

揚水試験解析における影響圏と帯水層厚さの算定に関する考察

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
 京 都 府 井上 貴之

1. はじめに

地下水の挙動を定量的に把握するためには、地盤の帯水層定数（透水係数、貯留係数等）のみならず、境界条件として、影響圏および帯水層厚さの決定が極めて重要となる。従来、帯水層定数の決定手法として揚水試験がよく用いられているが、この試験法は、その水位低下曲線の形状により、水理地質条件をも含めた帯水層の特徴を把握する役割をも持つ有効な方法である。筆者らは、揚水試験結果の解析手法として逆解析手法を提案し、従来、解析が困難とされていた複雑な試験条件下における帯水層定数の算定を試みている¹⁾。

しかし、この手法では、境界条件としての影響圏および帯水層厚さは既知条件として取り扱っていた。そこで、本文では、揚水試験の持つこの特徴を利用して、揚水試験結果から帯水層定数のみならず、影響圏および帯水層厚さを算定する手法として逆解析法を用いた解析手法を検討し、被圧帯水層地盤への適用性を吟味した。

2. 影響圏の算定

影響圏とは、地下水位が揚水による影響を受ける範囲を示すもので、水位低下量、揚水時間、透水係数などに定性的に比例することが知られているが、明瞭な関係は認められていない。通常、長時間揚水後に認められる平衡状態から、水位低下量(s)と揚水井からの距離($\log r$)のグラフを描き、その直線が $s=0$ 軸と交わる距離 r を持ってその揚水試験条件（揚水量および揚水時間）での影響圏とすることが多い。図-1に示す影響圏の異なる3Caseのモデル地盤について浸透解析を行い、点Aの水位低下曲線を図-2に、時間 $t_1 \sim t_5$ における $s-\log r$ 曲線を図-3に示す。揚水開始後 $t < 10^4 \text{ sec}$ 程度の時間範囲では、水位挙動は影響圏の大きさに無関係に同一過程をたどる。したがって、この範囲でのデータを用いれば、影響圏が未知の条件でも帯水層定数の決定が行える。このときの影響圏の大きさ R は、水位回復データを逆解析法にてシミュレートし、最適な R の値を決定することにより求めた。図-2中のパターンI、IIについて影響圏を求めた結果を表-1に示す。（ R の真値は図-2よりそれぞれ55m, 75mとした。）

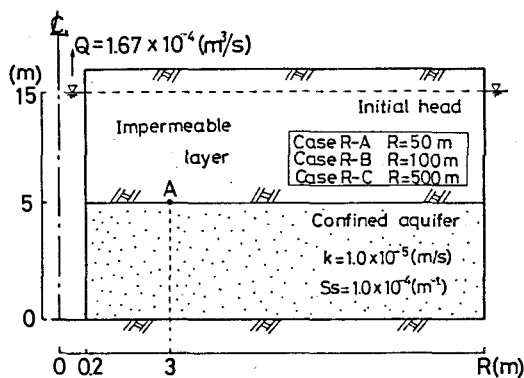


図-1 完全貫入井モデル図

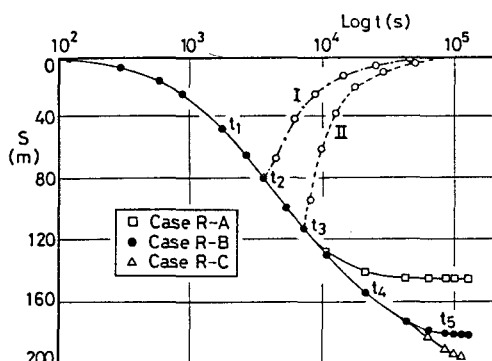


図-2 水位低下曲線

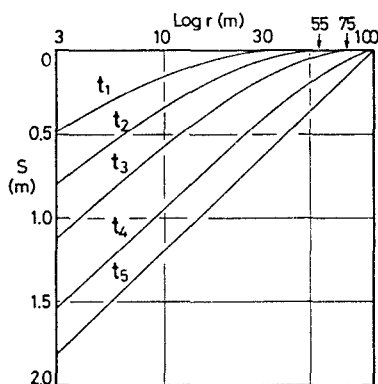


図-3 $s-\log r$ 曲線

3. 帯水層厚さの推定法

帯水層厚さは、一般にボーリング柱状図より推定することが多い。しかし、帯水層が厚い場合には明確な不透水層を確認できず、帯水層厚さの算定が困難な場合が生じる。不完全貫入井戸を用いた揚水試験結果から帯水層厚さを推定する手法は、Hantush²⁾、西垣³⁾らによって種々の方法が提案されている。ここでは、逆解析手法によりシステマティックに算定する手法を検討する。解析は、演算時間と解の収束性を考え、次の2Stepに分けて行う。

