

Príklad interpretácie čerpacích skúšok simulovaním na modeli

(1 obr. a 2 tab. v texte)

DUŠAN JALČ — PETER NÉMETHY*

Пример интерпретации опытных откачек моделированием на модели

В статье рассматривается применение моделирования на ЭЦВМ на основе данных разведочных работ для определения коэффициента фильтрационной анизотропии. Этот метод позволяет учесть неоднородность напластования и в других отделить эту от собственной анизотропии. Применение этого метода рассматривается на конкретных примерах в условиях поймы реки Вáh, приводятся поступательные схемы, оцениваются полученные результаты и рассматривается реальность их применения на практике.

An example of pumping test interpretation by simulation on a model

The paper gives a description of possibility to verify interpretation of pumping test by modelling through method of nets based on the output data investigation works. Its application is shown on concrete examples under conditions prevailing in the near Váh river zone.

Súčasný inžinierske úlohy čoraz naliehavšie vyžadujú od hydrogeologického prieskumu informáciu o zvodnenom prostredí vystihujúcu špecifické prírodné danosti geologických a hydrogeologických pomerov a charakterizujúcu ich filtračnými parametrami v priestorovom rozložení. V prieskumnej činnosti sa zaužívala schematizácia prírodných pomerov formou homogenizácie zvodnenej vrstvy s určením jej koeficienta filtrácie, ktorý predstavuje priemernú hodnotu pre skúmaný priestor. Je prirodzené, že takáto schematizácia je prípustná len v istých prípadoch. V prírode však častejšie obraz o geologickom vývoji prostredia dokumentujú štruktúrno-textúrne znaky, litologické a faciálne danosti vytvárajúce komplex rôznorodých prvkov, pre ktorý je z hľadiska filtrácie podzemnej vody zaužívaný termín heterogénne alebo vrstvovo-heterogénne prostredie. Názným príkladom takéhoto prostredia sú riečne sedimenty, v ktorých má na prúdenie podzemnej vody vplyv vzájomné usporiadanie vrstiev, ako aj anizotropia každej z nich, podmienená uložením jednotlivých častíc vrstvy.

Metodike výpočtu filtračnej anizotropie v podmienkach neustáleného a ustáleného prúdenia sa venoval rad autorov. Nedostatkom mnohých však je schematický prístup k posudzovaniu filtračnej anizotropie a vrstvovej heterogenity. Riešenie otázok anizotropie a vrstvovej heterogenity je aktuálne v súčasnej

* RNDr. Dušan Jalč — RNDr. Peter Némethy, IGHP, n. p., Geologická ulica 18, 834 37 Bratislava.

prieskumnej praxi. Nie menej dôležitá je aj otázka navrhovania, vykonávania a nákladnosti prieskumných prác v takýchto zvodnených vrstvách.

V príspevku uvádzame výsledky z interpretácie čerpacích skúšok modelovaním na počítači metódou sietí v podmienkach zvodneného vrstvomého prostredia, ktorú navrhol I. Mucha (1977). Aplikovali sme ju pri riešení a overovaní filtračnej anizotropie a vrstvovej heterogenity vo vrstvách riečnych náplavov Váhu medzi Selicami a Zemným. Na tomto príklade opíšeme použitie metódy, získané výsledky a poznatky. Prednosťou metódy je okrem nenáročnosti a rýchlosti prác v rámci možnosti jestvujúcej prieskumnej techniky aj komplexnejší prístup pri zvažovaní informácií z prieskumných prác (hmotná dokumentácia, granulometrické analýzy, čerpace skúšky, reometrické merania atď.), pri hodnotení skutočných prírodných pomerov a overovaní hodnôt ich filtračnej anizotropie a heterogenity.

Hydrogeologické pomery lokalít

Metódu sme aplikovali pri hodnotení hydrogeologických pomerov poriečnej nivy Váhu pri Seliciach, Komoči a Zemnom ako podklad pre voľbu najvhodnejšieho umiestnenia navrhovaného riečneho energetického stupňa.

