Spis treści

Przedmowa . . . . . **XV**

Przedmowa do wydania trzeciego . . . . . **XVI**

Symbole i skróty **2**

1. Wprowadzenie 4

1.1. Rys historyczny rozwoju betonu 5
1.2. Ważniejsze określenia 8
1.3. Postępowanie w robotach betonowych 8
1.4. Zasadniczy podział betonów 9
1.4.1. Podział ze względu na gęstość objętościową *(p_0)* 9
1.4.2. Podział ze względu na przeznaczenie w konstrukcji 9
1.4.3. Podział ze względu na technologiczne warunki pracy 10
1.4.4. Podział ze względu na miejsce urabiania mieszanki 10
1.4.5. Nazwy betonów 10

2. **Spoiwo** 11

2.1. Pojęcie spoiwa 11
2.2. Rodzaje spoiw 11
2.2.1. Spoiwa powietrzne 11
2.2.2. Spoiwa hydrauliczne 11
2.2.3. Spoiwa żywiczne 12
2.2.4. Spoiwa bitumiczne 12
2.3. Dodatki do cementu 12
2.4. Cement 16
2.4.1. Uwagi wstępne 16
2.4.2. Charakterystyka chemiczna cementu 17
2.4.3. Znaczenie składu chemicznego cementu 18
2.4.4. Postępowanie w praktyce przy wyborze cementu 19
2.4.5. Podział cementów 20
2.4.6. Skład chemiczny cementów powszechnego użytku 20
2.5. Cement portlandzki - CEM 1 24
2.6. Cementy z grupy CEM II (portlandzkie mieszane) 28
2.7. Cement hutniczy - CEM III 28
2.8. Cement pucolanowy - CEM IV i wieloskładnikowy - CEM V 29
2.9. Właściwości cementów powszechnego użytku 29
2.10. Cement szybkotwardniejący 32
2.11. Cement portlandzki szybkowiążący 32
2.12. Cement belitowy 33

2.13. Cement niskokaloryczny . . . 33
2.14. Cement wysokoalkaliczny . . . 33
2.15. Cement do budowy mostów . . . 33
2.16. Cement do budowy dróg . . . 34
2.17. Cement hydrotechniczny . . . 34
2.18. Cement dla górnictwa . . . 34
2.19. Cement wiertniczy . . . 35
2.20. Cement biały i cementy innych kolorów . . . 35
2.21. Cement plastyfikowany . . . 35
2.22. Cement hydrofobowy . . . 36
2.23. Cement siarczanowo-żużlowy . . . 36
2.24. Cement ekspansywny . . . 36
2.25. Cement glinowy . . . 37
2.26. Cement bezgipsowy . . . 38
2.27. Starzenie się cementów . . . 38
2.28. Transport cementu . . . 40
2.29. Przechowywanie cementu . . . 40

3. **Zaczyn cementowy** . . . 43

3.1. Opis ogólny . . . 43
3.2. Właściwości reologiczne zaczynu . . . 43
3.3. Proces dojrzewania zaczynu cementowego . . . 45
3.4. Stopień i zakres hydratacji ziaren cementowych . . . 53
3.5. Struktura stwardniałego zaczynu cementowego . . . 56
3.6. Ciepło hydratacji . . . 62
3.7. Wpływ miałkości, temperatury i wilgotności na proces dojrzewania . . . 63
3.8. Kształtowanie się fizykochemicznych właściwości zaczynu w miarę jego dojrzewania . . . 65
3.9. Odkształcalność . . . 65
3.9.1. Skurcz wewnętrzny . . . 66
3.9.2. Skurcz zewnętrzny . . . 66
3.9.3. Odkształcalność termiczna . . . 68
3.9.4. Odkształcenia pod wpływem obciążeń zewnętrznych . . . 68
3.10. Charakterystyka i celowość badania cementu . . . 69
3.10.1. Właściwości przewidziane do badań . . . 69
3.10.2. Czas wiązania . . . 70
3.10.3. Zmiana objętości . . . 70
3.10.4. Stopień rozdrobnienia . . . 71
3.10.5. Skurcz . . . 72
3.10.6. Wytrzymałość na ściskanie . . . 72
3.10.7. Cement zwietrzały - ocena i postępowanie . . . 74
3.10.8. Fałszywe wiązanie . . . 75
3.11. Podsumowująca analiza właściwości zaczynu . . . 75