1) Step 1 : Hantush²⁾によれば、式(1)なる揚水試験の初期時間において、水位低下量 s は式(2)で表される。

$$t < \frac{L^2 Ss}{20k} \quad (1) \quad s = \frac{Q}{4\pi k L} W(u) \quad (2)$$

ここに、

t : 揚水時間(s)、 L : 揚水井のストレーナ長(cm)、
 Ss : 比貯留係数(cm^{-1})、 k : 透水係数(cm/s)、
 Q : 揚水流量(cm^3/s)、 $W(u)$: 井戸関数

式(2)より揚水試験の初期における水位低下量は帯水層厚さに無関係でストレーナ長 L に影響を受けることになる。そこで、Step1 では、ストレーナ長 L なる揚水井が完全貫入した地盤条件を想定した地盤モデルを用い、初期の水位低下データを用いて逆解析法により k 、 Ss の値を求める。この際、式(1)を満足する初期データのみを用いることは困難であるため、ここで得られた k 、 Ss は、概略値として、Step2での初期値として考える。

2) Step 2 : 帯水層厚 D を求めるために、要素分割図を移動させながら最適な D 、 k 、 Ss を求める。

図-4に示す帯水層厚の異なる2Caseのモデル地盤に

ついて得られた水位低下曲線を図-5(図中の添え字1,2は各Stepにて用いたデータ)に示す。得られた推定結果を表-2に示す。

4. おわりに

ここで示した手法は、揚水試験結果から地下水流動に影響する影響圏および帯水層厚さが得られるために、地下水解析上有効であると考えられる。

《参考文献》 1)河野・西垣・竹下・福住(1987):多層帯水層地盤における揚水試験の解析手法,「第22回土質工学研究発表会」, pp.1579-1580. 2) Hantush, M. S. (1962): "Aquifer tests on partially penetrating wells," Trans. of ASCE, Vol. 127, pp. 284-308. 3)西垣・進士(1986):不完全貫入井による揚水試験結果からの被圧帯水層厚の算定法,「土質工学会論文報告集」, Vol. 26, No. 4, pp. 197-204.

表-1 影響圏の推定結果

Case	計算回数	S (cm2)	R推定値 (m)	誤差 (%)	k 推定値 (cm/s)	誤差 (%)	Ss 推定値 (1/cm)	誤差 (%)
I	3	5.06	50.95	7.36	9.847×10^{-4}	1.53	9.973×10^{-7}	0.27
II	4	0.80	72.42	3.44				

S: 最大残差平方値

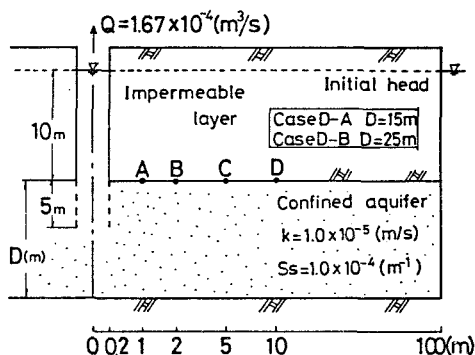


図-4 不完全貫入井モデル図

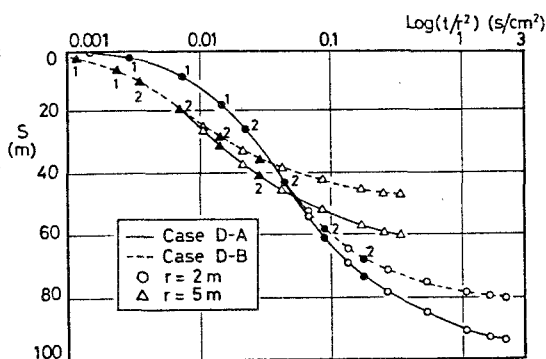


図-5 水位低下曲線

表-2 帯水層厚の推定結果

Case	計算回数	S (cm2)	D推定値 (m)	誤差 (%)	k 推定値 (cm/s)	誤差 (%)	Ss 推定値 (1/cm)	誤差 (%)
D-A	6	0.72	15.85	5.70	9.955×10^{-4}	0.45	9.984×10^{-7}	0.16
D-B	5	1.34	25.83	3.32	9.849×10^{-4}	1.51	1.029×10^{-6}	2.89

S: 最大残差平方値