

多層滯水層からの揚水試験の数値解析

岐阜大学工学部 正会員。宇野尚雄
新宮高等学校 " 新井 博
岐阜大学工学部 学生員 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滯水層の条件により種々の水位低下のパターンが現われることが報告されている(宇野, 1974)。図-1 はそのまとめを示している。これらのうち観測井の掘孔の際の傾斜のため距離に誤差を生じるため、同図(b)型のものが現われることもある(岩崎ら, 1977)。一方、図-2 は京都市山内浄水場で観測されたもの(赤井・宇野, 1964)であり、類似した型は愛知県小牧市でも認められている。これらのパターンの中で図-1 (f), (i) や図-2 の型は理論的解釈が十分には与えられていない。

本報告はこれを解明するため、差分法による数値解析で得られた数ケースの揚水試験解析結果を示し、上記不明であった水位低下のパターンの理論的背景を述べるものである。

被滯水層(圧縮率 κ) の放射状地下水流は水平方向の r 座標、 z 軸(上向き正)とて連続の式、運動の式をとそれぞれ

$$\kappa \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r v_r) - \frac{\partial v_z}{\partial z} \quad (1)$$

$$v_z = -k_z \cdot \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right), \quad v_r = -k_r \cdot \frac{\partial h}{\partial r} \quad (2)$$

ここに k_z, k_r : z, r 方向の透水係数, h : 圧力水頭
で与えることができる。井戸半径 $r_0 = 0.15 \text{ m}$, 影響圏 $R = 23.15 \text{ m}$ の島モデルを考え、被

圧滯水層の層厚
6m(1層のみ), 2
層のとき上層3.6m,
下層2.4m とした。

表-1 計算したケースの帯水層条件

ケース		透水係数(%)	圧縮率(m^{-1})	揚水流量(l/min)
①	1層等方性	$k_r = k_z = 10^{-4}$	$\kappa = 10^{-3}$	$Q = 60$
②	"異方性	$k_r = 10, k_z = 10^{-4}$	"	"
③	" "	"	$\kappa = 10^{-4}$	"
④	" "	"	"	"
⑤	2層等方性	$k_z = k_z = k_r = 10^{-5}$ $k_T = k_z = k_r = 10^{-4}$	$\kappa = 10^{-3}$	"
⑥	" "	$k_z = k_z = k_r = 10^{-5}$ $k_T = k_z = k_r = 10^{-4}$	"	定圧揚水

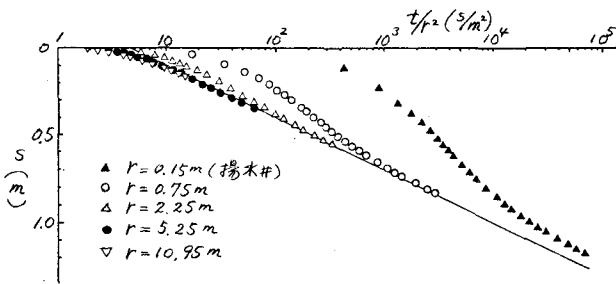


図-3 ケース①の揚水試験解析結果

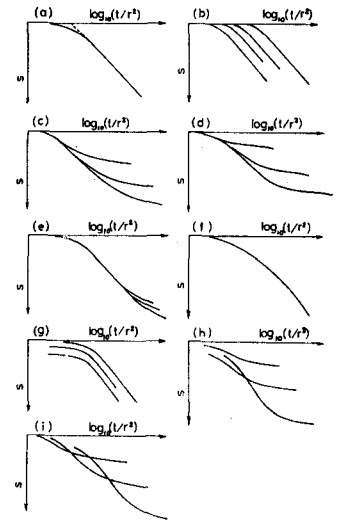


図-1 揚水試験における水位低下のパターン

- (a) 理想的な水位低下 (Theis, Jacob)。
- (b) 観測井ごとになれが生じるが、ほぼ平行した直線関係で、試験地点近傍の帯水層内に不透水壁が存在する。
- (c) 被圧滯水層に補給水またはろ過水がある場合で、相当時間経過後の水位低下は止まって平衡する。なお、自由水面をもつ不圧滯水層に地下水伏流が多量あるときも類似した関係を示す。
- (d) (c)に類似しているが、平衡しかけた水位低下が再度進む形式のもので、重力井戸の長時間揚水にみられる。貯留係数が変化する場合である。
- (e) 水理干渉源(補給水源)が比較的近い場合。
- (f) 過剰揚水の場合で、上に凸な曲線になる場合。
- (g) 初期水位補正が必要な場合。
- (h), (i) 掘水井壁の水頭損失がある場合、水理干渉を受けている場合、地盤が複雑な場合などの複合条件下のもので、詳細な検討が必要である。