4. **Kruszywo** . . . 79

4.1. Kruszywo jako składnik betonu . . . 79
4.2. Podział kruszyw . . . 79
4.3. Określenie ważniejszych nazw i pojęć . . . 83
4.4. Powstawanie ziaren . . . 85
4.5. Charakterystyka ziaren kruszywa . . . 86
4.6. Rodzaje skał, z których pochodzi kruszywo do betonów zwykłych . . . 90

4.7. Ogólna charakterystyka skał . . . 90
4.8. Właściwości fizyczne skał . . . 91
4.9. Szczególne cechy skał . . . 95
4.10. Wymagania techniczne dla kruszyw do betonu . . . 97
4.11. Wymagania wobec kruszyw łamanych . . . 102
4.12. Granulometryczna charakterystyka kruszyw . . . 103
4.12.1. Ważniejsze pojęcia . . . 103
4.12.2. Wymagania normy . . . 104
4.12.3. Optymalne uziarnienie . . . 104
4.12.4. Krzywa uziarnienia . . . 106
4.12.5. Ograniczenie największej średnicy ziaren kruszywa . . . 108
4.12.6. Sporządzenie krzywej uziarnienia . . . 108
4.12.7. Sposoby doboru uziarnienia . . . 109
4.12.8. Granice krzywych przesiewu . . . 114
4.12.9. Dobór uziarnienia metodą kolejnych przybliżeń (iteracji) . . . 116
4.12.10. Szczególne przypadki komponowania kruszyw . . . 121
4.12.11. Powierzchnia właściwa kruszywa . . . 123
4.13. Produkcja kruszywa skalnego . . . 125
4.13.1. Produkcja kruszywa naturalnego . . . 125
4.13.2. Produkcja kruszywa łamanego . . . 126
4.13.3. Produkcja kruszywa betonowego (z recyklingu) . . . 126
4.14. Transport kruszywa . . . 126
4.15. Składowanie kruszywa . . . 126
4.16. Istota badań kruszyw skalnych . . . 127

5. **Woda zarobowa** . . . 131
5.1. Warunki dopuszczenia wody do zarabiania betonu . . . 131
5.2. Ilość wody zarobowej . . . 132
5.3. Wodożądność składników betonu . . . 133
5.4. Woda w stosie kruszywa . . . 134
5.5. Doświadczalne wyznaczenie wodożądności kruszywa . . . 137

6. **Właściwości mieszanki betonowej** . . . 139
6.1. Ogólna charakterystyka . . . 139
6.2. Właściwości mieszanki betonowej . . . 141
6.2.1. Urabialność . . . 142
6.2.2. Konsystencja . . . 144
6.2.3. Zdolność do zagęszczania . . . 147
6.2.4. Uwagi dodatkowe . . . 148

7. **Wytrzymałość na ściskanie - podstawowa cecha betonu zwykłego** . . . 153
7.1. Określenia . . . 153
7.2. Warunki wykonywania . . . 154
7.3. Warunki dojrzewania . . . 154
7.4. Klasa betonu . . . 156
7.5. Wytrzymałość charakterystyczna f_k . . . 157
7.6. Wytrzymałość średnia . . . 157
7.7. Współzależność wytrzymałości charakterystycznej i średniej . . . 159
7.8. Ustalanie wytrzymałości średniej w celu zaprojektowania założonej klasy betonu . . . 159
7.9. Związek pomiędzy wytrzymałością średnią a składem betonu . . . 160

