

OBSAH

Předmluva	9
Seznam použitých symbolů	11
Úvod	15
1. Filtrační vlastnosti zemín	19
1.1. Charakteristiky zemín	19
1.2. Darcyho zákon	22
1.3. Nelineární proudění podzemní vody	25
2. Základní rovnice proudění podzemní vody	27
2.1. Obecné pohybové rovnice prostorového proudění podzemní vody	27
2.2. Základní rovnice rovinného potenciálního proudění	33
2.3. Odvození základních rovnic ustáleného rovinného proudění podzemní vody	37
2.4. Neustálené proudění podzemní vody	42
2.5. Fyzikální a numerický význam okrajových podmínek	45
3. Variační formulace okrajových a počátečních úloh proudění podzemní vody	55
3.1. Variační formulace okrajových úloh	55
3.2. Hledání variačních principů pro ustálené proudění podzemní vody	59
3.3. Variační principy pro neustálené proudění podzemní vody	63
3.4. Smíšené funkcionály	64
3.5. Ritzova metoda	65
3.6. Galerkinova metoda	68
3.7. Metody vážených reziduí	69
4. Rovinné a osově symetrické konečné prvky	71
4.1. Princip metody konečných prvků	71
4.2. Rovinné prvky definované v globální souřadné soustavě	76
4.2.1. Trojúhelníkové prvky s Langrangeovou interpolací	77
4.2.2. Trojúhelníkový prvek s Hermitovou interpolací	89
4.3. Rovinné izoparametrické prvky	90
4.3.1. Prvky patřící do serendipity family	91
4.3.2. Prvky s Langrangeovými interpolačními polynomy	98
4.3.3. Mapování izoparametrických prvků z lokální do globální souřadné soustavy	104
4.4. Speciální techniky pro rovinné izoparametrické prvky	107
4.4.1. Degenerování tvaru čtyřúhelníkových prvků superpozicí jejich uzlů	107
4.4.2. Izoparametrické prvky s heterogenní interpolací	111
4.4.3. Subparametrické a superparametrické prvky	115
4.5. Izoparametrické prvky s Hermitovou interpolací	117
4.6. Osově symetrické prvky	126
4.7. Hybridní a smíšené prvky	128

5. Prostorové konečné prvky	130
5.1. Řešení prostorových úloh	130
5.2. Prostorové prvky definované v globální souřadné soustavě	132
5.3. Prostorové izoparametrické prvky ve tvaru dvanáctihranu	137
5.4. Trojboké izoparametrické prvky	144
5.5. Příprava a kontrola vstupního souboru pro prostorový numerický model.	149
6. Singulární, nekonečné a kvazinekonečné prvky.	152
6.1. Singulární konečné prvky	152
6.1.1. Singulární funkce a speciální interpolační funkce.	154
6.1.2. Zjemňování sítě prvků	158
6.1.3. Singulární izoparametrické prvky	158
6.2. Prvky aproximující část hranice v nekonečnu	161
6.3. Kvazinekonečné prvky	167
7. Lineární úlohy ustáleného proudění podzemní vody	171
7.1. Charakteristická matice prvků definovaných v globální souřadné soustavě.	172
7.2. Odvození charakteristické matice izoparametrických prvků	181
7.3. Sestavení výsledné soustavy rovnic.	189
7.4. Zavedení okrajových podmínek do výsledné soustavy rovnic	194
7.5. Řešení výsledné soustavy rovnic a výpočet odvozených proměnných.	196
7.6. Charakteristické matice a výsledná soustava rovnic pro prostorové prvky	203
7.7. Obecně anizotropní oblast.	205
7.8. Respektování spojitě změny hydraulické vodivosti v řešené oblasti.	207
8. Nelineární úlohy ustáleného proudění podzemní vody	209
8.1. Řešení proudění podzemní vody s volnou hladinou ve svislé rovině	210
8.2. Prostorové proudění podzemní vody s volnou hladinou	218
8.2.1. Modelování interakce volné hladiny s terémem	219
8.2.2. Proudění v oblastech s volnou i s napjatou hladinou	220
8.3. Plošné proudění s volnou hladinou	224
8.4. Proudění s nelineární závislostí mezi hydraulickým gradientem a průsakovou rychlostí.	229
8.5. Praktická aplikace a programování metody postupných aproximací	234
9. Neustálené proudění podzemní vody	236
9.1. Řešení časově závislých úloh metodou konečných prvků	236
9.2. Neustálené plošné proudění bez volné hladiny.	238
9.3. Neustálené plošné proudění s volnou hladinou.	244
9.4. Neustálené průsakové proudění ve svislé rovině s napjatou hladinou.	249
9.5. Neustálené prostorové proudění podzemní vody s napjatou hladinou.	251
9.6. Neustálené průsakové proudění ve svislé rovině s volnou hladinou.	252
9.7. Čerpání ze studní	255
9.8. Neustálené plošné proudění s volnou hladinou ve vícenásobně souvislých oblastech	259
9.8.1. Metoda náhradní zeminy	261
9.8.2. Metoda konzumpčních křivek přítoku a odtoku	263
9.8.3. Metoda dlouhodobé simulace	263
9.8.4. Vliv nádrží uvnitř oblasti na neustálené proudění.	265
9.9. Neustálené prostorové proudění podzemní vody.	265
10. Neustálené proudění ve stlačitelném prostředí (konsolidace zemín)	267
10.1. Řešení Terzaghiho jednorozměrné konsolidace časoprostorovými prvky	268
10.2. Variační formulace lineární konsolidace zemín	273
10.3. Vazkoplastický model konsolidující zeminy	278

11. Adaptivní metody úpravy sítě prvků	282
11.1. Jednoduchá globální kritéria přesnosti řešení	282
11.2. Aposteriorní odhady lokální chyby	284
11.3. Adaptivní metody	286
12. Další speciální techniky metody konečných prvků	292
12.1. Kondenzace charakteristické matice $\mathbf{M}^{(e)}$ rovinných prvků s vnitřními uzly	292
12.2. Makroprvky a jejich použití	294
12.3. Metoda dvojí sítě	296
13. Trajektorie vodních částic	301
13.1. Grafické vyhodnocení výsledků řešení	301
13.2. Aproximace průsakových rychlostí v izoparametrických prvcích	303
13.3. Mapování z globální do lokální souřadné soustavy	306
13.4. Výběr vhodné numerické metody	308
13.5. Použití trajektorií	312
14. Proudění vody v horninových masivech	320
14.1. Filtrační vlastnosti hornin	320
14.2. Plně prostorový model prosakovaného horninového kontinua	325
14.3. Vícevrstevný kvaziprostorový numerický model	326
14.4. Model vytvořený kombinací prostorových a plošných prvků	329
15. Transport rozpuštěných látek podzemní vodou	336
15.1. Konceptuální modely transportu rozpuštěných látek	337
15.2. Transport nereagujících rozpuštěných látek	339
15.3. Základní rovnice pro transport nereagujících látek	342
15.4. Transport reagujících rozpuštěných látek	347
15.5. Základní rovnice pro transport s adsorpcí	349
15.6. Numerický model transportu s uvažováním adsorpce	353
15.7. Aplikace numerických modelů transportu	358
15.8. Další směry vývoje	364
Literatura	366
Rejstřík	374