GIANFRANCO BECCIU ALESSANDRO PAOLETTI

UNIVERSITÀ DI STUDI DI TRENTO
BIBLIOTECA

ESERCITAZIONI DI COSTRUZIONI IDRAULICHE

Terza edizione

CASA EDITRICE DOTT. ANTONIO MILANI
CEDAM
CASA EDITRICE DOTT. ANTONIO MILANI
2005

Indice generale

Premessa V

Indice generale VII
Indice degli esercizi risolti XV

Capitolo 1 – **Canali e condotte a pelo libero** 1

1. Introduzione 1
2. Correnti a pelo libero in moto uniforme 2
3. Dimensionamento di canali e condotte a pelo libero 6
   3.1 Sezioni generiche 6
   3.2 Sezioni semplici 7
   3.3 Formule adimensionali e approssimate 12
   3.4 Velocità ammissibili 19
   3.5 Efficienza idraulica: sezioni di minima resistenza 20
   3.6 Franco di progetto 21
4. Verifica di canali e condotte a pelo libero: moto uniforme 25
5. Verifica di canali e condotte a pelo libero: moto permanente 29
   5.1 Il risalto idraulico 36
6. Canali con sezione composta 37
7. Esercizi aggiuntivi 42
8. Bibliografia 43

Capitolo 2 – **Alvei fluviali e canali erodibili** 45

1. Introduzione 45
2. Caratteristiche dei sedimenti non coesivi 46
3. Inizio del movimento 49
   3.1 Casi di alta sommergenza 50
   3.2 Casi di bassa sommergenza 55
   3.3 Condizioni d'equilibrio su sponda inclinata 56
4. Cenni sulle modalità del trasporto solido 58
5. Le forme di fondo 59
6. Resistenze al moto 62
   6.1 Resistenze in assenza di forme di fondo 65
   6.2 Resistenze in presenza di forme di fondo 66
   6.3 Resistenze in alvei con macroscabrezze 69

7. Condizioni di equilibrio 70
7.1 Introduzione 70
7.2 Teoria dell'equilibrio limite 73
7.2.1 Distribuzione sperimentale delle τ 73
7.2.2 Ipotesi di distribuzione degli sforzi tangenziali al contorno e corrispondenti geometrie (teoria dell'equilibrio limite) 78
7.3 Teoria del regime 83
7.3.1 Canali artificiali 84
7.3.2 Corsi d'acqua naturali 86
8. Protezioni e scogliere in massi naturali od artificiali alla rinfusa 94
8.1 Criterio di Shields 94
8.2 "Antica " formula pratica 95
8.3 Formula di Stevens et al. 95
8.4 Formula di Izbash 97
8.5 Formula dell'U.S. Corp of Engineers 98
8.6 Commenti 98
9. Bibliografia 104

***Capitolo 3* – Condotte in pressione: moto permanente 105**

1. Introduzione 105
2. Dimensionamento di una condotta tra due serbatoi 105
2.1 Diametri commerciali 110
2.2 Pressioni di esercizio 112
2.3 Scabrezze di progetto 113
2.4 Velocità in condotta 114
3. Verifica di una condotta tra due serbatoi 118
4. Dimensionamento di una rete di condotte con schema ad albero 121
5. Verifica di una rete di condotte con schema ad albero 126
6. Dimensionamento di una rete di condotte a maglie chiuse 132
7. Verifica di una rete di condotte a maglie chiuse 133
7.1 Metodo di bilanciamento dei carichi di Hardy Cross 135
7.2 Metodo di bilanciamento delle portate di Hardy Cross 136
7.3 Altri metodi 139
8. Bibliografia 140