7.10. Optymalna ilość zaczynu . . . 161
7.11. Dodatkowe informacje . . . 163

8. **Wprowadzenie do projektowania betonu zwykłego** . . . 167
8.1. Podstawowe określenia . . . 167
8.2. Podział betonu zwykłego na grupy projektowania . . . 167
8.3. Określenie dobrze zaprojektowanego betonu . . . 168
8.4. Tok postępowania przy projektowaniu betonu . . . 169
8.5. Dobór konsystencji . . . 170
8.6. Dobór rodzaju cementu . . . 170
8.7. Dobór rodzaju kruszywa . . . 171
8.8. Badania przydatności i cech charakterystycznych składników . . . 172
8.9. Graniczne ilości cementu . . . 172
8.10. Podstawa projektowania ilości składników . . . 172
8.11. Klasyfikacja metod projektowania . . . 173

9. **Projektowanie składu betonu klas < C20/25** . . . 175
9.1. Metody obliczeniowe . . . 175
9.1.1. Metody trzech równań . . . 175
9.1.2. Metoda B. Bukowskiego . . . 175
9.1.3. Metoda T. Kluza-K. Eymana . . . 178
9.1.4. Metody czterech równań . . . 180
9.1.5. Metoda punktu piaskowego . . . 180
9.1.6. Metoda dwustopniowego otulenia W. Paszkowskiego . . . 181
9.1.7. Metoda dwustopniowego otulenia według B. Kopycińskiego . . . 184
9.1.8. Metoda dwustopniowego przepełnienia B. Kopycińskiego . . . 187
9.2. Metody doświadczalne . . . 192
9.2.1. Idea metod . . . 192
9.2.2. Metoda znanego zaczynu . . . 192
9.3. Szczególne sposoby projektowania . . . 194
9.3.1. Projektowanie według „recepty podanej graficznie" . . . 194
9.3.2. Projektowanie według „recepty podanej tabelarycznie" . . . 199
9.3.3. Projektowanie ze wspomaganiem komputerowym . . . 199
9.4. Sprawdzenie zaprojektowanego składu betonu . . . 200
9.5. Uwzględnienie w projektowaniu betonu dodania domieszki . . . 200
9.6. Roboczy skład betonu - recepta robocza . . . 201

10. **Projektowanie betonów klas od** C25/30 **do** C45/50 . . . 203
10.1. Uwagi wstępne . . . 203
10.2. Wymagania dotyczące składników betonu . . . 203
10.3. Charakterystyka zaczynu . . . 204
10.4. Dobór uziarnienia kruszywa . . . 204
10.5. Postępowanie przy projektowaniu . . . 205

11. **Projektowanie betonów** wysokich **klas** > C50/60 . . . 209
11.1. Wprowadzenie . . . 209
11.2. Istota sposobu uzyskiwania betonów wysokich klas . . . 209
11.3. Przykładowe składy betonów ustalone przez autora bądź zaczerpnięte z literatury krajowej . . . 210
11.4. Szczególne właściwości BWW . . . 211
11.5. Organizacyjne zasady postępowania w projektowaniu składu betonu (kompetencje kadry) . . . 215

12. **Projektowanie betonu, który będzie wykonywany w warunkach prymitywnych** 217
12.1. Postępowanie zasadnicze . . . 217
12.2. Informacje pomocnicze . . . 218

13. **Domieszki** . . . 221
13.1. Określenie . . . 221
13.2. Podział . . . 221
13.3. Ocena . . . 221
13.4. Domieszki polepszające urabialność mieszanki betonowej . . . 223
13.4.1. Domieszki upłynniające przez zwilżanie . . . 225
13.4.2. Superplastyfikatory . . . 226
13.4.3. Cel stosowania plastyfikatorów . . . 229
13.5. Domieszki napowietrzające . . . 231
13.6. Domieszki regulujące wiązanie . . . 234
13.6.1. Domieszki opóźniające wiązanie . . . 236
13.6.2. Domieszki przyspieszające wiązanie i twardnienie . . . 236
13.7. Domieszki uszczelniające przeciw przenikaniu wody . . . 239
13.8. Domieszki podwyższające mrozoodporność . . . 240
13.9. Domieszki barwiące . . . 241
13.10. Domieszki spulchniające . . . 241
13.11. Inne domieszki . . . 242

