

岐阜大学工学部 正員 ○ 宇野 尚雄
新宮高等学校 “ 新井 博
帝国建設コンサルタント “ 西本 玄己

揚水試験結果をJacob法で整理すると、水理境界条件や地盤帯水層条件により種々の水位低下のパターンが現われ、図-1や図-2の型が観察されている。^{1), 2)} これらの詳細は文献^{1), 2)}に譲るが、観測井の削孔の際の傾斜のため距離 r に誤差を生じて、図-1(b)型のものが現われることもある³⁾。

これらのパターンの中で理論的解釈が十分に与えられていないのが、図-1(c), (d)や図-2の型である。本報告はこれらを解明するために実施した数ケースの条件下の揚水試験の数値解析結果に基づく考察を述べる。

被圧帯水層(圧縮率 κ)の放射状地下水流は水平方向の r 座標、鉛直上向きを z 座標を用いると、連続式と運動式はそれぞれ次式で与えられる。

$$\kappa \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r U_r) - \frac{\partial U_z}{\partial z} \quad (1), \quad U_r = -k_r \left(\frac{\partial h}{\partial r} + 1 \right), \quad U_z = -k_z \frac{\partial h}{\partial z} \quad (2)$$

ここに k_r, k_z : r, z 方向透水係数, κ : 圧縮率
解析対象は揚水井半径 r_0 , 影響半径 $(R+r_0)$ の被圧帯水層で、層厚 6m (一層のとき) 及び上層 3.6m , 下層 2.4m (2層のとき) とした。 $R=23\text{m}$, $r_0=0.15\text{m}$ 及び 0.075m の島モデル⁴⁾に対して差分法により解析した。計算した数ケースの帯水層条件は表-1に示す。計算結果は図-3及び

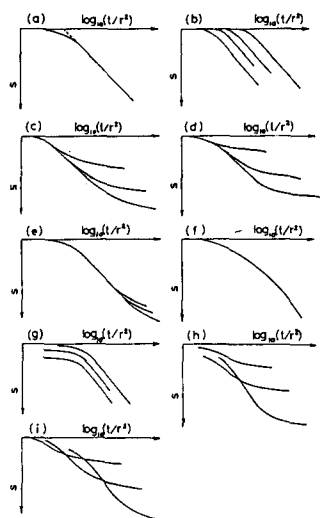


図-1 揚水試験における水位低下のパターン

表-1 帯水層条件

ケース	層	透水性	圧縮率	揚水流量	井戸半径
①-1	1層	等方性 $k_r = k_z = 10^{-4}$	$\kappa = 10^{-3}$	60	0.15
①-2	"	"	"	"	0.075
②	"	異方性 $k_r = 10k_z = 10^{-4}$	"	"	0.15
④	"	"	$\kappa = 10^{-4}$	"	"
⑤	2層	等方性 $k_{r1} = k_{r2} = k_z = 10^{-5}$ $k_{r1} = k_{r2} = 10^{-4}$	$\kappa = 10^{-3}$	"	"
⑦	"	等方性 $k_{r1} = k_{r2} = k_z = 10^{-4}$ $k_{r1} = k_{r2} = k_z = 10^{-5}$	"	定圧揚水	"

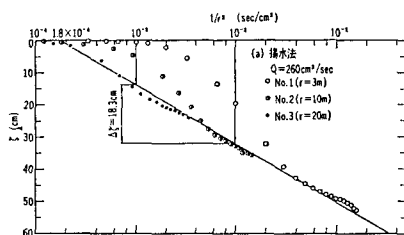


図-2 山内浄水場で観測された水位低下曲線

図-5から図-8に図示した。

図-4はケース①と⑦の(a)帯水層から揚水井への流入流量 Q と、(b)揚水井水位低下の経時変化と計算結果と数式解としてのJacob法の場合の条件を対比しつつ図示したものである。各図中の直線は表-1の与条件から推定されるJacobの直線であって、ケース①、ケース②、ケース⑤の各場合はほぼ与条件と位置に対応していることがわかる。しかしケース④やケース⑦の場合は容易には予想しがたい関係にある。

