FILIPPO ARREDI

già Ordinario di Costruzioni Idrauliche nella Facoltà di Ingegneria della Università di Roma

COSTRUZIONI IDRAULICHE

Volume secondo

Parte seconda

Le opere di regolazione e di derivazione

Tomo primo

Seconda edizione

UTET

BIBLIOTECA

INDICE

LE OPERE DI REGOLAZIONE E DI DERIVAZIONE

CAPITOLO I. — **La regolazione dei deflussi dei corsi d'acqua naturali** *Pag.* 1

1 - La funzione generale della regolazione . . . . . » 1
2 - Il potere regolatore dei laghi naturali . . . . . » 8
3 - Criteri di base della regolazione dei serbatoi artificiali . . » 12
4 - L'impostazione deterministica e l'impostazione probabilistica del problema della regolazione . . . . . » 13
5 - Rappresentazioni sintetiche dell'effetto regolatore . . . » 14
6 - I parametri fondamentali del regime dei serbatoi . . . . » 19
7 - Capacità di regolazione totale per obiettivo portata di deflusso costante . . . . . » 22
8 - Capacità di regolazione totale quando obiettivo è portata di deflusso variabile con andamento prestabilito . . . . » 23
9 - Regolazione parziale quando obiettivo è portata di deflusso costante . . . . . » 24
10 - Regolazione parziale quando obiettivo è portata di deflusso variabile con andamento prestabilito . . . . . » 26
11 - Seconda specie dei problemi di regolazione . . . . . » 31
12 - Osservazioni generali sui procedimenti di analisi della regolazione che qui precedono . . . . . » 37
13 - Le determinazioni probabilistiche. Caratteri generali . . . » 38
14 - I processi stocastici; i processi marcoviani . . . . . » 40
15 - Il processo della regolazione in un serbatoio . . . . . » 40

Bibliografia . . . . . » 54

CAPITOLO II. — **Caratteri generali dei serbatoi artificiali e delle dighe** . . . . . » 57

1 - Le condizioni generali per la realizzabilità dei laghi artificiali » 57
A) La conca di invaso: morfologia, tenuta dell'acqua, interrimento . . . . . » 57
B) Le condizioni geologiche della stretta . . . . . » 59
C) Le indagini geognostiche . . . . . » 61

2 - Le quote e le capacità caratterizzanti i laghi artificiali . . *Pag.* 69
3 - Le dighe, le altezze che le caratterizzano e le diverse specie strutturali . . . . . » 70
4 - Le opere complementari . . . . . » 75
5 - Alcuni fattori della evoluzione dei diversi tipi di dighe ed il problema della relativa scelta . . . . . » 78
6 - Le azioni attive. Le spinte dell'acqua, del fango, del ghiaccio » 82
7 - Le azioni sismiche . . . . . » 84
8 - La sismicità indotta . . . . . » 113
9 - Il moto ondoso sulla superficie del lago . . . . . » 114

Bibliografia . . . . . » 123

CAPITOLO III. — **Le fondazioni delle dighe**. . . . . » 127

1 - Le caratteristiche tecniche delle rocce lapidee . . . . . » 127
A) Omogeneità, isotropia, peso di volume, porosità . . . » 128
B) Caratteri meccanici . . . . . » 128
C) La fratturazione . . . . . » 140
D) Le alterazioni . . . . . » 142
2 - I mezzi ausiliari delle indagini geognostiche . . . . . » 145
A) Trincee, pozzetti, cunicoli, pozzi . . . . . » 146
B) I sondaggi . . . . . » 147
C) La prospezione sismica . . . . . » 153
D) La misura diretta in sito della celerità di propagazione di onde di perturbazione primarie e secondarie . . . » 163
E) I sondaggi elettrici . . . . . » 165
F) Le prove meccaniche in sito . . . . . » 168
a) Le prove di deformabilità . . . . . » 169
b) Le prove di resistenza al taglio . . . . . » 177
c) Il rilevamento dello stato di tensione proprio della roccia . . . . . » 179
3 - Le impermeabilizzazioni e i consolidamenti . . . . . » 180
A) Lo schermo di impermeabilità nelle rocce lapidee . . » 180
B) I muri di taglione . . . . . » 193
C) I diaframmi nelle formazioni sciolte . . . . . » 195
D) Lo schermo di iniezioni nei terreni sciolti . . . . . » 204
E) Il flusso di filtrazione intorno ad un diaframma verticalmente incompleto . . . . . » 220
F) I consolidamenti delle fondazioni . . . . . » 237