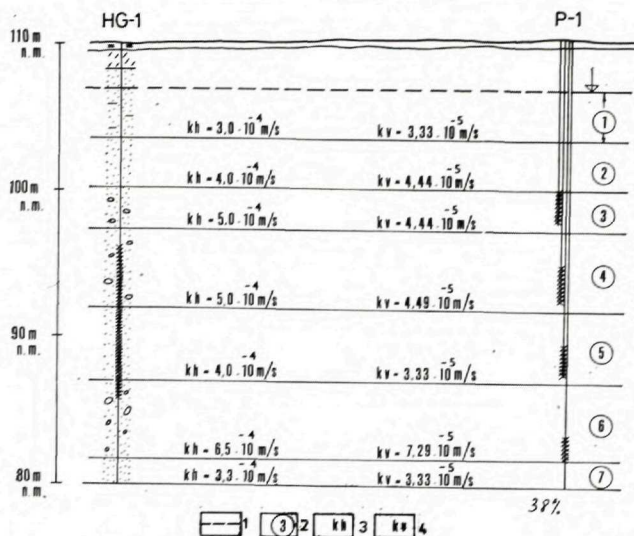
Hydrogeologickou tepnou územia je rieka Váh. Dôležitým faktorom, ktorý ovplyvnil vývoj hydrogeologických pomerov širšieho územia, je tektonická činnosť, ktorá podmienila syngenetické uloženie vážskych sedimentov na podložné limnické sedimenty levantu. Rieka Váh je určujúcim dynamickým činiteľom pri tvorbe režimu podzemnej vody v jej pririečnom území. Jeho charakteristickým znakom je, že veľkosť rozkvyv hladiny podzemnej vody a zotrvanie na určitej výške závisí od oscilácie hladiny Váhu. Vplyv podielu zrážkových úhrnov v tomto území je podradný a viaže sa na koniec zimného polroka hydrologických rokov. Využívanie vážskej vody na energetické účely v hornom a strednom toku ovplyvňuje prírodné hydrodynamické pomery pririečnej zóny. Prevádzkou vodných diel sa mení prietochné množstvo na Váhu prevažne v dňových intervaloch. Prevláda ovplyvnený režim infiltrujúcej vody do pririečného územia a opätovné vyprázdňovanie zvodnenej vrstvy medzi špičkami energetických stupňov, ale mení sa aj vodnosť toku v dlhšom období. Výsledkom pôsobnosti prírodných a umelých činiteľov je laterálny prúd podzemnej vody s voľnou hladinou pohybujúci sa generálnym smerom od SSZ na JJV.

Kolektorom podzemnej vody s voľnou hladinou sú fluválne a limnické sedimenty pririečnej zóny. Tvoria ich prevažne jemné a strednozrné rovnozrné piesky. Veľmi časté sú polohy silne zaílovaného piesku, vložky a šošovky piesčitého ílu a ílu. Litologické rozhranie medzi typickými vážskymi a limnickými sedimentmi je v dôsledku obdobného litologického charakteru makroskopicky nerozlíšiteľné. Obidva sú súčasťou jedného kolektora podzemnej vody, ktorého mocnosť je 60 až 100 m. Zvodnený komplex sa vyznačuje značnou vrstvomou heterogenitou a anizotropiou.

Metodika hodnotenia prieskumných prác

Filtračné parametre zvodnenej vrstvy na skúmaných lokalitách overil 1 čerpací vrt, 1 piezometrický vrt so 4 zabudovanými úrovňami doplnenými 4—6 plytkými pozorovacími objektmi na 1 smerovom lúči. Z čerpacej skúšky nameraných údajov na pozorovacích objektoch, spresnených priebežnými reometrickými meraniami na určenie prítoku vody a jeho rozloženia v perforovanej časti vrtu, sa vypočíta koeficient filtrácie, prietochnosti a anizotropie.