図-3は図-2の観測値の傾向に酷似していて、揚水井近傍でも初期の水位低下が遅く

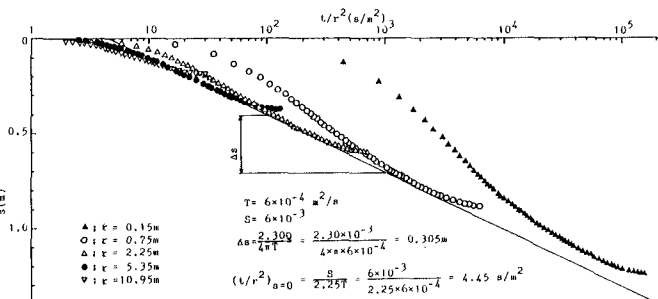


図-3(a) ケース①-1

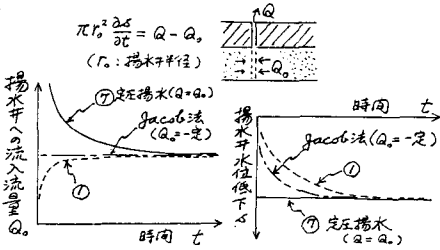


図-4 揚水井水位と揚水流量 Q 、流入流量 Q_0 の関係

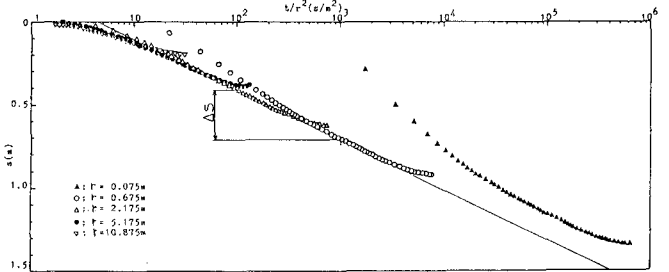


図-3(b) ケース①-2 の水位低下

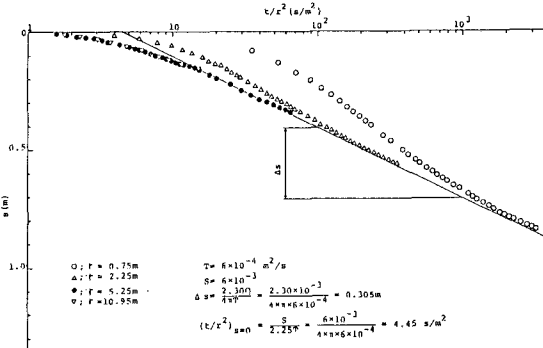


図-5 ケース② の水位低下

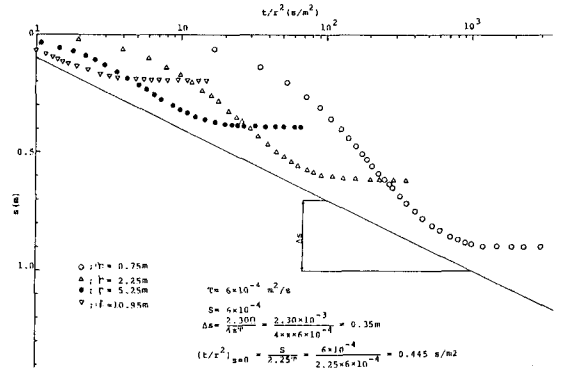


図-6 ケース④ の水位低下

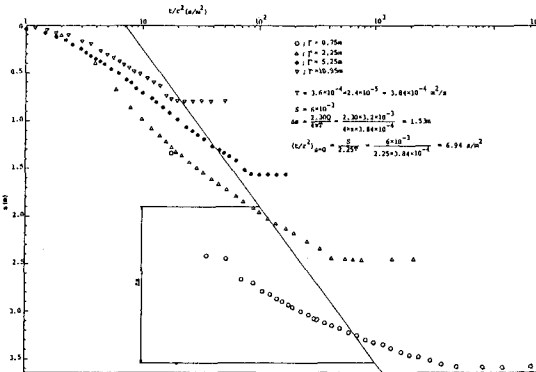


図-7 ケース⑦ の水位低下

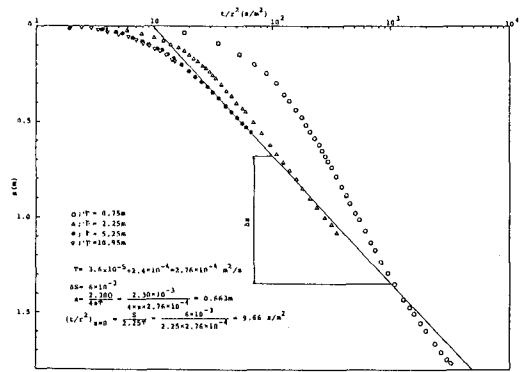


図-8 ケース⑤ の水位低下

る性状が特徴である。図-3(b)は $r_0=0.075\text{m}$ の小容量の揚水井の場合であるが、図-3(a)の $r_0=0.15\text{m}$ の場合に較べて、水位低下の遅れが少なく Jacob の直線により漸近している。これと図-7の定圧揚水試験結果を対比すると、定圧揚水では揚水井水位低下を強制的に与えるため定流量の Jacob 直線より早めに水位低下が生じている(ある時間経過後、水位低下が止まってくるのは境界水位を一定にしている条件:木理干渉によると解釈される)。これらの関係の説明するため、図-4に揚水流量と流入流量等の関係を描いてある。図-5と図-8は図-3に準じて解釈されるが水平方向の透水係数が変動的となっている。図-6のケース④は圧縮率を $1/10$ にして木理干渉を速くした帯水層定数の場合であるが、一定の境界水位による木理干渉が早期に現われ、図-1(R),(C)の型の水位低下を主すパターンとなっている。この場合 Jacob 直線の描き方に上記考察が反映される必要がある。

1) 宇野尚雄:揚水井試験における水位低下のパターン、岐阜大学研究報告, No.24, pp.13-23 (1974). 2) 赤井岩一:自由水面と地層水の揚水井試験に対する考察, 土と基礎, Vol.12, No.7, pp.15-19 (1964). 3) 岩崎好則ら:揚水井試験における観測井の配列について, 第12回土質工学研究発表会報告書, pp.917-920 (1977). 4) 赤井岩一:土木学会論文報告書, No.268, pp.91-99 (1977).