Bibliografia . . . . . » 244

CAPITOLO IV. — **Materiali ed esecuzione delle dighe murarie** . . » 245

1 - Il calcestruzzo di cemento . . . . . » 245
A) Caratteristiche generali del calcestruzzo delle dighe . » 245
B) Il cemento portland . . . . . » 249
C) Il cemento pozzolanico . . . . . » 254
D) I cementi di loppa . . . . . » 255
E) La struttura del cemento idratato . . . . . » 258
F) L'acqua di impasto . . . . . » 263
G) Gli aggregati . . . . . » 264
H) Il rigonfiamento e il ritiro . . . . . » 271
I) Il modulo elastico . . . . . » 276

L) La deformazione viscosa . . . . . *Pag.* 279
M) La rottura . . . . . » 283
N) La permeabilità . . . . . » 291
O) Il coefficiente di dilatazione . . . . . » 292
P) Il coefficiente di conduttività, il calore specifico, il coefficiente di diffusività . . . . . » 295
Q) La gelività . . . . . » 298
R) Prove preliminari e di controllo sui calcestruzzi delle dighe . . . . . » 301
a) Determinazione del calore di idratazione del cemento col metodo thermos . . . . . » 302
b) Misura della consistenza del calcestruzzo . . . . . » 303
c) Prova di rottura a flessione . . . . . » 305
d) Misura del modulo dinamico . . . . . » 306
e) Prova di rottura a trazione (prova brasiliana) . . » 307
f) Misura della permeabilità . . . . . » 308
S) Il proporzionamento del calcestruzzo . . . . . » 309
2 - La esecuzione dei lavori . . . . . » 323
A) Caratteri particolari del lavoro esecutivo delle dighe murarie . . . . . » 323
B) L'approvvigionamento degli aggregati . . . . . » 324
C) Operazioni preliminari. I servizi . . . . . » 325
D) La diversione provvisoria del corso d'acqua . . . . » 326
E) Gli scavi di fondazione . . . . . » 328
F) Gli impianti di cava . . . . . » 329
G) Gli impianti di preparazione degli aggregati e di confezione del calcestruzzo . . . . . » 331
H) La posa in opera del calcestruzzo . . . . . » 336
I) La installazione delle valvole nelle opere di scarico . . » 345
3 - Particolari strutturali e costruttivi . . . . . » 346
A) I giunti . . . . . » 346
B) I drenaggi ed i cunicoli . . . . . » 352
C) Provvedimenti particolari nei riguardi della impermeabilità, delle sottopressioni, delle coazioni termiche e delle azioni del gelo . . . . . » 353
D) I profili delle fondazioni . . . . . » 354
E) Il pulvino delle dighe ad arco . . . . . » 354

Bibliografia . . . . . » 356

CAPITOLO V. — **Le basi della analisi statica delle dighe murarie** . » 359

1 - I criteri generali della stabilità e della sicurezza . . . . » 359
2 - Elementi di algebra matriciale . . . . . » 363
A) Le matrici . . . . . » 364
B) Matrici che possono essere tratte da una matrice data » 366
C) Operazioni algebriche sulle matrici . . . . . » 367
D) Determinanti delle matrici . . . . . » 374
E) Sottomatrici . . . . . » 375
F) Equazioni lineari ordinarie ed omogenee. Autovalori e autovettori . . . . . » 377
G) Forme lineari e trasformazione delle coordinate . . . » 379
H) Le matrici come variabili indipendenti. Polinomi di matrici e sviluppi in serie di funzioni di matrici . . » 383
I) Derivate ed integrali di matrici . . . . . » 384
L) Matrici operazionali . . . . . » 384

3 - Le relazioni di elasticità in espressioni matriciali. I teoremi del lavoro . . . . . *Pag.* 387
4 - Il procedimento di analisi per elementi finiti . . . . . » 394
A) Generalità . . . . . » 394
B) Il procedimento in elasticità piana . . . . . » 402
C) Cenno sul procedimento per regime elastico tridimensionale . . . . . » 421
D) La formazione della matrice di rigidità generale . . . » 432
5 - Cenno sulla analisi dinamica . . . . . » 435
6 - I cedimenti di fondazione . . . . . » 442
7 - Le variazioni di temperatura . . . . . » 460