14. **Dodatki** . . . 245
14.1. Dodatki pylaste . . . 245
14.1.1. Popiół lotny jako dodatek . . . 246
14.1.2. Żużel wielkopiecowy jako dodatek . . . 249
14.1.3. Pył krzemionkowy jako dodatek . . . 249
14.1.4. Mączki skalne jako dodatek . . . 250
14.1.5. Bentonit jako dodatek . . . 250
14.2. Dodatki okruchowe . . . 251
14.3. Żywice syntetyczne jako dodatki . . . 251
14.4. Dodatki uodporniające na oddziaływania mechaniczne . . . 253
14.5. Dodatki kompleksowe . . . 255
14.6. Projektowanie betonów z domieszkami i dodatkami . . . 255
14.7. Uwagi technologiczne dotyczące domieszek i dodatków . . . 256

15. **Właściwości techniczne betonu** . . . 259
15.1. Określenia . . . 259
15.2. Rodzaje właściwości . . . 259
15.3. Wytrzymałość na ściskanie i jej kształtowanie . . . 260
15.3.1. Czynniki składowe wytrzymałości betonu na ściskanie . . . 260
15.3.2. Rodzaje przyczepności . . . 260
15.3.3. Strefa stykowa zaczynu z kruszywem . . . 261
15.3.4. Mechanizm i przebieg niszczenia próbki zgniatanej . . . 264
15.3.5. Wzór wytrzymałościowy Fereta . . . 266
15.3.6. Określanie wytrzymałości 28-dniowej na podstawie wytrzymałości wcześniejszej . . . 267
15.3.7. Rozwój wytrzymałości po 28 dniach . . . 268
15.3.8. Rozwój wytrzymałości betonów klas > C50/60 . . . 268
15.3.9. Wpływ kształtu i wielkości elementu na ocenę wytrzymałości . . . 268
15.3.10. Wytrzymałość przy miejscowym docisku . . . 270

15.3.11. Wytrzymałość przy ściskaniu wieloosiowym . . . 270
15.3.12. Wytrzymałość w przypadku obciążeń pulsujących (dynamicznych) .. 271
15.3.13. Czynniki wpływające na chwilowe zmiany wytrzymałości na ściskanie . . . 271
15.3.14. Wpływ temperatury . . . 272
15.3.15. Wpływwilgoci . . . 272
15.3.16. Wytrzymałość betonu w warunkach kriogenicznych . . . 274
15.4. Wytrzymałość na rozciąganie . . . 274
15.4.1. Badanie na osiowe rozciąganie (/*) . . . 275
15.4.2. Badanie na zginanie ($/_g$) . . . 276
15.4.3. Badanie na łupanie (/j) . . . 276
15.4.4. Współzależność wielkości f_t,f_g i/j . . . 276
15.5. Specjalne właściwości wytrzymałościowe . . . 277
15.5.1. Wytrzymałość na skręcanie ($/_{skr}$) . . . 277
15.5.2. Wytrzymałość na ścinanie (f_p) . . . 277
15.5.3. Wytrzymałość udarowa (f_o) . . . 278
15.5.4. Odporność na ścieranie . . . 278
15.5.5. Odporność na wysoką temperaturę . . . 279
15.5.6. Przyczepność do stali . . . 279
15.6. Odkształcalność . . . 281
15.6.1. Skurcz . . . 281
15.6.2. Skurcz karbonizacyjny . . . 287
15.6.3. Odkształcalność termiczna . . . 287
15.6.4. Odkształcenia pod rosnącym obciążeniem . . . 289
15.7. Moduł sprężystości E . . . 291
15.8. Naprężenia krytyczne . . . 294
15.9. Pełzanie . . . 295
15.9.1. Zjawiska zachodzące w strukturze betonu przy pełzaniu . . . 296
15.9.2. Przebieg pełzania . . . 297
15.9.3. Czynniki wpływające na wielkość pełzania . . . 298
15.9.4. Rzeczywista wielkość pełzania . . . 298
15.9.5. Wskaźnik pełzania ($<p_p$) . . . 298
15.10. Właściwości fizyczne . . . 300
15.10.1. Porowatość . . . 300
15.10.2. Nasiąkliwość . . . 306
15.10.3. Wodoszczelność . . . 307
15.10.4. Mrozoodporność . . . 308
15.10.5. Przewodność cieplna . . . 309
15.11. Odporność na wpływ środowisk chemicznie agresywnych . . . 309
15.11.1. Typy korozji i ich objawy . . . 310
15.11.2. Postać środowiska agresywnego . . . 310
15.11.3. Opis rodzajów agresywności . . . 310
15.11.4. Ogólny opis środowiska agresywnego . . . 312
15.11.5. Klasy środowiska i stąd klasy ekspozycji . . . 313
15.12. Zestawienie czynników wpływających na właściwości betonu . . . 315

