

Spis treści

Od autora	11
1. Wprowadzenie do inżynierii nawierzchni betonowych.....	13
1.1. Przedmiot i zakres książki	13
1.2. Historia budowy drogowych nawierzchni betonowych.....	17
1.3. Rodzaje konstrukcji nawierzchni	19
1.4. Funkcje i cechy eksploatacyjne nawierzchni	25
2. Obciążenia i oddziaływania środowiskowe	29
2.1. Kategorie obciążenia ruchem	29
2.2. Oddziaływania środowiskowe	33
2.3. Oddziaływania eksploatacyjne	36
2.4. Skutki wieloletnich oddziaływań na nawierzchnie	38
2.5. Znaczenie opadów atmosferycznych	42
3. Typowe i nietypowe rozwiązania konstrukcyjne	45
3.1. Typowy układ warstw konstrukcji drogi.....	45
3.2. Rozmieszczenie dybli i kotew, układ szczelin	49
3.3. Warstwa poślizgowa.....	52
3.4. Katalogowe właściwości betonu.....	53
3.5. Nietypowe konstrukcje nawierzchni – metody projektowania	55
3.6. Oprogramowanie do wymiarowania i analizy nawierzchni.....	58
3.6.1. Oprogramowanie Pavement ME	58
3.6.2. Bezpłatne oprogramowanie do wymiarowania na- wierzchni betonowych.....	60
3.6.3. Oprogramowanie do analizy pojedynczych zagadnień inżynierii nawierzchni	64

4. Technologia budowy nawierzchni betonowej	66
4.1. Maszyny do układania nawierzchni	66
4.2. Główne procesy technologiczne	70
4.3. Warunki prowadzenia robót nawierzchniowych	80
4.4. Ogólne zasady wytwarzania, transportu i wbudowywania mieszanki betonowej	82
4.5. Zasady teksturowania i pielęgnacji betonu w warstwie nawierzchniowej	84
4.6. Zasady wykonania i wypełnienia szczelin	85
5. Kryteria projektowania składu betonu	88
5.1. Wprowadzenie do projektowania betonu	88
5.2. Normowe kryteria dotyczące właściwości betonu	90
5.3. Zasady selekcji składników betonu	93
5.3.1. Kruszywa	93
5.3.2. Cement	100
5.3.3. Woda zarobowa	104
5.3.4. Domieszki i preparaty chemiczne	104
5.3.5. Dodatki mineralne	106
5.4. Wymagane właściwości betonu	106
5.5. Przykładowe receptury betonu nawierzchniowego	114
6. Fizyczna charakterystyka betonu i odkształcenia wilgotnościowe	116
6.1. Wiązanie cementu i twardnienie betonu	116
6.2. Wpływ domieszek na wiązanie cementu i twardnienie betonu ...	120
6.3. Porowatość i przepuszczalność betonu	123
6.4. Skurcz przy wysychaniu i odkształcenia wilgotnościowe	130
6.5. Właściwości fazy ciekłej w betonie	138
7. Napowietrzanie betonu nawierzchniowego	144
7.1. Koncepcja napowietrzania betonu	144
7.2. Zawartość powietrza i wielkość porów powietrznych	146
7.2.1. Wyznaczanie zawartości powietrza w mieszance betonowej	146
7.2.2. Charakterystyka porów powietrznych wg PN-EN 480-11	149
7.2.3. Normowe kryteria oceny napowietrzania	154
7.3. Czynniki materiałowe i technologiczne wpływające na napowietrzenie	157
7.4. Diagnostyka napowietrzania betonu w nawierzchniach	162