Capitolo 4 – **Condotte in pressione: moto vario** 141

1. Introduzione 141
2. Cenni sulle equazioni del moto vario monodimensionale delle correnti in pressione 141
3. Celerità delle perturbazioni 145
4. Sovrappressioni massime di colpo d'ariete 146
   4.1 Perdite di carico trascurabili 148
   4.2 Perdite di carico non trascurabili 151
5. Condizioni iniziali ed al contorno 154
   5.1 Condizioni iniziali 154
   5.2 Condizioni al contorno 154
      5.2.1 Condizioni al contorno di tipo esplicito 155
      5.2.2 Condizioni al contorno di tipo differenziale 155
         5.2.2.1 Pozzi piezometrici 156
         5.2.2.2 Casse d'aria 159
         5.2.2.3 Serbatoi e pozzi piezometrici unidirezionali. Casse d'acqua 160
         5.2.2.4 Pompe in fase d'arresto 161
6. Transitori di tipo anelastico 163
7. Manovre lineari rapide e lente 165
   7.1 Manovre rapide 165
   7.2 Manovre lente 166
8 Piezometriche di colpo d'ariete 168
   8.1 Perdite di carico trascurabili 168
   8.2 Perdite di carico non trascurabili 169
9. Provvedimenti per il controllo dei transitori 171
10. Manovre non lineari 173
   10.1 Condotte a gravità 174
      10.1.1 Manovre rapide 175
         10.1.1.1 Sovrappressioni 175
         10.1.1.2 Depressioni 175
      10.1.2 Manovre lente 176
   10.2 Condotte prementi 178
      10.2.1 Depressioni 178
      10.2.2 Sovrappressioni 179
   10.3 Casi esemplificativi 179
      10.3.1 Condotte a gravità 180
      10.3.2 Condotte prementi 183
      10.3.3 Esempio numerico 185
11. Bibliografia 196

Capitolo 5 – **Serbatoi di compenso** 199

1. Introduzione 199
2. Determinazione della capacità di compenso 201
   2.1 Regolazione completa 202
   2.2 Regolazione con sfiori 203
   2.3 Regolazione con deficit 206
3. Verifica della capacità di compenso 207
4. Capacità di riserva e volume morto 210
5. Bibliografia 218

Capitolo 6 – **Impianti di sollevamento** 219

1. Introduzione 219
2. Valutazione dei costi di impianto e di esercizio: calcolo della passività 220
   2.1 Spese d'impianto 220
   2.2 Spese d'esercizio 222
3. Impianti di sollevamento a servizio di reti di distribuzione idrica 222
   3.1 Condotta semplice 224
   3.2 Condotta con distribuzione 231
4. Bibliografia 237

Capitolo 7 – **Acquedotti** 239

1. Impostazione del progetto idraulico di un acquedotto 239
2. Reti di adduzione: tracciamento, profilo altimetrico e dimensionamento delle condotte 241
3. Reti di distribuzione: struttura generale 243
   3.1 Rete unica 243
   3.2 Reti separate 246
4. Reti di distribuzione: fabbisogni e portate di progetto 248
5. Reti di distribuzione: tracciamento, calcolo delle portate erogate e dimensionamento preliminare delle condotte 253
6. Reti di distribuzione: verifica 254
7. Bibliografia 264

Capitolo 8 – **Portate di piena** **265**

1. Introduzione. 265
2. Tempo di ritorno e rischio d'insufficienza 265
3. Stima delle portate di piena a partire da osservazioni idrometriche 267
   3.1 Bacini con misure delle portate di piena 267
   3.2 Bacini privi di misure delle portate di piena: metodi di regionalizzazione 274
4. Stima delle portate di piena a partire dalle precipitazioni: modelli afflussi-deflussi. 278
   4.1 Analisi probabilistica delle precipitazioni intense: determinazione delle curve di possibilità pluviometrica 278
   4.2 Ietogrammi di progetto 285
      4.2.1 Rappresentazione in forma discreta 288
   4.3 Perdite idrologiche. 294
   4.4 Trasformazione degli afflussi netti in deflussi 300
   4.5 L'evento critico 309
5. Bibliografia 319

Capitolo 9 – **Fognature** **321**

1. Introduzione 321
2. Progetto di una rete di fognatura: elaborazioni preliminari 324
   2.1 Scelta del tipo di rete 324
   2.2 Analisi urbanistica 325
   2.3 Studio di massima dell'andamento planimetrico ed altimetrico della rete 325
   2.4 Analisi idrologica 326
3. Progetto di una rete di fognatura: calcolo delle portate di progetto 328
   3.1 Acque nere civili ed industriali 329
   3.2 Acque di infiltrazione 329
   3.3 Acque metoriche 329
      3.3.1 La Formula Razionale 331
      3.3.2 Modello della corrivazione 334
      3.3.3 Modello dell'invaso lineare 336
      3.3.4 Altri modelli 341
      3.3.5 Valori approssimati del coefficiente udometrico 342
4. Progetto di una rete di fognatura: dimensionamento e verifica delle condotte. 343
5. Verifica di una rete di fognatura: modelli di simulazione 356
6. Bibliografia 357

