

SPIS TREŚCI

Przedmowa	9
Rozdział 1	
MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWE WYTWARZANE I WBUDOWYWANE NA GORĄCO DO WARSTW KONSTRUKCYJNYCH NAWIERZCHNI	11
1.1. Definicje	11
1.2. Konstrukcja nawierzchni. Zastosowanie MMA do warstw konstrukcyjnych na- wierzchni. Typy mieszanek mineralno-asfaltowych	13
1.2.1. Konstrukcja nawierzchni	13
1.2.2. Zastosowanie MMA do warstw konstrukcyjnych nawierzchni	14
1.2.3. Typy mieszanek mineralno-asfaltowych	15
1.3. Mieszanki mineralno-asfaltowe typu betonowego	16
1.3.1. Materiały	16
1.3.1.1. Materiały kamienne	17
Kruszywa łamane do nawierzchni drogowych	17
Kruszywa naturalne do nawierzchni drogowych. Żwir i mieszan- ka	20
Kruszywa naturalne do nawierzchni drogowych. Piasek	23
Wypełniacz do drogowych i lotniskowych mieszanek mineralno- -asfaltowych	23
1.3.1.2. Lepiszczta bitumiczne	25
Klasyfikacja asfaltów wg normy PN-C-96170:1965 Asfalty drogowe	26
Klasyfikacja asfaltów wg normy PN-EN-12591-2002 Asfalty drogowe	27
Klasyfikacja asfaltów modyfikowanych – polimeroasfaltów ...	29
1.3.2. Badania materiałów	33
1.3.2.1. Badanie materiałów kamiennych	33
Pobieranie próbek	33
Oznaczanie gęstości objętościowej	35
Oznaczanie składu ziarnowego	38
■ Metoda na sucho	38
■ Metoda na mokro	42
Oznaczanie odporności na rozdrabnianie. Ścieralność metodą Los Angeles	44
Oznaczanie nasiąkliwości	46
Oznaczanie mrozodporności zmodyfikowaną metodą bezpo- średnią	48

Oznaczenie zawartości zanieczyszczeń obcych	49
Oznaczenie kształtu ziaren	49
Oznaczenie zawartości zanieczyszczeń organicznych	50
Oznaczenie wskaźnika piaskowego	50
Oznaczenie zawartości ziaren słabych i zwietrzałych	53
Oznaczenie przyczepności asfaltu	53
Badania wypełniaczy	55
■ Przygotowanie próbek do badań	55
■ Oznaczenie wilgotności	56
■ Oznaczenie składu ziarnowego wypełniacza	56
■ Oznaczenie części rozpuszczalnych w wodzie	57
■ Oznaczenie zawartości minerałów ilastych metodą wskaźnika błękitu metylenowego. Frakcja 0–0,125 mm	57
■ Oznaczenie zawartości tlenku glinowego	60
■ Oznaczenie zawartości tlenku żelazowego	60
■ Oznaczenie właściwości usztywniających wypełniacza	60
1.3.2.2. Badanie asfaltów	62
Pobieranie próbek asfaltów	62
Pomiar penetracji asfaltów	64
Pomiar temperatury łamliwości asfaltów wg Fraassa	68
Oznaczenie temperatury mięknięcia asfaltów metodą Pierścienia i Kula	70
Oznaczenie temperatury zapłonu asfaltu metodą Marcussona	74
Pomiar ciągliwości asfaltów	76
Odporność na starzenie. Oznaczenie odparowalności asfaltu metodą <i>Thin Film Oven Test</i> (TFOT)	78
Oznaczenie zawartości parafiny w asfalcie	81
Oznaczenie składników nierozpuszczalnych w benzenie	81
Oznaczenie zawartości wody	81
Analiza grupowa asfaltów	81
Oznaczenie zawartości asfaltenów. Wytrącanie <i>n</i> -heptanem wg DIN 51595	82
Oznaczenie lepkości dynamicznej	83
Indeks stwardnienia (<i>IS</i>)	89
Indeks penetracji (<i>PI</i>)	89
Temperaturowy zakres plastyczności (<i>TZP</i>)	90
Karta Jakości Asfaltu – wykres BTDC (<i>Bitumen Test Data Chart</i>)	92
1.3.3. Skład i właściwości mieszanek MA	93
1.3.3.1. Beton asfaltowy (BA)	93
1.3.3.2. Asfalt lany (AL)	101
1.3.3.3. Asfalt piaskowy (AP)	103
1.3.3.4. Piasek otoczony asfaltem (PoA)	103
1.3.4. Projektowanie i optymalizacja składu mieszanki mineralnej (MM)	107
1.3.4.1. Metoda teoretyczna doboru składu mieszanki mineralnej (MM)	107
1.3.4.2. Metoda doboru składu mieszanki mineralnej według „minimum wolnej przestrzeni”	110
1.3.4.3. Metoda doboru składu mieszanki mineralnej według krzywych najlepszego uziarnienia	110
Przykład ustalenia składu mieszanki mineralnej	112
1.3.4.4. Dobór składu mieszanki mineralnej za pomocą programu komputerowego MASBIT	116