16. **Istota badań technicznych betonu** . . . 319
16.1. Badanie wytrzymałości na ściskanie na próbkach normowych . . . 319
16.2. Badania wytrzymałości na ściskanie betonu w elemencie lub w konstrukcji .. 320
16.3. Badanie skurczu . . . 321
16.4. Badanie modułu sprężystości E . . . 322

16.5. Badanie pełzania . . . 322
16.6. Badania wodoszczelności . . . 323
16.7. Badanie nasiąkliwości . . . 323
16.8. Uwagi dodatkowe . . . 323

17. **Wykonywanie betonu** . . . 325
17.1. Przyjmowanie i magazynowanie składników . . . 326
17.2. Dozowanie składników . . . 327
17.3. Mieszanie składników . . . 329
17.4. Transport mieszanki betonowej . . . 333
17.4.1. Środki transportu bliskiego . . . 333
17.4.2. Środki transportu dalekiego . . . 334
17.4.3. Transport pompowy . . . 335
17.4.4. Transport metodą rynnową . . . 338
17.5. Układanie i zagęszczanie . . . 338
17.5.1. Sposób wprowadzania mieszanki do miejsca przeznaczenia . . . 339
17.5.2. Sposób układania mieszanki betonowej . . . 340
17.5.3. Metody rozprowadzania . . . 343
17.5.4. Zasady zagęszczania . . . 344
17.5.5. Dziobanie . . . 346
17.5.6. Ubijanie . . . 346
17.5.7. Wibrowanie . . . 347
17.5.8. Prasowanie . . . 354
17.5.9. Walcowanie . . . 355
17.5.10. Utrząsanie . . . 355
17.5.11. Wirowanie . . . 356
17.5.12. Próżniowanie . . . 356
17.5.13. Przerwy robocze przy betonowaniu . . . 361
17.5.14. Samozagęszczanie . . . 362
17.6. Pielęgnacja . . . 363
17.6.1. Wprowadzenie . . . 363
17.6.2. Wpływ oddziaływań mechanicznych . . . 366
17.6.3. Praktyczne sposoby postępowania . . . 366
17.6.4. Długość okresu pielęgnacji wilgotnej . . . 367
17.7. Natryskiwanie . . . 368
17.7.1. Systemy natryskiwania . . . 369
17.7.2. Właściwości betonu natryskowego . . . 369
17.8. Betonowanie pod wodą . . . 371
17.8.1. Metoda Contractor . . . 371
17.8.2. Metoda dwuetapowego betonowania . . . 372
17.8.3. Betonowanie pojemnikami . . . 374
17.8.4. Betonowanie w wąskich wykopach pod wodą . . . 375
17.8.5. Betonowanie przez wypełnienie zatopionej powłoki z tworzywa sztucznego (folii) . . . 375
17.8.6. Betonowanie z zastosowaniem bloków prefabrykowanych . . . 375
17.8.7. Szczególny tryb postępowania . . . 375
17.9. Sprawdzanie - ocena wykonywania i jakości betonu . . . 375
17.9.1. Sprawdzanie składników (cementu, kruszywa i wody) . . . 376
17.9.2. Sprawdzanie mieszanki betonowej . . . 376
17.9.3. Sprawdzanie klasy betonu . . . 376
17.9.4. Ocena poziomu wytwarzania mieszanki betonowej lub betonu stałego 377