Metóda modelovania čerpacích skúšok podľa programu I. Muchu (1977) umožňuje zahrnúť aj vrstvomou heterogenitu a aspoň v hrubých črtách ju odlišiť



Obr. 1. Vrstvová schematizácia zvodnenej vrstvy pre modelovanie na lokalite Komoča

Vysvetlivky: 1 — hladina podzemnej vody, 2 — číslo vrstvy, 3 — koeficient filtrácie v horizontálnom smere, 4 — koeficient filtrácie vo vertikálnom smere

od anizotropie. Modelovanie sa zakladá na princípe dvojrozsmernej odporovo-kapacitnej siete v cylindrických súradniciach, v ktorých čerpací vrt prechádza ich osou. Pozorovacie vrty so zabudovanými piezometrami v rozličnej hĺbke sú v uzloch siete. Východiskové podklady na modelovanie sa získavajú z makroskopického a laboratórneho hodnotenia prevírtaných hornín, z čerpacjej skúšky a priebežnou registráciou hladiny podzemnej vody v pozorovacích objektoch a reometrovania v čerpacom vrte.

Podľa princípov tejto metódy sa zvodnená vrstva záujmových lokalít rozčlenila na vrstvy podľa overených litologických a úložných pomerov, kriviek zrnitosti odobratých vzoriek a reometrovania s uvažovaním nameraných zmien tlaku na pozorovacích objektoch zodpovedajúcich úrovni charakteristických vrstiev. V uzle výpočtovej siete, ktorý pripadá na Váh, sa zadalo $H = \text{konšt.}$ Vlastný výpočet prebieha tak, že sa pre jednotlivé vrstvy určí hodnota koeficienta filtrácie v horizontálnom smere, vertikálnom smere, storativita, koeficient anizotropie a čerpané množstvo vody a postupným približovaním sa hľadajú také zníženia, ktoré boli namerané pri čerpacjej skúške v prírode. Približovanie sa robí korektúrou zadaných vstupných hodnôt v modeli.

Výsledky prieskumných prác

Hydrogeologický prieskum sa realizoval na všetkých záujmových lokalitách rovnakou metódou. Pre názornosť ilustrujeme schematické rozdelenie zvodnenej vrstvy a umiestnenie filtra čerpacieho a pozorovacieho vrtu na obrázku lokalitou Komoča. V tab. 1 sú koeficienty filtrácie v horizontálnom i vertikálnom smere pre každú vrstvu získané modelovaním.

Vierohodnosť takto získaných údajov podľa uvedenej metódy sa overovala podľa výpočtových schém Jacoba a Bakuškina (vzorce 3.1 a 3.2), a to porovnateľné hodnoty koeficienta prietochnosti T a koeficienta filtrácie k_h , predstavujúce priemernú hodnotu pre celú hrúbku zvodnenej vrstvy

$$T = 0,1832 \frac{Q (\log t_2 - \log t_1)}{\Delta s} \quad (3.1)$$

$$k_h = \frac{0,16 Q}{1 s} \operatorname{arsh} \frac{1}{r} \quad (3.2)$$

Tab. 1

Číslo vrst.	Hĺbka od terénu (m)	Hrúbka vrstvy (m)	k_h (m/s)	k_v $3,33 \cdot 10^{-5}$
1	3,0 — 6,4	3,4	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$3,33 \cdot 10^{-5}$
2	6,4 — 9,8	3,4	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,44 \cdot 10^{-5}$
3	9,8 — 12,6	2,8	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$4,44 \cdot 10^{-5}$
4	12,6 — 18,0	5,4	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$4,44 \cdot 10^{-5}$
5	18,0 — 23,0	5,0	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,44 \cdot 10^{-5}$
6	23,0 — 28,4	5,4	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$7,22 \cdot 10^{-5}$
7	28,4 — 33,8	5,4	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$3,33 \cdot 10^{-5}$

