

Obsah

1	Úvod do matematického modelování v geomechanice	9
1.1	Postup při matematickém modelování	10
1.2	Oblasti aplikace matematických (počítačových) modelů v geomechanice	11
1.3	Příklady úloh	11
1.4	Literatura	12
2	Základní pojmy mechaniky kontinua	13
2.1	Matematické pojmy	13
2.1.1	Zápis operací s vektory a tenzory (maticemi)	14
2.1.2	Některé vlastnosti matic	15
2.1.3	Změna soustavy souřadnic	16
2.1.4	Invarianty tenzoru	17
2.1.5	Kulový tenzor	17
2.1.6	Deviátor tenzoru	18
2.1.7	Vlastní vektor, vlastní čísla	18
2.1.8	Derivace	19
2.1.9	Gradient	20
2.1.10	Divergence	20
2.1.11	Stopa	21
2.2	Pojem kontinua	22
2.3	Napětí	23
2.3.1	Invarianty napětí	25
2.3.2	Mohrova kružnice	25
2.3.3	Deviátorová rovina	27
2.3.4	Oktaedrická rovina	27
2.4	Malá přetvoření	28

2.4.1	Gradient posunu	29
2.4.2	Invarianty přetvoření	29
2.5	Konečná (velká) přetvoření	31
2.5.1	Pohyb v Lagrangeově formulaci	32
2.5.2	(Polární rozklad deformačního gradientu)	34
2.5.3	(Další možné míry deformace)	35
2.5.4	Rychlost deformace	36
2.5.5	Logaritmické přetvoření	37
2.5.6	(Materiálová derivace)	38
2.5.7	Aktualizovaná Lagrangeova formulace	39
2.5.8	(Mikromechanický popis deformace)	39
2.5.9	(2. Piola-Kirchhoffův tenzor napětí)	40
2.5.10	Objektivní rychlost napětí	41
2.6	Literatura	41
3	Konstituční vztahy geomateriálů	42
3.1	Lineární izotropní pružnost	42
3.1.1	Základní vztahy	42
3.1.2	Deformační energie	44
3.1.3	Určení parametrů pružnosti	45
3.1.4	Zhodnocení izotropního lineárně pružného modelu	46
3.2	Lineární anizotropní pružnost	46
3.3	Nelineární pružnost	47
3.3.1	Stlačitelnost	47
3.3.2	Smykání	48
3.3.3	Duncan-Changův model	49
3.3.4	Obor malých deformací	50
3.3.5	Hysterezní chování	50

3.4	Ideální plasticita	52
3.4.1	Jednoduchý fyzikální model	52
3.4.2	Podmínka plastického zatěžování	54
3.4.3	Podmínka plasticity	56
3.4.4	Plastický potenciál	60
3.4.5	Plastický násobitel	61
3.4.6	Numerická implementace ideálně plastického modelu	62
3.4.7	Nevýhody ideálně plastických modelů	63
3.5	Plasticita se zpevněním	64
3.5.1	Izotropní zpevnění	64
3.5.2	Model Cam jřlu	67
3.5.3	Nevýhody izotropního zpevnění	70
3.5.4	Kinematické a kombinované zpevnění	70
3.5.5	Plasticita s mezní plochou	72
3.6	Hypoplasticita	73
3.7	Reologické modely	74
3.7.1	Jednorozměrné modely	74
3.7.2	Vazkoplasticita	76
3.8	Literatura	76
4	Výstavba matematického modelu	77
4.1	Bilanční rovnice	77
4.1.1	Zákon zachování hmotnosti	77
4.1.2	Zákon zachování hybnosti	79
4.2	Konstituční vztahy	80
4.3	Okrajové a počáteční podmínky	80
4.3.1	Okrajové podmínky	80
4.3.2	Počáteční podmínky	80

4.4	Numerické metody	81
4.5	Kategorie okrajových úloh	81
4.5.1	(Odvození vlnové rovnice)	81
4.5.2	Matematická klasifikace PDR	82
4.5.3	Eliptické rovnice	83
4.5.4	Parabolické rovnice	83
4.5.5	Hyperbolické rovnice	83
4.5.6	Vlastní čísla	84
4.5.7	Laplaceův operátor	84
4.6	Podmíněnost řešení (<i>well-posedness</i>)	84
4.7	Literatura	85
5	Metoda sítí	86
5.1	Šíření vln v 1D	87
5.2	(Jednoosá konsolidace)	88
5.3	Literatura	90
6	Metoda konečných prvků	91
6.1	„Inženýrská“ formulace (maticová analýza)	91
6.2	Deformační varianta MKP	93
6.2.1	Formulace konečného prvku	94
6.2.2	Sestavení rovnic MKP	96
6.2.3	Řešení soustavy rovnic	97
6.2.4	Přesnost výpočtu	99
6.3	Literatura	100
7	Modely diskontinua	101
7.1	Metoda oddělených prvků	101
7.2	Buněčné automaty	103

