

揚水試験による水理地盤定数の検討

宮崎大学工学部 正 員 杉尾 哲
学生員 ○野見山隆二

1、まえがき

自由地下水面を有する地下水流を飽和理論で解析する場合、自由水面の時間変動に関わるパラメータとして、貯留係数（有効空隙率）が使われる。この貯留係数の決定法としては、井戸理論を用いて揚水試験結果より算出する方法が一般に用いられるが、算出された値は期待される値よりもオーダー的に小さい値となっていることが知られている。そこで揚水試験の評価についての検討を行うことを目的として、模型実験による解析を行った。

2、実験結果および実験方法

図-1に示すような中心角 30° の三角形水槽の一部に砂を充填して実験を行った。中心から1.4cmの位置と180.7cmの位置を金網で仕切り、その外側を貯水部とした。また砂層の中には直径7mm程度に丸めた金網を水槽壁面に表-1に示す間隔で垂直に立てて、それぞれをマノメータに導いて水面の変動を観測できるようにした。実験砂は平均粒径 $d_s=0.76\text{mm}$ 、比重2.62の熊本産珪砂を用いた。この粒度分布を図-2に示す。水槽内の空隙率を総重量から求めると37.3%であった。

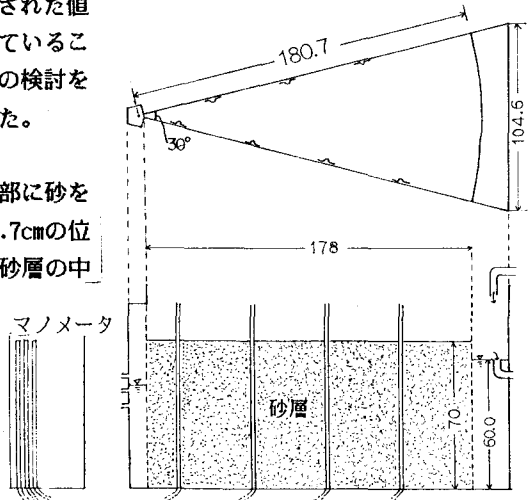


図-1

表-1 中心から観測点までの距離

r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
cm	2.7	5.7	7.7	17.7	27.7	37.7	52.7	67.7	87.7	107.7	132.7	180.7

透水係数の値は、水位を一定にした定常状態と、揚水量を一定にした非定常状態の2種類の水位を測定して決定し、貯留係数の値は水槽内の水位を低下させて定常状態になるまでに出てくる全排水量と、揚水量を一定にした非定常状態の水位を測定して決定した。ここに貯留係数とは、平面二次元地下水を考えたとき単位水平断面を有する鉛直土柱において、単位地下水位の変化が起きたときに生ずる貯留水の変化量の絶対値と定義でき、土柱内の貯留水の増減量を表すものである。揚水試験はハンディーポンプ(HP-50)を用い、実験時にマノメータの変動をビデオ撮影しておいて実験後に読みとった。

3、実験結果および考察

表-2

種々の方法で決定した透水係数および貯留係数の値は表-2のとおりである。透水係数は定常と非定常で一致しているが、貯留係数は非定常の値が全体的に大きめの値が得られている。

	透水係数 (k) cm/sec				貯留係数 (S) %				
	1	2	3	平均	1	2	3	4	平均
定常	1.015	0.872	0.946	0.944	33.93	36.12	34.94	34.06	34.76
非定常	Q	1.277 $\frac{1}{s}$	0.958 $\frac{1}{s}$		Q	1.277 $\frac{1}{s}$	0.958 $\frac{1}{s}$		
	Jacob	0.974	0.930		Jacob	43.4		55.5	
	安藤	1.031	1.029		安藤	45.6		50.1	
	Theis	0.856	0.947		Theis	51.4		56.4	

図-2 粒径加積曲線

観測井N0.8~12 は水位変動が少ないのでN0.2~7の結果を用いて解析を行った。まず Jacobの方法は、観測値を図-3の様に片対数グラフ上にプロットして k (透水係数)、 S (貯留係数) を決定するものであるが、一般にはプロットした点は揚水時間がある程度大きくなると直線にならぶ。この直線部分の一つの対数サイクルの s (水位低下量) の差 s_0 と、この直線の延長が横軸と交わる点の $(t/r^2)_0$ の値を式-1に代入すると求められる。