Bibliografia . . . . . » 486

CAPITOLO VI. — **Caratteristiche generali ed analisi statica delle dighe a gravità** . . . . . » 489

1 - La evoluzione delle caratteristiche strutturali e dei criteri dell'analisi statica . . . . . » 489
2 - La teoria dell'elemento indefinito di profilo angolare . . » 518
3 - Le sottopressioni . . . . . » 538
4 - Il procedimento tecnico del dimensionamento . . . . . » 571
5 - Gli effetti elastici delle variazioni di temperatura . . . . » 589
6 - Il procedimento di analisi per elementi finiti . . . . . » 595

Bibliografia . . . . . » 597

CAPITOLO VII. — **Caratteristiche generali ed analisi statica delle strutture derivate dalla diga a gravità** . . . . . » 601

1 - Le dighe a contrafforti con lastroni o con volte multiple e le dighe a speroni . . . . . » 601
2 - L'analisi statica dei contrafforti . . . . . » 648
3 - L'analisi statica empirica degli speroni . . . . . » 660
4 - L'analisi statica di speroni con superfici laterali conoidali » 665
5 - Il metodo di analisi per elementi finiti . . . . . » 677
6 - Il regime termico degli speroni cavi . . . . . » 677

Bibliografia . . . . . » 688

CAPITOLO VIII. — **L'evoluzione dell'analisi statica e delle forme delle dighe a volta. Le equazioni generali del regime elastico di lastra** . . . . . » 689

1 - La evoluzione dei criteri di analisi statica delle dighe a volta » 689
2 - L'evoluzione delle forme delle dighe a volta . . . . . » 695
3 - Richiami di geometria delle superfici . . . . . » 759
4 - Le equazioni generali dell'equilibrio elastico e le condizioni al contorno per le lastre a doppia curvatura . . . . . » 777
A) Gli sforzi e i momenti unitari . . . . . » 778
B) Le equazioni di equilibrio . . . . . » 779
C) Le correlazioni fra spostamenti e deformazioni . . . » 782
D) Variazioni di curvature . . . . . » 783
E) Variazioni di temperatura . . . . . » 785

F) Relazioni fra deformazioni e sforzi . . . . . *Pag.* 786
G) Espressioni matriciali . . . . . » 786
H) Superficie di rivoluzione . . . . . » 789
I) Superficie cilindrica circolare . . . . . » 791
L) Caso generale, con riferimento alle lunghezze sulle curve parametriche . . . . . » 792
M) Le condizioni al coronamento . . . . . » 795
N) Le condizioni in fondazione . . . . . » 797
5 - Le tensioni principali . . . . . » 798

Bibliografia . . . . . » 804

CAPITOLO IX. — **L'analisi statica per archi indipendenti delle dighe a volta** . . . . . » 807

1 - Gli effetti delle variazioni di temperatura in un arco elementare circolare di spessore uniforme . . . . . » 807
2 - L'analisi statica dell'arco indipendente, circolare, di spessore costante, incastrato ad imposte rigide, caricato da pressioni normali alla fibra media, di valore uniforme . . . . . » 817
3 - Richiami di alcuni tentativi di diversa impostazione della teoria dell'arco nelle dighe . . . . . » 827
4 - Le modifiche in prossimità delle imposte dell'arco incastrato, circolare, di spessore uniforme, sollecitato da pressione uniforme . . . . . » 830
5 - Analisi statica dell'arco circolare simmetrico, a tre centri, spessore costante nella parte centrale e spessore comunque variabile nelle parti laterali . . . . . » 838
6 - Indagine sulla influenza della deformabilità della roccia di imposta e della modifica dell'estremità dell'arco sulle tensioni in chiave ed alle imposte . . . . . » 849
7 - Le teorie dell'arco soggetto anche ad azioni attive derivanti da forze inerziali ovvero dalla continuità della struttura nella direzione ad esso ortogonale . . . . . » 855
8 - La teoria dell'arco gravato da pressioni normali, tangenziali e momenti flessionali continui, nella impostazione con la ipotesi di lastra . . . . . » 856
9 - La teoria generale dell'arco circolare gravato da pressioni normali, tangenziali e da momenti di flessione nella normale impostazione completa della scienza delle costruzioni . . » 870

Bibliografia . . . . . » 892