

# Spis treści

<b>1. Wstęp</b>	7
1.1. Przedmiot rozważań	7
1.2. Układ i zawartość pracy	11
<b>2. Modele konstytutywne materiałów warstw asfaltowych</b>	15
2.1. Wprowadzenie	15
2.2. Podstawowe elementy reologiczne	17
2.2.1. Materiał liniowo-sprężysty (Hooke'a)	17
2.2.2. Materiał lepki (ciecz Newtona)	19
2.2.3. Model sztywno-idealnie plastyczny	20
2.2.4. Budowa wieloparametrowych struktur reologicznych	22
2.3. Liniowa lepkosprężystość	23
2.3.1. Zasada superpozycji Boltzmana	24
2.3.2. Idea podstawowych testów doświadczalnych	26
2.4. Model lepkosprężysty	33
2.4.1. Uogólniony model Maxwella	35
2.4.2. Reprezentacja relacji konstytutywnych w postaci równań stanu	36
2.5. Modele hyposprężysto-lepkoplastyczne	42
2.5.1. Kinematyka	42
2.5.2. Relacje konstytutywne	44
2.6. Propozycja modelu lepkosprężysto-plastycznego	45
2.6.1. Uogólniony model Maxwella z plastycznością	45
2.6.2. Uogólniony model Maxwella z pojedynczą gałęzią plastyczną	47
2.6.3. Uogólniony model Maxwella z plastycznością i wzmocnieniem	48
<b>3. Implementacja numeryczna modeli konstytutywnych</b>	53
3.1. Procedura UMAT	53
3.2. Całkowanie relacji konstytutywnych	55
3.2.1. Jawny algorytm całkowania	56
3.2.2. Niejawny algorytm całkowania	57
3.3. Miary odkształcenia i naprężenia w programie ABAQUS	59
3.4. Uwagi o implementacji numerycznej	61
3.5. Podstawowe testy numeryczne	63
<b>4. Dobór parametrów materiałowych</b>	69
4.1. Wprowadzenie	69
4.2. Zespolony moduł sztywności	70
4.3. Superpozycja czasowo-temperaturowa. Krzywa wiodąca	74
4.3.1. Tworzenie krzywej wiodącej	77

4.3.2.	Równanie Arrheniusa . . . . .	79
4.3.3.	Funkcja WLF . . . . .	80
4.3.4.	Inne funkcje . . . . .	82
4.4.	Widmo czasów relaksacji . . . . .	82
4.5.	Algorytm doboru parametrów . . . . .	83
4.5.1.	Konstrukcja krzywej wiodącej . . . . .	84
4.5.2.	Kalibracja modelu . . . . .	85
4.6.	Wyznaczanie parametrów plastycznych . . . . .	90
4.7.	Podsumowanie rozdziału . . . . .	91
<b>5.</b>	<b>Projektowanie konstrukcji nawierzchni . . . . .</b>	<b>93</b>
5.1.	Wprowadzenie . . . . .	93
5.2.	Projektowanie nawierzchni metodą mechanistyczną . . . . .	94
5.2.1.	Kryteria zmęczeniowe . . . . .	97
5.3.	Projektowanie wzmocnień nawierzchni . . . . .	102
<b>6.</b>	<b>Określanie wyężenia nawierzchni podatnych . . . . .</b>	<b>107</b>
6.1.	Metody analityczne - teoria półprzestrzeni warstwowej . . . . .	107
6.2.	Metody numeryczne - zastosowanie elementów nieskończonych . . . . .	116
6.2.1.	Sformułowanie w przypadku statyki . . . . .	118
6.2.2.	Sformułowanie w przypadku dynamiki . . . . .	122
6.2.3.	Przykład obliczeniowy . . . . .	124
<b>7.</b>	<b>Symulacje numeryczne . . . . .</b>	<b>129</b>
7.1.	Model obrotowo-symetryczny . . . . .	130
7.1.1.	Dane wejściowe . . . . .	131
7.1.2.	Wyniki obliczeń statycznych . . . . .	133
7.1.3.	Wpływ prędkości przejazdu . . . . .	136
7.1.4.	Wpływ temperatury warstw asfaltowych . . . . .	138
7.2.	Nawierzchnia lotniskowa . . . . .	141
7.2.1.	Wyniki obliczeń . . . . .	147
7.3.	Nawierzchnia na obiekcie mostowym . . . . .	151
7.3.1.	Opis wybranego mostu . . . . .	152
7.3.2.	Model numeryczny mostu . . . . .	153
7.3.3.	Zastosowanie submodelingu . . . . .	155
7.3.4.	Wyniki obliczeń . . . . .	159
<b>8.</b>	<b>Podsumowanie . . . . .</b>	<b>169</b>
<b>A.</b>	<b>Skrócone opisy programów komputerowych . . . . .</b>	<b>175</b>
<b>B.</b>	<b>Dane materiałowe . . . . .</b>	<b>179</b>
	<b>Spis rysunków . . . . .</b>	<b>186</b>
	<b>Spis tablic . . . . .</b>	<b>192</b>
	<b>Bibliografia . . . . .</b>	<b>193</b>