***Capitolo 10* – Sifoni e scaricatori di piena nelle fognature** **361**

1. Introduzione. 361
2. Sifoni fognari. 361
   - 2.1 Dimensionamento della tubazione di diametro minore 364
   - 2.2 Dimensionamento della tubazione di diametro maggiore 364
   - 2.3 Verifica delle condizioni di funzionamento 365
3. Scaricatori di piena 368
   - 3.1 Sfioratore laterale 370
     - 3.1.1 Sfioratore laterale semplice 370
     - 3.1.2 Sfioratore laterale con paratoia a valle 377
     - 3.1.3 Sfioratore laterale con paratoia e restringimento a valle 378
   - 3.2 Scaricatori a salto 387
   - 3.3 Scaricatori frontali 392
     - 3.3.1 Vena inferiore ben areata 394
     - 3.3.2 Vena inferiore in pressione 396
     - 3.3.3 Determinazioni sperimentali 396
   - 3.4 Scaricatori a bacino di calma 398
   - 3.5 Scaricatori a sifone 399
   - 3.6 Scaricatori a vortice 400
4. Bibliografia 401

***Capitolo 11* – Invasi di laminazione** **403**

1. Introduzione. 403
2. Laminazione di tipo statico 404
   - 2.1 Rappresentazione matematica 404
   - 2.2 Opere di scarico 409
   - 2.3 Laminazione ottimale 413
   - 2.4 Invasi fuori linea 413
3. Modelli semplificati di calcolo dei volumi di laminazione 415
   - 3.1 Modello dell'invaso 415
   - 3.2 Modello cinematico 418
   - 3.3 Formula di Marone 420
   - 3.4 Modello delle sole piogge 421
   - 3.5 Validità dei modelli semplificati di dimensionamento 423
4. Rischio di insufficienza di un invaso di laminazione 424
5. Laghi 426
6. Vasche volano di reti fognarie 432
   - 6.1 Valori orientativi del volume d'invaso di vasche volano 433
7. Bibliografia 436

Capitolo 12 – **Verifica statica di una diga a gravità** **437**

1. Introduzione. 437
2. Definizioni relative alle opere di sbarramento 439
3. Forze agenti sulla struttura 437
   3.1 Peso proprio 440
   3.2 Peso del coronamento 442
   3.3 Spinta idrostatica 442
   3.4 Sottospinta 442
   3.5 Spinta del ghiaccio 444
   3.6 Spinte dinamiche di origine sismica 444
4. Dimensionamento di massima. 445
5. Verifiche statiche. 446
   5.1 Verifica di resistenza 446
   5.2 Verifica allo scorrimento 448
6. Bibliografia 451

Capitolo 13 – **Scarichi di superficie e di fondo nelle dighe** **453**

1. Introduzione. 453
2. Scarichi di superficie 453
   2.1 Sfioratori a stramazzo 454
   2.2 Scaricatori a pozzo 459
   2.3 Scaricatori a sifone 468
   2.4 Scaricatori con paratoie 469
3. Scarichi di fondo. 470
4. Bibliografia 477

Capitolo 14 – **Vasche di dissipazione** **479**

1. Introduzione. 479
2. Vasche di dissipazione 481
   2.1 Vasche a fondo piatto 481
      2.1.1 Calcolo dell'altezza del gradino di valle 481
      2.1.2 Calcolo della lunghezza della vasca 484
   2.2 Vasche con dissipatori (tipo USBR) 484
3. Opere di dissipazione a scalinata o gradinate 490
   3.1 Dimensionamento con regime di vena 492
   3.2 Dimensionamento con regine di corrente areata 492
4. Opere di dissipazione a pozzo 494
5. Bibliografia 496