1.3.5. Zasady ustalania zawartości lepiszcza w mieszance mineralno-asfaltowej metodami obliczeniowymi	118
1.3.5.1. Określanie zawartości lepiszcza na podstawie powierzchni właściwej mieszanki mineralnej i założonej grubości otoczki asfaltowej	119
Obliczanie powierzchni właściwej	119
Grubość otoczki asfaltu <i>b</i>	120
Obliczanie gęstości mieszanki mineralnej	120
Przykład obliczania zawartości asfaltu w MMA na podstawie powierzchni właściwej mieszanki mineralnej i założonej grubości otoczki asfaltowej	121
1.3.5.2. Określanie zawartości lepiszcza na podstawie powierzchni właściwej i założonego współczynnika zawartości asfaltu. Metoda Durieza [11]	123
Przykład obliczania zawartości asfaltu metodą Durieza	123
1.3.6. Określanie optymalnej zawartości lepiszcza w MMA na podstawie badań mechanicznych	124
1.3.6.1. Metoda Marshalla. Oznaczanie stabilności mieszanek mineralno-asfaltowych i odkształcenia	124
Warunki wykonania badań	125
Aparatura	125
Przygotowanie mieszanki mineralno-asfaltowej	125
Wykonanie próbek	125
Wykonanie badania	126
Obliczanie stabilności S mieszanki MA	127
Obliczanie odkształcenia mieszanki MA	127
Obliczanie gęstości MMA	128
Oznaczanie gęstości objętościowej próbek MMA	128
Oznaczanie gęstości strukturalnej MMA	129
Obliczanie całkowitej objętości asfaltu w próbce MMA	131
Obliczanie całkowitej objętości mieszanki mineralnej w próbce MMA	132
Obliczanie wolnej przestrzeni w mieszance mineralnej próbki MMA	132
Obliczanie wypełnienia wolnej przestrzeni w mieszance mineralnej próbki MMA	132
Obliczanie całkowitej wolnej przestrzeni w próbce MMA	132
Interpretacja wyników badań	133
■ Przykład interpretacji wyników badań	136
Wskaźnik sztywności wg Marshalla	136
1.3.6.2. Metoda badania stabilności wg Hubbarda-Fielda	137
1.3.7. Recepta laboratoryjna i właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej	140
1.3.7.1. Odchyłki zawartości składników mieszanki mineralno-asfaltowej	141
1.3.7.2. Próba technologiczna	142
1.3.8. Wykonanie nawierzchni	142
1.3.8.1. Podłoże pod warstwę asfaltową	142
1.3.8.2. Połączenia międzywarstwowe	143
1.3.8.3. Wytwarzanie mieszanki mineralno-asfaltowej	144
1.3.8.4. Przechowywanie i transport mieszanki mineralno-asfaltowej	145
1.3.8.5. Wbudowywanie mieszanki mineralno-asfaltowej	145
1.3.8.6. Cechy warstw nawierzchni drogowych	147
1.3.9. Rodzaje i częstość badań	148
1.3.9.1. Badanie materiałów, mieszanek i warstw asfaltowych	148
Ocena MMA	151

