

Spis treści

1. Wprowadzenie	9
1.1. Wstęp	9
1.2. Obciążenie dynamiczne	10
1.3. Problemy modelowania obszaru gruntu w ujęciu metody elementów skończonych (MES).....	13
1.4. Zakres stosowalności modeli jedno-, dwu- i trójfazowych.....	14
1.5. Omówienie	15
1.6. Literatura do rozdziału 1	16
2. Fale sprężyste w półprzestrzeni ośrodka gruntowego	19
2.1. Oznaczenia do rozdziału 2	19
2.2. Wstęp	20
2.3. Podstawowe równania falowe gruntu w jednofazowej półprzestrzeni sprężystej	21
2.4. Równania konstytutywne.....	22
2.5. Równanie fali dylatacyjnej	22
2.6. Równania fal poprzecznych dystorsyjnych	24
2.7. Rozwiązanie równań falowych, równanie fali kulistej	26
2.8. Fala powierzchniowa Rayleigha.....	27
2.9. Fala powierzchniowa Love'a.....	34
2.10. Literatura do rozdziału 2.....	36
3. Teoria Biota dla ośrodka dwufazowego – szkielet i płyn	39
3.1. Oznaczenia dla rozdziału 3	39
3.2. Wstęp	42
3.3. Ośrodek izotropowy. Zasada zachowania energii. Równania konstytutywne.....	43
3.3.1. Energia wewnętrzna ośrodka jednofazowego.....	43
3.3.2. Energia wewnętrzna mieszaniny szkieletu i płynu w porach	45
3.3.3. Koncepcja naprężeń efektywnych	48
3.4. Energia kinetyczna.....	50
3.5. Potencjał dyssypacji.....	53
3.6. Równanie Lagrange'a i równania ruchu.....	54
3.7. Równania ruchu w zakresie niskich częstotliwości.....	56
3.7.1. Płaskie fale dylatacyjne	57
3.7.1.1. Fale dylatacyjne bez uwzględnienia tłumienia	57

3.7.1.2. Fale dylatacyjne z uwzględnieniem tłumienia.....	59
3.7.2. Fale poprzeczne	61
3.7.3. Przykład	64
3.8. Literatura do rozdziału 3.....	65
4. Model ośrodka trójfazowego – szkielet, płyn i gaz	69
4.1. Oznaczenia do rozdziału 4.....	69
4.2. Wstęp	72
4.3. Podstawowe założenia	75
4.4. Równania konstytutywne.....	76
4.5. Równania ruchu	79
4.6. Propagacja fal dylatacyjnych i fal poprzecznych	81
4.7. Uproszczenia w obliczeniach prędkości fal dylatacyjnych i fal poprzecznych	86
4.8. Literatura do rozdziału 4.....	87
5. Wprowadzenie do opisu deformacji gruntu z zastosowaniem teorii plastyczności.....	91
5.1. Oznaczenia do rozdziału 5.....	91
5.2. Wstęp	93
5.3. Powierzchnia plastyczności.....	94
5.4. Przestrzeń naprężeń głównych.....	94
5.5. Kryteria płynięcia	98
5.5.1. Kryterium płynięcia Coulomba	98
5.5.2. Prawo płynięcia plastycznego.....	100
5.5.3. Modyfikacje kryterium Coulomba.....	102
5.5.4. Model Cam Clay.....	104
5.5.5. Przypadek płaskiego stanu naprężenia	106
5.6. Postulat stabilności Druckera.....	108
5.7. Prawo płynięcia plastycznego.....	110
5.7.1. Stowarzyszone prawo płynięcia plastycznego.....	110
5.7.2. Niestowarzyszone prawo płynięcia plastycznego	113
5.8. Kryterium obciążenia.....	114
5.9. Relacja naprężenie-odkształcenie	115
5.10. Wzmocnienie (work <i>hardening</i>)	117
5.10.1. Model Cam Clay	117
5.11. Modele sprężysto-lepkoplastyczne	128
5.11.1. Wstęp	128
5.11.2. Modele doświadczalne.....	128
5.11.3. Modele reologiczne.....	129
A. Model różniczkowy Bingham'a	129
B. Inżynierskie modele reologiczne.....	131