Tab. 2

	T (m ² /s)	$\varnothing k_h$ (m/s)	$\varnothing k_v$ (m/s)	λ
Selice				
modelovanie	$2,97 \cdot 10^{-3}$	$8,49 \cdot 10^{-5}$	$5,49 \cdot 10^{-6}$	15,5
vzorec (3.1)	$3,28 \cdot 10^{-3}$			
vzorec (3.2)		$8,53 \cdot 10^{-5}$		
K o m o č a				
modelovanie	$1,36 \cdot 10^{-2}$	$4,42 \cdot 10^{-4}$	$4,13 \cdot 10^{-5}$	10,7
vzorec (3.1)	$3,81 \cdot 10^{-2}$			
vzorec (3.2)		$4,33 \cdot 10^{-4}$		
Z e m n é — N e d e d				
modelovanie	$2,97 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-4}$	$2,18 \cdot 10^{-6}$	58,7
vzorec (3.1)	$5,85 \cdot 10^{-3}$			
vzorec (3.2)		$6,05 \cdot 10^{-5}$		

Použité symboly

- T — koeficient prietochnosti v m^2/s
 k_h — koeficient filtrácie v horizontálnom smere v m/s
 k_v — koeficient filtrácie vo vertikálnom smere v m/s
 λ — koeficient filtračnej anizotropie
 t_1, t_2 — čas v s
 l — prírastok zníženia v m
 Δs — aktívna dĺžka filtra v m
 r — vzdialenosť pozorovacieho vrtu od čerpaceho v m

Priemerné filtračné charakteristiky zo všetkých troch lokalít získané tromi spôsobmi uvádza tab. 2.

Hodnota k_h zo vzorca 3.2 je vypočítaná pre krátky filter za predpokladu veľkej hĺbky nepriepustného podložia. Výsledky na lokalitách Komoča a Zemné—Neded poukazujú na to, že podložie je vo väčšej hĺbke, ako sa predpokladalo pri zostavovaní modelu.

Záver

Príspevok poukázal na možnosť overiť vypočítané parametre modelovaním čerpacej skúšky a získať ďalšie parametre, ako koeficient filtrácie vo vertikálnom smere, príp. anizotropie. Výhodou opísaného spôsobu hodnotenia výsledkov čerpacej skúšky je, že umožňuje odlíšiť vrstvomú heterogenitu od anizotropie, čo pri doterajších postupoch nebolo možné. Tento fakt má praktický význam v hydrotechnickom staviteľstve a vodohospodárskej praxi, najmä pri navrhovaní umiestnenia filtrových častí studní na zásobovanie pitnou vodou.

Doručené 15.4. 1977
Odporučil P. Bujalka

LITERATÚRA

- Altovskij, M. E. 1962: Spravočnik godrogeologa. Moskva, 586 s.
Hálek, V. — Švec, J. 1973: Hydraulika podzemní vody. Praha, Academia, 375 s.
Mucha, I. et al. 1974: Metódy hydrogeologického výskumu. Skriptum. Bratislava.
Mucha, I. — Banský, V. 1975: Hydrogeologický prieskum anizotropného prostredia a výpočet využiteľných zásob. Sbor. predn. Výpočty využ. množství podz. vod, Brno.
Mucha, I. 1977: Modelovanie ustáleného a neustáleného prúdenia podzemnej vody k studni metódou sietí na číslicových počítačoch. Mineralia slov. (v tlači).
Vadovič, I. 1976: Vodné dielo Komoča — inž.-geol. a hydrogeologický prieskum. Manuskript — IGHP Bratislava.

An example of pumping test interpretation by stimulation on a model

DUŠAN JALČ — PETER NÉMETHY

The presented paper gives the results from the application of the method of detecting the filtration coefficient of anisotropy by modelling a pumping

test in cylindrical coordinates. Its priority in evaluating the pumping tests is in the possibility of distinguishing the strata heterogeneity from anisotropy which was not possible in recent methods. The solution is made by computer modelling. It is based on the principle of a two-dimensional resistance-capacity grid in cylindrical coordinates where the pumping well passes through their axis and observation wells are in the grid nodes. The output data for modelling are taken from current results of the investigation works. The calculation proper takes place by giving individual strata the filtration coefficient values in horizontal and vertical direction, storativity and anisotropy, pumped amount and by gradual approach such drawdowns in the model are looked for that were measured in field pumping test.

This method was applied in 3 localities of the near Váh river zone. By comparing the average values of k_h and T obtained by this method with the classical methods it was found that the results obtained by modelling are real and applicable in practice.

Preložil E. Bleho