1.3.10. Badania laboratoryjne MMA	151
1.3.10.1. Metody badań	153
Gęstość MMA, zawartość wolnych przestrzeni i wskaźnik zagęszczenia warstwy	153
Nasiąkliwość	153
Zawartość lepiszcza	154
Penetracja nawierzchni. Asfalt lany	155
Wytrzymałość na ściskanie	156
Oznaczanie właściwości wyekstrahowanego asfaltu	160
Właściwości wyekstrahowanego kruszywa MM	161
■ Gęstość strukturalna MM	161
■ Zawartość wolnych przestrzeni w MM	161
1.3.10.2. Metody badań uzupełniających	161
Badania modułu sztywności pelzania pod obciążeniem statycznym	161
Badanie koleinowania	164
■ Zagęszczanie próbek w prasie żyratorowej	165
Badanie modułu sztywności sprężystej w rozciąganiu pośrednim	167
1.4. Mieszanki mineralno-asfaltowe typu pośredniego	170
1.4.1. Mastyks grysowy SMA	171
1.4.1.1. Zakres stosowania SMA	171
1.4.1.2. Materiały	172
1.4.1.3. Uziarnienie mieszanek SMA	172
1.4.1.4. Właściwości mieszanki SMA	172
1.4.1.5. Projektowanie mieszanki mineralnej dla SMA	175
1.4.1.6. Projektowanie mieszanki mineralno-asfaltowej SMA	175
1.4.1.7. Wytwarzanie mieszanki SMA	176
1.4.1.8. Wykonanie warstwy	176
1.4.1.9. Oznaczanie spływności mastyksu w mieszance SMA metodą Schellenberga	178
1.4.2. Mieszanki mineralno-bitumiczne o nieciągłym uziarnieniu do cienkich warstw ścieralnych (MNU)	180
1.4.2.1. Materiały	181
Kruszywo	181
Lepiszczce	181
Środek adhezyjny	181
1.4.2.2. Projektowanie składu mieszanki mineralno-bitumicznej (MNU)	181
1.4.2.3. Badania mieszanek mineralno-bitumicznych (MNU) i nawierzchni	182
1.4.2.4. Wykonanie warstwy ścieralnej z mieszanki mineralno-bitumicznej o nieciągłym uziarnieniu	183
1.5. Mieszanki mineralno-asfaltowe typu makadamowego	184
1.5.1. Powierzchniowe utrwalanie przy użyciu emulsji kationowej	184
1.5.1.1. Materiały	185
Kruszywo	185
Emulsje kationowe	186
■ Niemodyfikowane emulsje kationowe	186
■ Modyfikowane emulsje kationowe	187
■ Metody badań emulsji kationowych	188
□ Przygotowanie próbek	188
□ Oznaczanie zawartości wody metodą destylacyjną	188

□ Oznaczanie zawartości lepiszcza metodą suszarkową . . .	189
□ Oznaczanie lepkości metodą Englera	190
□ Oznaczanie jednorodności pozostałości na sitach	192
□ Oznaczanie sedymentacji	195
□ Oznaczanie przyczepności lepiszcza wytrąconego z emulsji do kruszywa	196
□ Oznaczanie indeksu rozpadu na piasku kwarcowym . . .	196
□ Ocena wyników badań emulsji	198
1.5.1.2. Wykonanie powierzchniowego utrwalania	198
Jednokrotne powierzchniowe utrwalanie nawierzchni	200
Dwukrotne powierzchniowe utrwalanie nawierzchni	201
Trzykrotne powierzchniowe utrwalanie nawierzchni	201
1.5.1.3. Właściwości nawierzchni po wykonaniu powierzchniowego utrwalania	201

