

室内揚水試験による浸透特性値の検討

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

井戸公式は均質地盤について誘導されたもので、これを用いることによって浸透地盤の透水係数と貯留係数が、揚水試験によって決定されている。しかし、現実には地盤が多層地盤であっても、その構成を無視して揚水試験結果から浸透特性が決定されることが多い。今回は、多層地盤での揚水実験を行って、どのような値が算出されるかを検討した。

2. 実験装置と実験方法

図-1に示すように、透明な塩化ビニル板製で中心角30°の三角形水槽を使用した。中心から2.7cmの位置と180.7cmの位置を金網で仕切り、その内側に実験砂を充填して浸透部とし、その両側を貯水部とした。また水槽の壁面には、直径7mm程度に丸めた金網を表-1に示す間隔で垂直に立て、これを観測井とし圧力変換器につないだ。

実験方法は、初期水面を60cmに設定し、下流側の貯水部には直径約1cmのビニールホースを入れ、それをハンディーポンプ(Hp-50)につないで揚水して、経時的な水頭低下量の変化を記録計に連続記録させた。

実験は、表-2に示すパターンでそれぞれ3回ずつ行った。また、実験砂の物性値を表-3に示す。

3. 実験結果および考察

透水係数 k 、貯留係数 S の算定には、以下の式を用いた。

④Jacob法

$$k = \frac{2.30Q}{4\pi H \Delta s}, \quad S = \frac{2.25kHt_0}{r^2}$$

ここに、 Δs は1サイクルにおける水頭低下量の差で、 t_0 は水頭低下量 $s=0$ における時刻

⑤Theis法

$$k = \frac{Q}{4\pi H s} \cdot W(u), \quad S = \frac{4kH\lambda t}{r^2}$$

ここに、 s は水頭低下量、 $W(u)$ は井戸関数

(1) 透水係数の検討

表-4に示すように、揚水井から遠ざかるごとに透水係数が大きくなっているのが分かる。これを全観測井で求めた値「全部」と比べると、 $r_7 \sim r_8$ の値と一致している。また平衡式による値「定常」と比べると、 $r_6 \sim r_7$ の値とほぼ一致している。したがって観測井の設定位置としては、 $r/H=0.6 \sim 1.2$ の範囲が理想であることが多層地盤についても言えると考えられる。

次に、式(1)より求めた値を表-5に示す。まず、パターンI・IVでは k_H 、 k_E とも「定常」

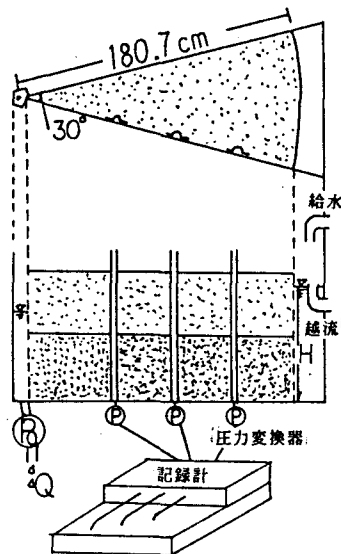


図-1 実験装置

表-1 井戸中心からの各距離

	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9	r_{10}
cm	27.7	37.7	52.7	67.7	87.7	107.7
r/H	0.46	0.63	0.88	1.13	1.46	1.80

表-2 実験パターンと各層厚(cm)

	名称	材質	上	中	下
I	二層地盤	上層-川砂、下層-珪砂	26.2	-	33.8
II	難透水性地盤	〃 中間層-しらす	23.0	1.2	〃
III	良透水性地盤	〃 中間層-玉砂利	23.6	2.5	〃
IV	二層地盤	上層-珪砂、下層-川砂	23.5	-	36.5
V	難透水性地盤	〃 中間層-しらす	22.7	1.2	〃
VI	良透水性地盤	〃 中間層-玉砂利	22.5	2.1	〃

表-3 実験砂の物性値

	珪砂	川砂	しらす	玉砂利
透水係数 k (cm/sec)	9.59E-1	2.53E-1	1.87E-4	1.69E+1
k 測定時の 空隙率(%)	37.30	33.79	54.69	46.47

$$k_H = \frac{k_1 D_1 + k_2 D_2 + k_3 D_3}{D_1 + D_2 + D_3}, \quad k_v = \frac{k_1 k_2 k_3 (D_1 + D_2 + D_3)}{k_2 k_3 D_1 + k_1 k_3 D_2 + k_1 k_2 D_3}, \quad k_E = \sqrt{K_H K_v} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 k_H は水平方向透水係数、 k_v は鉛直方向透水係数、 k_E は有効透水係数、 $D_1 \sim D_3$ は各層の厚さ