7.3 Literatura	103
A Užití programu TOCHNOG pro řešení geotechnických úloh	105
B Vstupní soubor	105
B.1 Inicializační část	106
B.2 Datová část	107
C Spuštění programu	108
D Úlohy s 1 prvkem	108
D.1 Edometrická (jednoosá) stlačitelnost v 1D	108
D.2 Struktura restart-souboru (*.dbs)	112
D.3 Edometrická (jednoosá) stlačitelnost ve 2D	113
D.3.1 Nelineární pružnost	116
D.4 Řízení výstupů v průběhu výpočtu	116
D.5 Biaxiální stlačitelnost s konstantním horizontálním napětím	117
D.5.1 Plasticita (Mohr-Coulomb)	118
D.5.2 Řízení iterací	119
D.5.3 Postprocessing ve vybraném bodě	120
D.5.4 Drucker-Pragerův model	122
D.6 Standardní triaxiální zkouška (model Cam jílů)	122
E Generování sítě	124
F Počáteční podmínky	127
F.1 Předepsaný počáteční stav	127
F.2 Generovaný počáteční stav	129

G	Konsolidace a proudění vody	130
G.1	Jednoosá (Terzaghiho) konsolidace	131
G.2	Proudění podzemní vody	133
H	Vybrané geotechnické konstrukce	134
H.1	Plošný základ	134
H.2	Tunel	135
H.3	Vyztužený násep	137
H.3.1	Násep	137
H.3.2	Geotextilie	138
I	Přílohy	140
I.1	Seznam použitých značek	140
I.2	Seznam použitých zkratk	141
I.3	Seznam použitých symbolů	142
I.4	Seznam použitých jednotek	143
I.5	Seznam použitých vzorců	144
I.6	Seznam použitých tabulek	145
I.7	Seznam použitých obrázků	146
I.8	Seznam použitých výkresů	147
I.9	Seznam použitých tabulek	148
I.10	Seznam použitých obrázků	149
I.11	Seznam použitých výkresů	150
I.12	Seznam použitých tabulek	151
I.13	Seznam použitých obrázků	152
I.14	Seznam použitých výkresů	153
I.15	Seznam použitých tabulek	154
I.16	Seznam použitých obrázků	155
I.17	Seznam použitých výkresů	156
I.18	Seznam použitých tabulek	157
I.19	Seznam použitých obrázků	158
I.20	Seznam použitých výkresů	159
I.21	Seznam použitých tabulek	160
I.22	Seznam použitých obrázků	161
I.23	Seznam použitých výkresů	162
I.24	Seznam použitých tabulek	163
I.25	Seznam použitých obrázků	164
I.26	Seznam použitých výkresů	165
I.27	Seznam použitých tabulek	166
I.28	Seznam použitých obrázků	167
I.29	Seznam použitých výkresů	168
I.30	Seznam použitých tabulek	169
I.31	Seznam použitých obrázků	170
I.32	Seznam použitých výkresů	171
I.33	Seznam použitých tabulek	172
I.34	Seznam použitých obrázků	173
I.35	Seznam použitých výkresů	174
I.36	Seznam použitých tabulek	175
I.37	Seznam použitých obrázků	176
I.38	Seznam použitých výkresů	177
I.39	Seznam použitých tabulek	178
I.40	Seznam použitých obrázků	179
I.41	Seznam použitých výkresů	180
I.42	Seznam použitých tabulek	181
I.43	Seznam použitých obrázků	182
I.44	Seznam použitých výkresů	183
I.45	Seznam použitých tabulek	184
I.46	Seznam použitých obrázků	185
I.47	Seznam použitých výkresů	186
I.48	Seznam použitých tabulek	187
I.49	Seznam použitých obrázků	188
I.50	Seznam použitých výkresů	189
I.51	Seznam použitých tabulek	190
I.52	Seznam použitých obrázků	191
I.53	Seznam použitých výkresů	192
I.54	Seznam použitých tabulek	193
I.55	Seznam použitých obrázků	194
I.56	Seznam použitých výkresů	195
I.57	Seznam použitých tabulek	196
I.58	Seznam použitých obrázků	197
I.59	Seznam použitých výkresů	198
I.60	Seznam použitých tabulek	199
I.61	Seznam použitých obrázků	200
I.62	Seznam použitých výkresů	201
I.63	Seznam použitých tabulek	202
I.64	Seznam použitých obrázků	203
I.65	Seznam použitých výkresů	204
I.66	Seznam použitých tabulek	205
I.67	Seznam použitých obrázků	206
I.68	Seznam použitých výkresů	207
I.69	Seznam použitých tabulek	208
I.70	Seznam použitých obrázků	209
I.71	Seznam použitých výkresů	210
I.72	Seznam použitých tabulek	211
I.73	Seznam použitých obrázků	212
I.74	Seznam použitých výkresů	213
I.75	Seznam použitých tabulek	214
I.76	Seznam použitých obrázků	215
I.77	Seznam použitých výkresů	216
I.78	Seznam použitých tabulek	217
I.79	Seznam použitých obrázků	218
I.80	Seznam použitých výkresů	219
I.81	Seznam použitých tabulek	220
I.82	Seznam použitých obrázků	221
I.83	Seznam použitých výkresů	222
I.84	Seznam použitých tabulek	223
I.85	Seznam použitých obrázků	224
I.86	Seznam použitých výkresů	225
I.87	Seznam použitých tabulek	226
I.88	Seznam použitých obrázků	227
I.89	Seznam použitých výkresů	228
I.90	Seznam použitých tabulek	229
I.91	Seznam použitých obrázků	230
I.92	Seznam použitých výkresů	231
I.93	Seznam použitých tabulek	232
I.94	Seznam použitých obrázků	233
I.95	Seznam použitých výkresů	234
I.96	Seznam použitých tabulek	235
I.97	Seznam použitých obrázků	236
I.98	Seznam použitých výkresů	237
I.99	Seznam použitých tabulek	238
I.100	Seznam použitých obrázků	239