17.10. Problem deskowania a jakość uzyskanego betonu . . . 377
17.11. Betonowanie mieszanką samozagęszczalną . . . 381

18. **Wykonywanie betonu w zakładzie prefabrykacji** . . . 383

18.1. Charakterystyka postępowania . . . 383
18.2. Przyspieszone dojrzewanie betonu . . . 384
18.2.1. Ultrawibracja . . . 385
18.2.2. Obróbka cieplna . . . 385
18.2.3. Nagrzewanie w podwyższonej temperaturze . . . 386
18.2.4. Nagrzewanie w wysokiej temperaturze > 60°C . . . 387
18.2.5. Naparzanie . . . 390
18.2.6. Autoklawizacja . . . 390
18.2.7. Elektronagrzew . . . 390
18.2.8. Sposoby nagrzewania pośredniego . . . 391
18.2.9. Nagrzewanie energią promieni podczerwonych . . . 392
18.2.10. Sposoby zwiększania efektywności nagrzewania . . . 392
18.2.11. Sprawdzanie przebiegu nagrzewania . . . 393
18.2.12. Pielęgnacja . . . 394

19. **Betonowanie w warunkach obniżonej temperatury** . . . 395

19.1. Charakterystyka warunków . . . 395
19.2. Wpływ okresu chłodów na dojrzewanie betonu . . . 396
19.3. Wpływ okresu mrozów na dojrzewanie betonu . . . 396
19.4. Prowadzenie robót betonowych w zimie . . . 398
19.4.1. Podstawowe zasady wpływające na postępowanie . . . 398
19.4.2. Metody postępowania . . . 398
19.4.3. Metoda modyfikacji wykonywania mieszanki betonowej . . . 398
19.4.4. Metoda zachowania ciepła . . . 402
19.4.5. Metoda nagrzewania betonu . . . 403
19.4.6. Metoda cieplaków . . . 404
19.5. Agregaty grzewcze . . . 405

20. **Beton cementowy specjalny** . . . 407

20.1. Beton hydrotechniczny . . . 407
20.1.1. Podział konstrukcji hydrotechnicznych mających wpływ na dobór składu betonu . . . 409
20.1.2. Jakość betonu hydrotechnicznego . . . 409
20.1.3. Skład mieszanek betonowych . . . 410
20.1.4. Techniki betonowania . . . 410
20.2. Beton wodoszczelny . . . 411
20.3. Beton przewidziany do pracy w środowisku chemicznie agresywnym . . . 413
20.4. Beton kwasoodporny . . . 414
20.5. Beton o podwyższonej odporności na ścieranie . . . 414
20.6. Betony z dodatkiem składnika włóknistego (fibrobetony) . . . 415
20.7. Beton cementowy do nawierzchni drogowych . . . 417
20.8. Beton cementowy do nawierzchni lotniskowych . . . 420
20.9. Beton ciężki jako beton ochronny przed promieniowaniem aktywnym . . . 422
20.10. Betony żaroodporne i ogniotrwałe . . . 423
20.10.1. Pojęcia . . . 423
20.10.2. Betony na cemencie portlandzkim . . . 425
20.10.3. Betony na cemencie glinowym . . . 426
20.10.4. Betony na szkle wodnym . . . 426

20.11. Beton architektoniczny . . . 427
20.12. Geobeton . . . 430
20.13. Beton chudy . . . 431
20.14. Beton polimerowo-cementowy . . . 431
20.14.1. Podstawowe właściwości spoiwa polimerowego . . . 431
20.14.2. Beton cementowy impregnowany polimerami . . . 432
20.14.3. Beton polimerowo-cementowy . . . 432
20.15. Beton samozagęszczony . . . 434
20.16. Betony szczególne . . . 435