Rozdział 2

BADANIA BITUMICZNYCH NAWIERZCHNI DROGOWYCH	203
2.1. Pomiar nośności nawierzchni	203
2.1.1. Oznaczanie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płytą – metoda VSS	203
2.1.1.1. Wymagania normatywne w stosunku do nośności	206
2.1.2. Ugięcia nawierzchni	208
2.1.2.1. Pomiar ugięć nawierzchni podatnych ugięciomierzem belkowym Benkelmana (BB)	208
Przykład obliczania ugięć nawierzchni	213
2.1.2.2. Pomiar ugięć nawierzchni ugięciomierzem dynamicznym FWD . . .	214
2.1.2.3. Porównanie wartości ugięć BB i FWD	217
2.1.3. Pomiar równości nawierzchni	217
2.1.3.1. Pomiar równości podłużnej planografem	218
2.1.3.2. Pomiar równości podłużnej za pomocą łaty i klina	220
2.1.3.3. Profilometryczne pomiary równości podłużnej	221
2.1.3.4. Pomiar równości poprzecznej	224
2.1.4. Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni	229
2.1.4.1. Tekstura warstwy ścieralnej	230
2.1.4.2. Pomiar wskaźnika szorstkości nawierzchni za pomocą aparatury modelowej	231
Pomiar angielskim aparatem wahadłowym	231
2.1.4.3. Pomiar współczynnika tarcia w rzeczywistych warunkach ruchu . .	232
Pomiar współczynnika tarcia przyczepą badawczą SRT-3	233
2.2. Ocena stanu technicznego nawierzchni	235

Rozdział 3

PODBUDOWY POD NAWIERZCHNIE ULEPSZONE	237
3.1. Stabilizacja gruntów cementem	238
3.1.1. Materiały	239
3.1.2. Projektowanie składu mieszanki cementowo-gruntowej	241
3.1.3. Badania mieszanek cementowo-gruntowych i podbudów	247
3.1.4. Wykonanie podbudowy z gruntu stabilizowanego cementem	248

3.2. Stabilizacja gruntów wapnem	249
3.2.1. Materiały	249
3.2.2. Projektowanie składu mieszanki wapienno-gruntowej	250
3.2.3. Badania mieszanek wapienno-gruntowych i podbudów	251
3.2.4. Wykonanie podbudowy z gruntu stabilizowanego wapnem	252
3.3. Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie	252
3.3.1. Materiały	253
3.3.2. Badania podbudów stabilizowanych mechanicznie	255
3.4. Podbudowa z tłucznia kamiennego	257
3.4.1. Materiały	257
3.4.2. Badania podbudów z tłucznia kamiennego	258
3.4.3. Wykonanie podbudowy z tłucznia kamiennego	258
3.5. Podbudowa z chudego betonu	259
3.5.1. Materiały	259
3.5.2. Projektowanie składu mieszanki chudego betonu	260
3.5.3. Badania mieszanek chudego betonu i podbudów	262
3.5.4. Wykonanie podbudowy z chudej mieszanki betonowej	263
3.6. Podbudowa z betonu cementowego	264
3.6.1. Materiały	264
3.6.2. Badania mieszanek betonowych i podbudów	265
3.6.3. Wykonanie podbudowy z betonu cementowego	266
3.7. Podbudowa z betonu popiołowego	267
3.7.1. Materiały	268
3.7.2. Projektowanie składu mieszanki betonu popiołowego	269
3.7.3. Badania mieszanek betonu popiołowego i podbudów	273
3.7.4. Wykonanie podbudowy z betonu popiołowego	274
3.8. Podbudowa z betonu asfaltowego	274
3.8.1. Materiały	275
3.8.2. Projektowanie składu mieszanki mineralno-asfaltowej	277
3.8.3. Badania mieszanek mineralno-asfaltowych i podbudów z betonu asfaltowego	277
3.8.4. Wykonanie podbudowy z betonu asfaltowego	277
3.9. Podbudowa z piasku otoczonego asfaltem	277
3.9.1. Materiały	278
3.9.2. Projektowanie składu mieszanki mineralno-asfaltowej do podbudowy z piasku otoczonego asfaltem	279
3.9.3. Badania mieszanek mineralno-asfaltowych i podbudów z piasku otoczonego asfaltem	280
3.9.4. Wykonanie podbudowy z piasku otoczonego asfaltem	281
3.10. Podbudowa z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej (M-C-E)	281
3.10.1. Materiały	283
3.10.2. Projektowanie składu mieszanki M-C-E	284
3.10.3. Badania mieszanek M-C-E i podbudów	286
3.10.4. Wykonanie podbudowy z mieszanki M-C-E	286
Literatura	289
Wykaz norm	291