

Spis treści

Przedmowa	IX
Oznaczenia	X
1. Wprowadzenie	1
2. Model geometryczny i parametryzacja nawierzchni drogowej	4
3. Deformacja i ruch nawierzchni drogowej – stan przemieszczenia i odkształcenia	13
3.1. Deformacja nawierzchni drogowej	13
3.2. Stan przemieszczenia nawierzchni drogowej	16
3.3. Stan odkształcenia nawierzchni drogowej	20
3.4. Kinematyka nawierzchni drogowej	30
4. Siły zewnętrzne i wewnętrzne działające na nawierzchnię drogową ...	37
4.1. Charakterystyka i klasyfikacja ogólna sił	37
4.2. Stan naprężenia w nawierzchni drogowej	49
4.3. Siły bezwładności w nawierzchni drogowej	54
4.4. Równania ruchu i naprężeniowe warunki brzegowe – równania równowagi	55
4.5. Zasada prac wirtualnych	62
4.6. Zasada zeszywnienia	65
5. Modele mechaniczne materiałów nawierzchni drogowych	68
5.1. Modele fenomenologiczne materiałów – charakterystyka ogólna	69
5.2. Modele fizyczne materiałów	74
5.2.1. Wprowadzenie	74
5.2.2. Materiał sprężysty – materiał liniowo-sprężysty Hooke’a, sprężysto- -kruchy i sztywno-sprężysty	81
5.2.3. Materiał lepki – materiał liniowolepki Newtona, lepko-kruchy i sztyw- -no-lepki	85

5.2.4.	Materiał lepkosprężysty – materiał Kelvina–Voigta	94
5.2.5.	Materiał sprężystolepki – materiał Maxwella	105
5.2.6.	Materiał Bürgersa	118
5.2.7.	Materiał plastyczny – deformacje plastyczne	149
5.2.8.	Materiał plastyczny – plastyczne płynięcie	156
5.2.9.	Inne materiały	159
5.3.	Relacje konstytutywne materiału w dowolnym stanie naprężenia i odkształcenia	163
5.3.1	Uwagi wstępne	163
5.3.2.	Materiał Bürgersa – relacje konstytutywne elementów składowych i wynikowe równania konstytutywne	166
5.3.3	Równania konstytutywne materiału liniowosprężystego	173
6.	Zjawiska termiczne w nawierzchni drogowej	176
6.1.	Charakterystyka ogólna zjawisk termicznych w nawierzchni drogowej	176
6.2.	Odształcenia termiczne	178
6.3.	Wpływ temperatury na właściwości mechaniczne materiałów drogowych ..	181
6.4.	Przepływ ciepła przez nawierzchnię drogową – rozkład temperatury	182
7.	Modele mechaniczne podłoża nawierzchni drogowej	202
7.1.	Modele podłoży nawierzchni – charakterystyka ogólna	203
7.2.	Modele powierzchniowe podłoża typu Winklera	204
7.2.1.	Podłoże klasyczne Winklera	205
7.2.2.	Podłoże wielokierunkowe Winklera	206
7.2.3.	Podłoże nieliniowe Winklera	206
7.2.4.	Podłoże sprężysto-lepko-plastyczne Winklera	207
7.2.5.	Podłoże inercyjne Winklera	207
7.2.6.	Podłoże jednostronne Winklera	208
7.3.	Modele powierzchniowe podłoża typu Kerre’a	208
7.3.1.	Uogólnione podłoża sprężyste Winklera	208
7.3.2.	Podłoże sprężyste Kerre’a	213
7.3.3.	Uogólnienia podłoża Kerre’a – układ warstw typu SBS	215
7.4.	Modele przestrzenne podłoża	216
7.4.1.	Półprzestrzeń sprężysta – zagadnienie Boussinesqua	216
7.4.2.	Warstwa lub półprzestrzeń sprężysta z efektami inercyjnymi i reologicznymi	219
7.4.3.	Podłoże wielofazowe – konsolidacja podłoża	241
7.4.4.	Podłoże ziarniste typu Kandaurowa	249
7.5.	Modele trójwymiarowe podłoża zredukowane do modeli dwuwymiarowych ..	251
7.5.1.	Podłoże Własowa	251
7.5.2.	Zastępcze podłoże Winklera	256

8. Modele obciążenia nawierzchni drogowej pojazdami	259
8.1. Modele obciążenia nawierzchni pojazdami – charakterystyka ogólna	259
8.2. Oddziaływanie opony koła pojazdu na nawierzchnię	260
8.3. Oddziaływanie koła i osi pojazdu na nawierzchnię	263
8.4. Oddziaływanie pojazdu na nawierzchnię – obciążenie ruchem drogowym ..	271
9. Modele mechaniczne konstrukcji nawierzchni drogowej	277
9.1. Modele matematyczno-fizyczne konstrukcji nawierzchni drogowych – charakterystyka ogólna	278
9.2. Modele przestrzenne konstrukcji nawierzchni drogowej	281
9.3. Modele powierzchniowe konstrukcji nawierzchni drogowej	298
9.3.1. Model Kirchhoffa	299
9.3.2. Model Hencky’ego–Mindlina	309
9.3.3. Model układu warstw	322
10. Rozwiązywanie zagadnień mechaniki nawierzchni drogowych – przykłady	334
10.1. Wprowadzenie	334
10.1.1. Zagadnienia mechaniki nawierzchni drogowych – charakterystyka ogólna	334
10.1.2. Metody rozwiązywania zagadnień mechaniki nawierzchni drogowych – charakterystyka ogólna	335
10.2. Zastosowania metod analitycznych	337
10.2.1. Deformacja stacjonarna półprzestrzennego układu warstw liniowo-sprężystych nawierzchni drogowej podatnej	337
10.2.2. Deformacja <i>quasi</i> -stacjonarna półprzestrzennego układu warstw lepko-sprężystych liniowo i liniowosprężystych nawierzchni drogowej podatnej pod działaniem ruchomego obciążenia	370
10.2.3. Deformacja dynamiczna nieograniczonego układu warstw liniowo-sprężystych nawierzchni drogowej podatnej – drgania i fale w nawierzchni	414
10.2.4. Deformacja płytowa stacjonarna konstrukcji nawierzchni – ugięcia i sztywność układu warstw	433
10.3. Zastosowania metod numerycznych	449
10.3.1. Deformacja stacjonarna układu liniowosprężystych warstw nawierzchni drogowej podatnej – tworzenie modeli MES i ich weryfikacja ...	449
10.3.2. Deformacja stacjonarna nawierzchni drogowej sztywnej. Zagadnienie Westergaarda	578
Dodatek. Zarys Metody Elementów Skończonych	587
D.1. Wprowadzenie – charakterystyka ogólna MES	587
D.2. Algorytm przemieszczeniowy MES w zagadnieniach liniowych	590
D.3. Zagadnienia 3D w MES	607

D.4. Zagadnienia płytowe 2D w MES	620
D.5. Dokładność rozwiązań w MES	647
D.6. Całkowanie numeryczne i kwadratury Gaussa – współrzędne barycentryczne	652
D.7. Literatura MES	660
Literatura	662