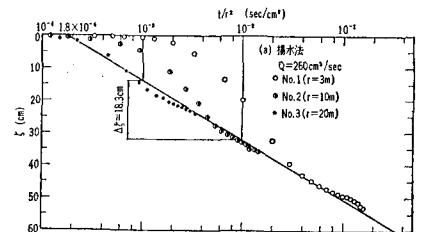


図-2 山内浄水場で観測された水位低下曲線

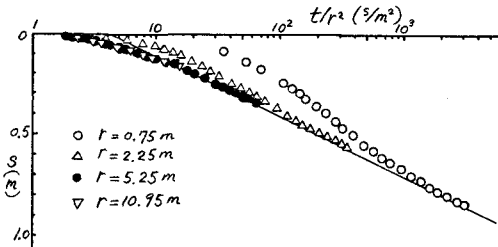


図-4 ケース②の揚水試験解析結果

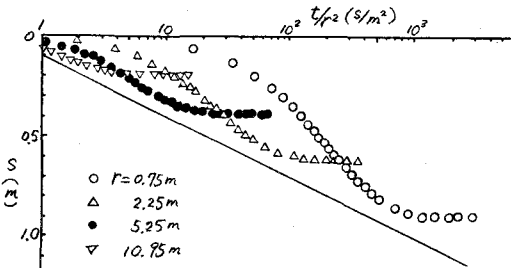


図-5 ケース④の揚水試験解析結果

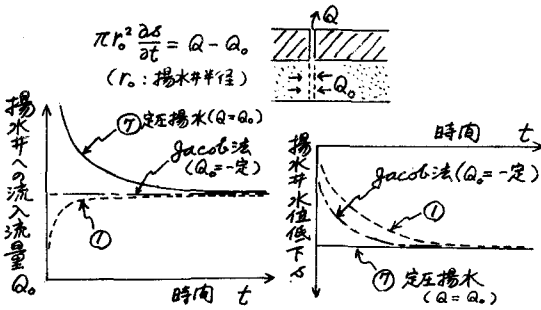


図-8 揚水井水位と揚水流量 Q 、流入流量 Q の関係

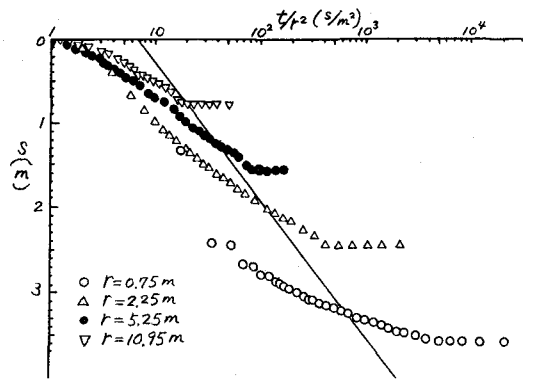


図-6 ケース⑦の揚水試験解析結果

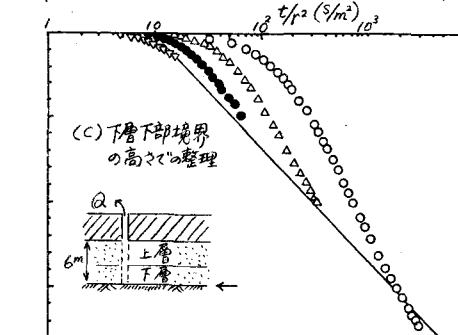
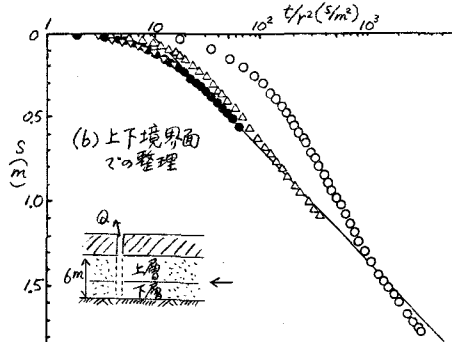
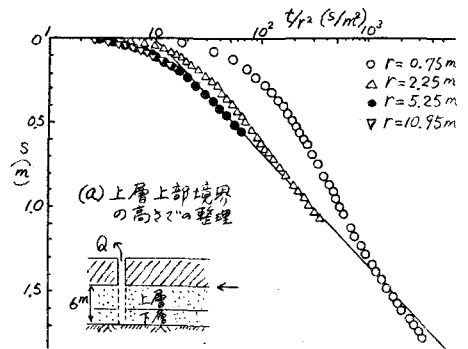


図-7 ケース⑤の揚水試験解析結果

計算結果は表-1の5ケースに対し、図-3(ケース①)、図-4(ケース②)、図-5(ケース④)、図-6(ケース⑦)及び図-7(ケース⑤)に示した。図-8にはケース①と⑦の(a)帯水層から井戸への流入流量 Q と(b)揚水井水位低下の各経時変化を示した。図-3～図-7中の直線は表-1の与条件から予め推定されるJacobの直線である。以上から得られる結論は次の諸点である。(1)図-2の(a)とき低下は井戸容積が大きいので揚水井水位低下がJacob法で期待されるより小さくなるために生じる。(2)図-1(a)(c)の(a)とき低下は図-5に認められるように前項(1)の原因と、 R が小さいために早く現われる水理干渉が複合してJacobの直線からかなりズレる。(3)揚水試験では水平方向透水性が評価される。(4)2層帯水層のときでも水位低下のパターンに大差はない(図-7と図-3、4の対比)。(5)定圧揚水の場合(図-6)は図-1(c)タイプに類似しているが、揚水井近傍の水位低下が激しい。