

多層帯水層地盤における浸透特性の算定法

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
岡山大学工学部 正会員 ○竹下 祐二
岡山大学大学院 学生会員 千々松正和

1. はじめに

大深度地下空間利用等を目的とした地盤掘削工事においては、複数の帯水層を貫通した施工がなされるために、各帯水層の浸透特性の把握が必要となる。浸透特性の原位置試験法として揚水試験がよく用いられるが、多層帯水層地盤において揚水試験を実施する場合、複数の帯水層を貫通した揚水井を用いると、各帯水層から揚水される流量の計測に問題があり、Jacob法等による従来の解析手法では各帯水層の浸透特性を独立に算定することは困難である。そこで、本文では2層の帯水層を貫通した1本の揚水井による揚水試験を実施し、各帯水層の水位低下挙動の計測結果から各層の浸透特性を簡便に算定する方法を提案する。

2. 各層の浸透特性の算定法

2.1 各帯水層の水位低下挙動

図1に示すような介在粘土層の存在しない2層構造の被圧帯水層地盤において完全貫入井により揚水試験を実施した場合、Javandelらも報告しているように各層の浸透特性の差に関わらず揚水開始後ある程度時間が経過すれば2層の水位低下挙動は一致する¹⁾。このモデルに対して数値解析により得られた数値低下データを図2に整理し2層の水位低下挙動が一致した後の直線部分にJacob法を適用すると、得られる浸透特性は式(1)(2)に示す全層の平均的な浸透特性(T、S)である。

$$T = T_1 + T_2 \quad (1) \quad S = S_1 + S_2 \quad (2)$$

2.2 各帯水層における浸透特性の算定法

1) 全層の平均的な浸透特性T、Sを用いて次式より水位低下(s)、時間(t)をそれぞれ無次元水位低下(s_D)、無次元時間(t_D)に無次元化する。

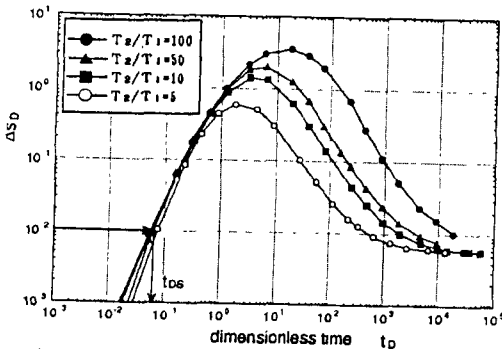


図3 2層の透水量係数の比が無次元水位低下の差におよぼす影響 (S₂/S₁ = 1.0)

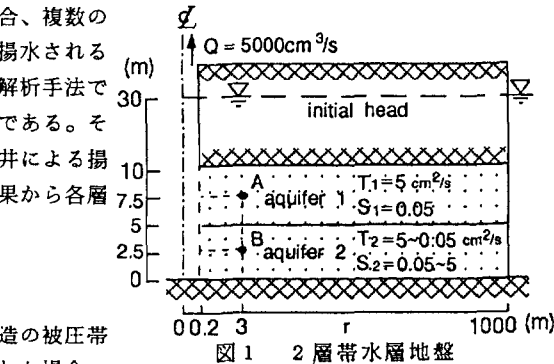


図1 2層帯水層地盤

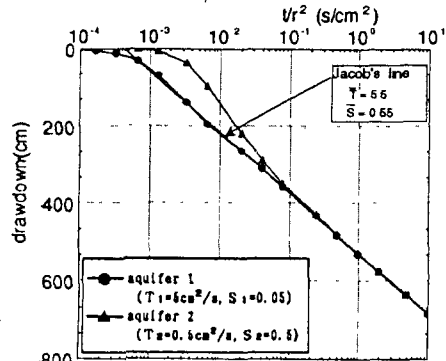


図2 Jacob法による揚水試験結果の解析

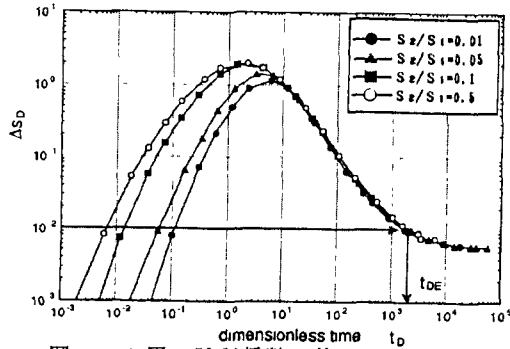


図4 2層の貯留係数の比が無次元水位低下の差におよぼす影響 (T₂/T₁ = 0.1)

$$s_D = \frac{S}{Q/4\pi T} \quad (3) \quad t_D = \frac{T}{S} \frac{t}{r^2} \quad (4)$$