21. **Betony bezcementowe** . . . 437
21.1. Beton polimerowy . . . 437
21.2. Beton żużlowo-alkaliczny . . . 439
21.3. Beton bitumiczny . . . 439
21.4. Gipsobeton . . . 441
21.5. Beton sylikatowy . . . 441
21.6. Inne przypadki . . . 442

22. **Beton lekki** . . . 443
22.1. Klasyfikacja . . . 443
22.2. Kruszywo do betonów lekkich . . . 445
22.2.1. Kruszywa sztuczne . . . 445
22.2.2. Charakterystyka struktury ziaren . . . 446
22.2.3. Zasada produkcji kruszyw ziarnowych . . . 447
22.2.4. Właściwości fizyczne kruszyw sztucznych . . . 448
22.2.5. Wymagania techniczne dla kruszyw sztucznych . . . 449
22.3. Kruszywa skalne do betonów lekkich . . . 451
22.4. Mikrokruszywa zwane inaczej mikrowypełniaczami . . . 451
22.5. Kruszywa organiczne . . . 451
22.6. Beton lekki kruszywowy . . . 452
22.6.1. Składniki betonów . . . 452
22.6.2. Dobór składu betonu zwartego . . . 452
22.6.3. Dobór składu betonu półzwartego . . . 457
22.6.4. Dobór składu betonu jamistego . . . 457
22.6.5. Technologia wykonywania . . . 458
22.6.6. Właściwości betonów kruszywowych . . . 458
22.6.7. Możliwość przewidywania wytrzymałości lekkiego betonu kruszywowego klas do LC16/18 . . . 460
22.6.8. Badania . . . 461
22.7. Betony komórkowe (mikrokruszywowe) . . . 462
22.7.1. Istota betonu mikrokruszywowego . . . 462
22.7.2. Rodzaje betonów . . . 462
22.7.3. Właściwości fizykomechaniczne . . . 463
22.7.4. Zastosowanie . . . 464
22.8. Betony na kruszywie organicznym . . . 464
22.8.1. Rodzaje i właściwości . . . 464
22.8.2. Problemy wykonawcze . . . 465
22.9. Szczególne typy betonu lekkiego . . . 466

23. **Zasady napraw betonu w konstrukcji** . . . 469
23.1. Ogólna charakterystyka . . . 469
23.2. Zasady naprawy chłodni kominowych . . . 472

24. **Uzupełnienia** 477
24.1. Specyfikacja składu betonu 477
24.1.1. Podstawowe wymagania dotyczące składu betonu 477
24.1.2. Uwagi do projektowania betonu z uwzględnieniem jego trwałości . . . 479
24.1.3. Dobór podstawowych składników 480
24.2. Klasy ekspozycji betonu związane z oddziaływaniem środowiska 481
24.2.1. Wymagania wynikające z klas ekspozycji 485
24.2.2. Spełnienie wymagań 485
24.3. Kontrola produkcji betonu 486
24.4. Stosowanie dodatków 487
24.4.1. Postanowienia ogólne 487
24.4.2. Współczynnik k dodatków typu II 487
24.4.3. Pojęcie równoważnych właściwości użytkowych betonu 488
24.5. Stosowanie domieszek 489
24.6. Dostawa mieszanki betonowej 489
24.7. Kontrola zgodności i kryteria zgodności 490

25. **Aktualne kierunki rozwoju technologii betonu** 493

26. Załączniki 494
I. Literatura 494
II. Wykaz tablic 496
III. Ważniejsze daty dotyczące historii rozwoju betonu 499
IV. Zestawienie ciekawszych informacji na temat szkół zajmujących się nauką o betonie 500
V. Etapy rozwoju betonu w ujęciu autora książki 501
VI. 10 podstawowych stwierdzeń o betonie według autora książki 502
VII. Określenia 502

Od autora - zamiast posłowia 507