 495
X. Torri a traliccio.	
10.1. Premessa	p. 497
10.1.1. Osservazioni preliminari	» 497
10.1.2. Valutazione delle azioni esterne	» 499
10.1.3. Cenno al calcolo dei tralicci spaziali	» 499
10.2. Sostegni delle linee elettriche	» 501
10.2.1. Azioni esterne e sollecitazioni	» 501
10.3. Torri strallate	» 505
10.3.1. Equilibrio e deformazione delle funi con gli ancoraggi a diverso livello	» 506
a) La configurazione equilibrata	» 506
b) Come uno spostamento orizzontale relativo degli ancoraggi si ripercuote sul valore dello sforzo medio S e sulla deformata della fune	» 508
10.3.2. Torri strallate soggette al vento	» 510
a) Osservazioni preliminari. Il caso « piano » dell'asta sorretta da due stralli	» 510
b) L'asta vincolata da tre stralli	» 513
c) L'asta soggetta al vento e vincolata da più ordini di stralli	» 516
XI. Prove di carico sulle strutture e misure delle deformazioni.	
11.1. Premessa	p. 520

11.2. Misura di spostamenti, rotazioni, dilatazioni	p. 521
11.2.1. Misura degli spostamenti. Flessimetri meccanici ed elettrici	» 521
11.2.2. Misura delle rotazioni. Clinometri	» 522
11.2.3. Misura delle dilatazioni. Estensimetri	» 523
11.2.3.1. Estensimetri meccanici	» 523
11.2.3.2. Estensimetri elettrici	» 524
11.2.3.3. Estensimetri acustici	» 528
11.3. Prove di carico e collaudi	» 528
11.3.1. Ordini di grandezza dei movimenti da misurare	» 528
11.3.2. Movimenti per effetti termici	» 532
11.3.3. Prove di carico	» 533
a) Generalità	» 533
Esempio 11.1.	» 535
b) Modalità delle prove	» 537
11.4. Cenni bibliografici	» 540
Appendici	
I: Profilati a doppio T simmetrici	» 543
II: Angolari e profilati a C	» 551
III: Tabella dei coefficienti « ω »	» 565
Indice degli autori	» 573