- 2) 2層の無次元水位低下量をそれぞれ s_{D1} , s_{D2} とし、その差 (Δs_D) を次式より計算する。

$$\Delta s_D = |s_{D1} - s_{D2}| \quad (5)$$

2層の透水量係数、および、貯留係数の比を変化させた場合の揚水試験結果を数値解析により算出し Δs_D と t_D の関係を両対数紙上に整理した結果をそれぞれ図3、4に示す。これらの図より水位低下の差が生じる無次元時間 (t_{DS}) は、2層の貯留係数の比のみに、また、水位低下の一致する無次元時間 (t_{DE}) は、2層の透水量係数の比のみに支配されることがわかる。よって、2層の貯留係数の比と t_{DS} の関係、および透水量係数の比と t_{DE} の関係としてそれぞれ図5、図6が得られる。この際、 t_{DS} , t_{DE} として $\Delta s_D = 0.01$ となる無次元時間を用いた。 Δs_D が 0.01 となるときの実際の水位低下の差は、本文で用いた全てのケースにおいて 1 cm 以下となる値であり、現場計測の精度上、2層の水位低下が一致したとみなせる値であると考えられる。

- 3) 各帯水層において計測された水位低下挙動を $\log(\Delta s_D) \sim \log(t_D)$ で整理し、 t_{DS} , t_{DE} を決定することにより、図5、図6から各層の浸透特性の比が求まる。よって次式より各層の浸透特性を得ることができる。

$$T_1 = \frac{T}{1+\alpha} \quad (6) \quad T_2 = \frac{T}{1+1/\alpha} \quad (7)$$

$$S_1 = \frac{S}{1+\beta} \quad (8) \quad S_2 = \frac{S}{1+1/\beta} \quad (9)$$

ここに、 $\alpha = T_2/T_1$, $\beta = S_2/S_1$ である。

2.3 シミュレーションモデルによる検証

図7に示す揚水試験条件を考え、数値解析によって得られた観測点(A、B点)における水位低下量の経時変化データに対して本解析方法により各帯水層の浸透特性の算定を行った結果、表1に示す値を得た。

3. おわりに

今後は、より多層の帯水層地盤、介在粘土層の存在する地盤についても本解析手法の拡張を試み、実際の地盤における揚水試験結果についても検討を行う予定である。

<参考文献>1) Javandel, I. and Witherspoon, P. A. (1969):

"A Method of Analyzing Transient Fluid Flow in Multilayered Aquifers.", Water Res. Res., Vol. 5, No. 4, pp. 856~869.

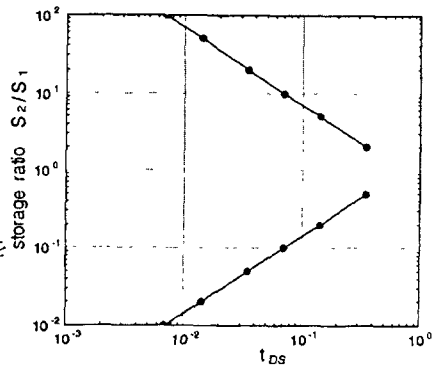


図5 貯留係数の比と水位低下の始まる無次元時間との関係

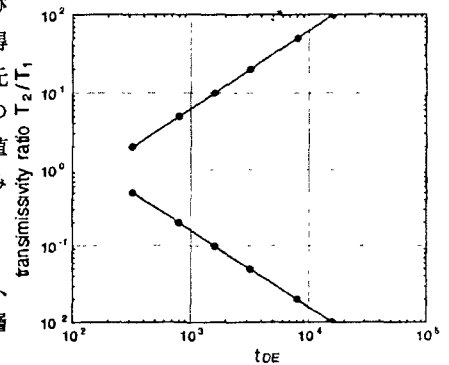


図6 透水量係数の比と水位低下の一致する無次元時間との関係

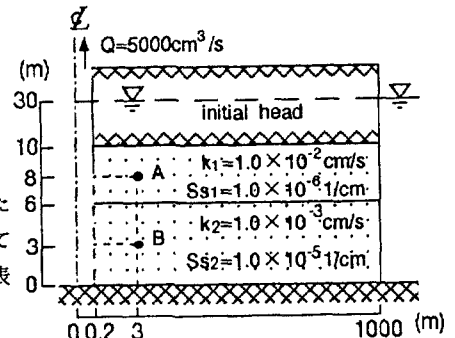


図7 2層帯水層地盤

表1 算定結果

	真値	算定値	誤差(%)
T_1 (cm ² /s)	4.0	3.97	0.8
S_1	4.0×10^{-4}	4.23×10^{-4}	5.8
T_2 (cm ² /s)	0.6	0.63	5.0
S_2	6.0×10^{-3}	5.97×10^{-3}	0.5