C. Modele dziedziczności	132
5.11.4. Ogólne modele naprężenie-odkształcenie-czas	132
A. Teoria nadwyżki naprężenia (<i>overstress</i>)	132
B. Teoria niestacjonarnej powierzchni płynięcia – NSFS.....	136
C. Porównanie teorii nadwyżki naprężenia i teorii niestacjonarnej powierzchni płynięcia – NSFS.....	142
5.12. Literatura do rozdziału 5.....	143
6. Dynamika gruntu – sformułowanie MES	147
6.1. Oznaczenia do rozdziału 6.....	147
6.2. Dynamika trójfazowego ośrodka gruntowego – sformułowanie MES.	148
6.2.1. Wstęp	148
6.2.2. Równania równowagi.....	149
6.2.3. Sformułowanie w przypadku gruntu nienasyconego.....	151
6.3. Dynamika gruntu ośrodka dwufazowego w pełni nasyconego – sformułowanie u^s-w-p	152
6.3.1. Równanie bilansu pędu mieszaniny.....	152
6.3.2. Równanie bilansu pędu wody	153
6.3.3. Równanie bilansu masy wody ze szkieletem ściśliwym	154
6.3.4. Równania konstytutywne.....	155
6.3.5. Podsumowanie.....	155
6.4. Dynamika gruntu ośrodka dwufazowego w pełni nasyconego bez drenażu – stała Skemptona	157
6.5. Dynamika gruntu ośrodka dwufazowego w pełni nasyconego – sformułowanie u^s-U	158
6.6. Dynamika gruntu ośrodka dwufazowego w pełni nasyconego – sformułowanie u^s-p	159
6.6.1. Podstawowe równania	159
6.6.2. Sformułowanie słabe	160
6.6.3. Dyskretyzacja MES	161
6.7. Aproksymacja numeryczna nieograniczonego obszaru gruntu	164
6.7.1. Wstęp	164
6.7.2. Warunek zanikania energii potencjalnej i kinetycznej na brzegu	164
6.7.3. Metoda podkonstrukcji i metoda bezpośrednia	165
6.7.4. Metody przybliżone	166
6.7.5. Sformułowania bazujące na podobieństwie.....	167
6.8. Doświadczenia programu badawczego VELACS	168
6.8.1. Program VELACS	168
6.8.2. Oszacowanie wyników testów z wirówki.....	170
6.9. Literatura do rozdziału 6.....	174

7. Rozwiązanie równania ruchu w ujęciu metody elementów skończonych.....	177
7.1. Oznaczenia do rozdziału 7	177
7.2. Wstęp	178
7.3. Metoda superpozycji modalnej	179
7.4. Metody bezpośredniego całkowania równania ruchu w czasie	180
7.5. Metody bezpośredniego całkowania równania ruchu	184
7.5.1. Metoda różnicy centralnej	184
7.5.2. Metoda Wilsona	186
7.5.3. Metoda Newmarka	189
7.5.4. Metoda HHT α	192
7.5.5. Metoda TDG	194
7.6. Analiza dokładności: błąd amplitudy i błąd okresu – porównanie metod	200
7.7. Siatka MES w problemach propagacji fali	202
7.8. Zagadnienia nieliniowe	206
7.8.1. Wstęp	206
7.8.2. Całkowanie po czasie dynamiki gruntu w sformułowaniu u^s-p	207
7.8.3. Przypadek specjalny bez drenażu	209
7.9. Literatura do rozdziału 7	210
Załącznik A – Działania na wektorach i macierzach	213
A.1. Wektory, macierze	213
A.2. Operatory różniczkowania	215
A.2.1. Współrzędne kartezjańskie	215
A.2.2. Współrzędne cylindryczne	216
A.2.3. Współrzędne sferyczne	217
A.3. Wzory rachunkowe	218
Załącznik B – Gradienty funkcji potencjalnych teorii plastyczności	221
B.1. Pierwsze pochodne niezmienników stanu naprężenia p, q, θ	221
B.2. Drugie pochodne niezmienników stanu naprężenia p, q, θ	223
Załącznik C – Dynamika układów dyskretnych	225
C.1. Układ o jednym stopniu swobody	225
C.1.1. Drgania swobodne, zagadnienie własne	225
C.1.2. Drgania swobodne tłumione	225
C.1.3. Przypadek tłumienia podkrytycznego	226
C.1.4. Rozwiązanie ogólne przy uwzględnieniu tłumienia lepkiego podkrytycznego	228
C.1.5. Rozwiązanie w przedziale kroku czasowym Δt	229
C.2. Podstawowe prawa dynamiki	231
C.2.1. Drugie prawo Newtona	231
C.2.2. Zasada d'Alemberta i zasada pracy przygotowanej	231

C.2.3. Równanie Lagrange'a	232
C.2.4. Zasada Hamiltona.....	232
C.3. Równanie ruchu układów dyskretnych	232
C.4. Literatura	233
Załącznik D – Parametry dynamiczne gruntów, konstrukcji i materiałów budowlanych.....	235
D.1. Prędkość fal podłużnych v_L , fal poprzecznych v_s i fal powierzchni- wych v_R w podłożu gruntowym i materiałach.....	235
D.2. Wartości dynamicznych współczynników sprężystości gruntów	236
D.3. Współczynniki sprężystości materiałów budowlanych stosowane w obliczeniach dynamicznych konstrukcji	236
D.4. Współczynniki charakteryzujące tłumienie	237
D.5. Charakterystyki dynamiczne gruntu	238
D.6. Upłynnienie gruntu	240
D.7. Prędkości fal w ośrodku dwufazowym	242
D.8. Literatura.....	242