$$k = 2.30Q / 4\pi s_0 H \quad \uparrow$$

$$S = 2.25kH(t/r^2)_0 \quad \downarrow \dots\dots 1$$

図-3は N0.2の、図-4はN0.6の測定値を用いて観測井ごとにプロットしたものである。図のように直線を描くことができるが観測井によってその傾きと位置が異なる。これらの直線から k , S を求めると図中の値になり、特に S の値に10倍ほどの大きな違いが表れることが分かる。定常状態の水位で算定した k , 排水量から求めた S は表-2のとおりであり、図-4の方が近い値を与えることがわかる。図-5はN0.2~N0.7の測定値を全てプロットしたものである。これらの測定値に共通な直線を描くのはかなり無理があるが、N0.4~N0.7のそれぞれの測定曲線が接するように描くと図-4とほぼ同じ曲線が得られ図-5のようになる。図-6は水位低下量 s の代わりに非線形解の安藤式による $s^* (= s - s^2/2H)$ を用いてプロットしたものであり、図-5に比べて直線の傾きがやや緩やかになる。解析結果は図中の値になり Jacobの方法に比べて k がやや大きめの値を与える程度である。図-7は Theisの方法で N0.7の測定値をプロットしたもので、図のように井戸関数 $W(\lambda) \sim \lambda$ を描いた標準曲線との合致点の s , r^2/t , $W(\lambda)$, λ の値を式-2に代入すると求められる。

$$k = (Q / 4\pi s H) W(\lambda) \quad \uparrow$$

$$S = 4kHt\lambda / r^2 \quad \downarrow \dots\dots 2$$

この方法で解析しても、Jacobの方法と同様に各観測井ごとに算定結果は異なり、上記と同様の傾向を示す。

以上の結果から自由地下水面の場合の揚水試験結果は、観測井の位置によって異なった値を示すこと、および解析に関しては複数の観測井の測定値を用いなければならないと言える。

4、最後に

今後は実験砂を代えて実験を行う予定である。また不飽和解析を行って、その結果も含めて検討していく予定である。

参考文献

(1)松尾、河野「地下水位低下工法」鹿島出版会、1979。(2)安藤「不圧地下水における井戸揚水の非平衡理論に関する研究」日本地下水学会誌、vol.20,no.3,1978.

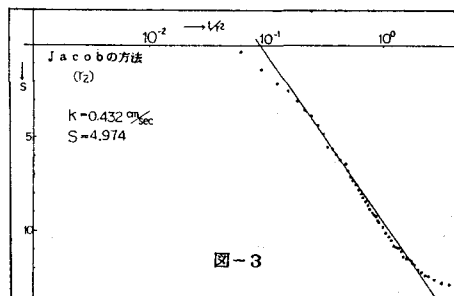


図-3

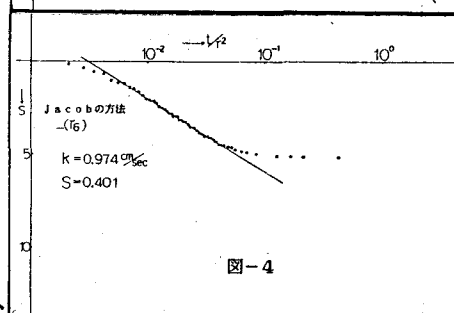


図-4

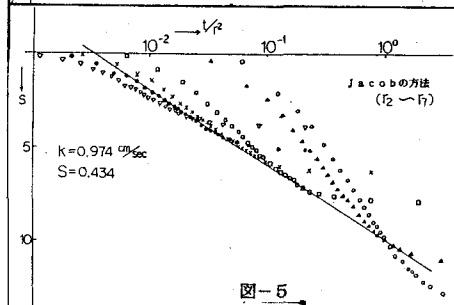


図-5

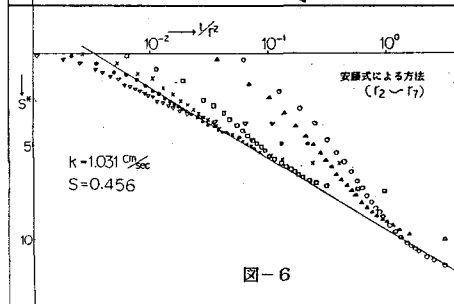


図-6

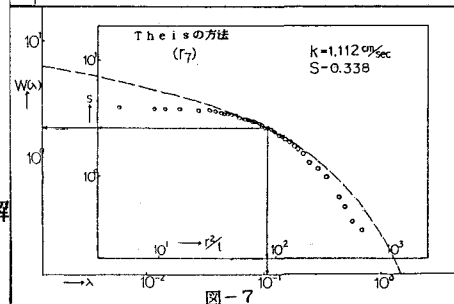


図-7