8. Wytrzymałość betonu w nawierzchni	170
8.1. Wytrzymałość na ściskanie i na rozciąganie przy zginaniu	170
8.2. Wpływ składu betonu na wytrzymałość	177
8.2.1. Zależności ogólne	177
8.2.2. Wpływ właściwości kruszywa	179
8.2.3. Wpływ napowietrzenia	181
8.2.4. Wpływ cementu	182
8.3. Wpływ temperatury – dojrzałość betonu	185
8.4. Ocena wytrzymałości betonu w nawierzchni	188
9. Odporność betonu na oddziaływanie mrozu i środków odladzających	191
9.1. Mechanizmy zniszczenia mrozowego	191
9.1.1. Oddziaływanie ujemnej temperatury	191
9.1.2. Procesy zamrażania wody w betonie	193
9.1.3. Proces złuszczeń powierzchniowych	195
9.2. Bezpośrednie metody określania mrozoodporności	197
9.2.1. Mrozoodporność kruszywa	197
9.2.2. Mrozoodporność wewnętrzna betonu	198
9.2.3. Odporność na powierzchniowe złuszczenia betonu	203
9.3. Projektowanie składu betonu z uwagi na mrozoodporność	206
9.3.1. Recepturowe ograniczenia zgodnie z PN-EN 206	206
9.3.2. Selekcja składników i skład mieszanki	208
10. Deformacje termiczne betonu w nawierzchni	213
10.1. Oddziaływanie temperatury na nawierzchnie	213
10.1.1. Rozkład temperatury w przekroju	213
10.1.2. Gradient temperatury	216
10.1.3. Odkształcenia termiczne	217
10.2. Temperatura i naprężenia w twardniejącym betonie	218
10.3. Wpływ składu betonu na przewodność i pojemność cieplną	223
10.3.1. Przewodność cieplna	223
10.3.2. Pojemność cieplna (ciepło właściwe)	226
10.4. Wpływ składu betonu na rozszerzalność cieplną	227
10.5. Znaczenie właściwości cieplnych w analizie metodą ME	232
11. Zapobieganie uszkodzeniom betonu wskutek reakcji alkalia-kruszywo	235
11.1. Objawy reakcji alkalia-kruszywo w betonie	235
11.2. Warunki występowania i mechanizm reakcji	239
11.2.1. Kruszywo reaktywne	239

11.2.2. Zawartość alkaliów w betonie	241
11.2.3. Zawartość wilgoci w betonie	241
11.2.4. Mechanizmy reakcji alkaliów z krzemionką	242
11.2.5. Hamowanie reakcji alkalia–kruszywo	243
11.3. Strategia zapobiegania szkodliwym skutkom reakcji wg AASHTO	245
11.4. Petrograficzne rozpoznanie minerałów reaktywnych	249
11.4.1. Normowe zasady oceny składu mineralnego kruszyw	249
11.4.2. Metoda badań petrograficznych z wykorzystaniem cienkich szlifów	251
11.4.3. Wyniki oceny petrograficznej wybranych kruszyw krajowych	253
11.5. Ekspansja betonu na podstawie badań laboratoryjnych	258
11.6. Wpływ oddziaływań eksploatacyjnych	264
11.7. Krajowe wytyczne do zapobiegania ASR w nawierzchniach betonowych	270
12. Szczeliny w nawierzchniach	274
12.1. Rozstaw i wykonanie szczelin	274
12.2. Szczeliny konstrukcyjne i płyty przejściowe	280
12.3. Rozwarcie szczelin i ich wypełnienie	283
12.4. Przenoszenie obciążenia przez szczeliny	287
12.5. Wymiarowanie dybli i kotew	289
12.6. Weryfikacja rozmieszczenia i efektywności dybli	294
12.7. Przedwczesne uszkodzenia szczelin	300
13. Równość, tekstura i zbrojenie nawierzchni	304
13.1. Równość podłużna – znaczenie, wymagania	304
13.2. Właściwości przeciwpoślizgowe i tekstura	310
13.2.1. Współczynnik tarcia między kołem pojazdu a nawierzchnią	310
13.2.2. Tekstura nawierzchni	312
13.2.3. Efekty techniki teksturowania	316
13.3. Metody odtwarzania właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni	318
13.4. Zbrojenie ciągłe w nawierzchni	321
14. Zapewnienie jakości procesu budowy nawierzchni	328
14.1. Celowość gwarancji i zapewnienia jakości	328
14.2. Narzędzia i metody zapewnienia jakości	330
14.3. Monitorowanie warunków pogodowych	332
14.4. Monitorowanie stabilności właściwości mieszanki	334

14.4.1. Zawartość wody w mieszance betonowej	334
14.4.2. Napowietrzenie mieszanki	336
14.4.3. Konsystencja mieszanki	340
14.5. Monitorowanie dojrzałości betonu i wczesnej wytrzymałości ...	341
14.6. Ocena makrotekstury nawierzchni	342
14.7. Ocena układu dybli w nawierzchni	346
14.8. Ocena grubości i równości nawierzchni	350
Zakończenie	355
Bibliografia	356
Foreword to the book <i>Inżynieria betonowych nawierzchni drogowych</i> by prof. Michał A. Gilnicki – prepared by prof. Jan Olek	372