$$Q = \frac{\pi k_1 \{ (H-D)^2 - (h-D)^2 \}}{\ln(R/r)} + \frac{2\pi k_2 \cdot D' (H-h)}{\ln(R/r)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 k_1 、 k_2 は上層、下層の透水係数、 D 、 D' は難透水層の上面、下面の高さ、 R は影響半径の値とほぼ一致するが、それ以外のパターンでは

k_H だけしか一致しない。その理由として、パターンⅡ・Ⅴにおいては流れの方向は水平方向であり、しかも下層はほぼ被圧状態の流況になっており、流積としては下層が大きいことから、 k_H の値とほぼ一致すると考えられる。さらに、上層と下層の流れが中間層で分断されて互いに独立であると考えられるから、平衡式において上層には不圧式、中間層は無視し、下層には被圧式を適用すると式(2)に示す揚水量算定式が近似的に成立する。これを解くと、パターンⅡでは上層=0.226、下層=0.780、パターンⅤでは上層=0.820、下層=0.331(単位:cm/sec)となり、表-3の値とほぼ一致する。

次に、地盤構造から値を比較してみると、全体的に多層構造になるほど値が大きめに算定されている。これを検討するために、飽和-不飽和解析を行って水頭分布を求めた結果、次のようなことが分かった。パターンⅢ・Ⅵの場合、中間層でまとまった被圧の流れがあり、上下層の流れを軽減するから小さな水頭勾配で所定の水量を揚水できる結果、上層内の水面低下が小さくなったと考えられる。パターンⅡ・Ⅴでは、上下層で水頭分布が不連続で上層の水頭が下流側にシフトした分布になり、水面勾配は大きくなる。パターンⅠ・Ⅳでは以上のような要因はなく、他のパターンに比べて地下水面が大きく低下し、水面勾配も大きい。Jacob法からも明らかに、水面勾配が小さいほど透水係数が大きいから、このような水頭分布の違いが原因であると考えられる。

(2)貯留係数の検討

十分に経過した時間帯の測定値を用いて貯留係数を求めた。表-6、7にそれを示す。値は、透水係数とは逆に揚水井から遠ざかるごとに小さくなっている。また「全部」の値と比較するとほとんど $r_7 \sim r_8$ の値とほぼ一致している。次に、鉛直排水実験で珪砂=0.375、川砂=0.225という値が得られている。地下水面は上層部分で低下しているので、パターンⅠ～Ⅲは川砂の、またパターンⅣ～Ⅵは珪砂の貯留係数と比較すると、表-6、7の値は全体的に小さな値が算定されており、特にパターンⅡ・Ⅴの場合にその傾向が顕著であることが分かる。

参考文献;(1)野見山、杉尾:62年度西部支部、pp.202-203、(2)野見山、杉尾:63年度西部支部、pp.272-273

表-4 透水係数(Jacob法) :cm/sec

	I	II	III	IV	V	VI
r_5	0.412	0.546	0.677	0.441	—	—
r_6	0.507	0.681	0.761	0.507	0.585	1.295
r_7	0.600	0.734	0.936	0.551	0.679	1.594
r_8	0.701	0.994	1.230	—	0.851	2.197
r_9	0.930	1.319	1.491	0.942	1.113	2.544
r_{10}	1.152	1.751	1.950	1.287	1.392	3.453
全部	0.701	0.898	1.080	0.629	0.743	2.025
定常	0.550	0.608	0.780	0.480	0.548	1.146

表-5 平均透水係数 :cm/sec

	I	II	III	IV	V	VI
k_H	0.651	0.646	1.348	0.529	0.514	1.102
k_v	0.433	0.0092	0.456	0.355	0.0092	0.366
k_E	0.531	0.077	0.792	0.433	0.069	0.635

表-6 貯留係数(Jacob法)

	I	II	III	IV	V	VI
r_5	0.456	0.199	0.384	0.367	—	—
r_6	0.301	0.125	0.239	0.266	0.246	0.260
r_7	0.210	0.103	0.174	0.202	0.204	0.218
r_8	0.161	0.075	0.103	—	0.143	0.182
r_9	0.144	0.071	0.103	0.160	0.127	0.150
r_{10}	0.152	0.076	0.118	0.142	0.135	0.129
全部	0.153	0.121	0.126	0.188	0.163	0.187

表-7 貯留係数(Theis法)

	I	II	III	IV	V	VI
r_5	0.574	0.305	0.504	0.563	—	—
r_6	0.383	0.201	0.360	0.384	0.371	0.398
r_7	0.268	0.135	0.215	0.281	0.253	0.309
r_8	0.199	0.117	0.169	—	0.204	0.276
r_9	0.172	0.098	0.147	0.203	0.185	0.226
r_{10}	0.161	0.091	0.160	0.189	0.186	0.179
全部	0.188	0.131	0.216	0.233	0.206	0.297