

東海大学 正 星田義治
東海大学 正 市川 勉
間 組 正 前原弘光

1. まえがき 現地においては揚水井だけの揚水テストで地下水の帯水層定数を推定しなければならないことがある。揚水井は井戸理論における特異点であり、井戸における地下水位の挙動のみから帯水層定数を求める場合、いろいろの問題がある。揚水テストより帯水層定数を算定する方法には定常解と非定常解がある。前者では揚水井だけの資料しかないときは、影響半径を仮定する必要があるし、その上、有効空疎率の算定はできないという不満がある。したがって、これらを満たすためには非定常解に頼らざるを得ないことになる。この場合次節以下に述べる注意が必要である。

2. 井戸ロスの評価の問題

ここで井戸ロスと称するのは、井戸内の水位と井戸枠の外側の水位との差をいう。著者らの研究¹⁾では、井戸枠の抵抗係数 $\alpha (= \frac{T_0 K}{R H^2})$ と汲み出し量 $Z_0 (= \frac{Q}{2\pi R H^2})$ の関係について図1のような結果を得ている。すなわち図1より開孔率が小さい(9%)ときは、 α と Z_0 はおおよそ比例関係にある。したがって Z_0 に対する α がわかると、井戸における運動方程式 $Z_0 = \alpha (g_s - g_w)^{\frac{1}{2}} \frac{2g_s + g_w}{3}$ (不圧地下水)の g_w (井戸内の水位)を知ると g_s (井戸枠の外側の水位)が算定される。この井戸ロス($g_s - g_w$)の大きさが定量的に評価できる。井戸ロスの大きさが判明すると、揚水井の水位の時間的変動を測定して、図2のような方法で透水係数 k や有効空疎率 β を算定できる。図2では揚水井だけの測定値しか得られていないので、 g_w 曲線だけが描かれている。

つぎに開孔率が大きくなる(図1では54%井)と比例関係がくずれ、 Z_0 が約1.3以上になると下方に折れ曲がってくる。これは、井戸ロスが井戸枠の抵抗だけで生じるのではなく、水位降下

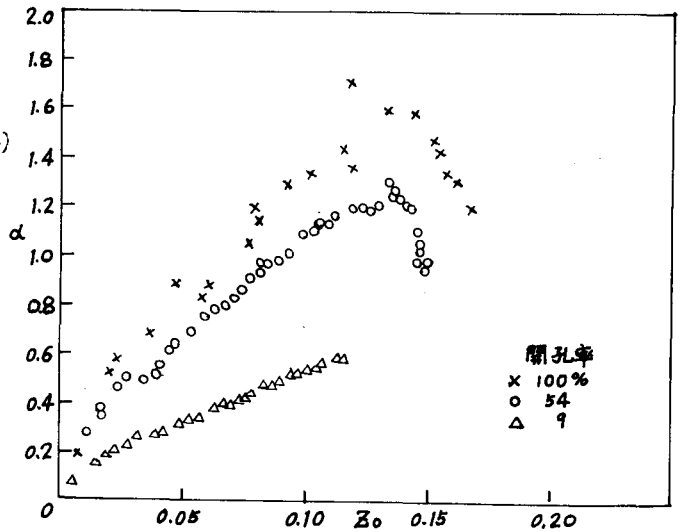


図1 抵抗係数(α)と汲み出し量(Z_0)

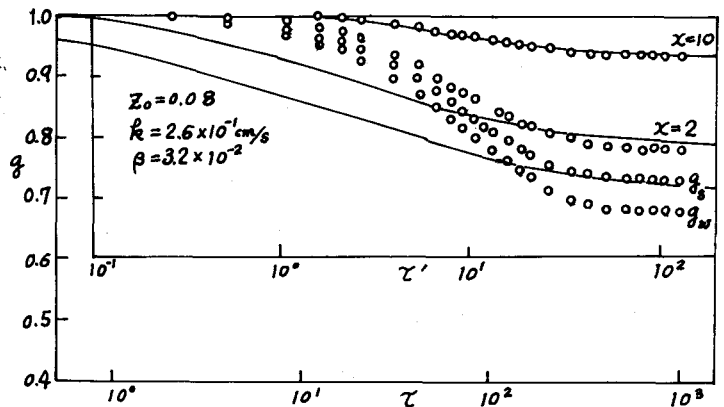


図2 水位(g)—時間(τ)曲線

の影響が次第に卓越してくることを示している。このことは、図3によつても説明できる。図3は定常状態における汲み出し量 Z_0 とそれに対応する井戸枠の外側の水位 g_s (水位の不連続がないときは井戸内の水位と一致する。)の関係を表わす実験結果および理論曲線である。図3の理論曲線⑮は、準一様流の仮定のもとに解かれたThiem

の定常解 ($g_s^2 = 1 - 2Z_0 \log \frac{R}{r_0}$) および $t \rightarrow \infty$ における非線形非定常の数値解を示している。

また、理論直線 (A) は、準一様流の仮定のもとに解かれた i) $R \equiv H$ (水位降下が小さいとする) とし g_s たときの定常解 ($g_s = 1 - Z_0 \log \frac{R}{r_0}$) ii) $t \rightarrow \infty$ における線形非定常解 iii) $t \rightarrow \infty$ における島モデルにおける線形解

$$g_s = 1 + Z_0 \left\{ \log \frac{r}{R} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 S_0(\lambda_n) S_0(\lambda_n r)}{\lambda_n^2 [R^2 S_1^2(\lambda_n R) - S_2^2(\lambda_n)]} e^{-\lambda_n^2 t} \right\}$$

iv) $t \rightarrow \infty$ における鉛直流を考慮した一次解

$$g_s = 1 + Z_0 \left\{ \log \frac{r}{R} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 S_0(\lambda_n) S_0(\lambda_n r) e^{\alpha_n^2 t} \cosh \mu_n}{\lambda_n^2 [R^2 S_1^2(\lambda_n R) - S_2^2(\lambda_n)] \cosh \mu_n} \right\}$$

等を示している。水位降下が小さいときは、準一様流の仮定で解かれた Thiem の式によく一致しているが水位降下が大きくなり、 g_s

$= 0.6$ (水位降下が帯水層厚の4割) 以下になると鉛直流の影響を無視しているため実験値とちがってきている。このことは、鉛直流を考慮した定常三次元解によっても、 $g_s < 0.6$ で浸潤面が次第に大きく現われてきて実験結果と一致していることを確かめている。しかしこの場合にも図1より Z_0 に対する α の値を知ると井戸ロス²⁾の大きさの算定はできる。また、図1において $Z_0 = 1.5$ の場合、井戸ロスの何割が鉛直流による影響であるかは明らかではないが図1より推定すればおよそ井戸ロスの50%を占めるものと思われる。井戸様の開孔率が9%で $Z_0 = 1.3$ の場合を考えると井戸ロスを考えないで透水係数を算定すると約3.3割ぐらい小さく求まる。また図3より $g_s > 0.8$ の範囲では不圧地下水でも、開孔率がよほど小さくない限り井戸ロスを考えなくても、線形非定常解を用いても十分な精度で帯水層定数を算定できる。

3. 時間-水位曲線の適用区間の問題 図2に示した実測の時間水位曲線 g_0 が理論曲線とすべての部分で一致すればよいが、著者らの研究¹⁾では、一般に解かれている帯水層内の運動式や連続式のほかに井戸内の連続式や井戸における運動式を同時に解かないと両者の十分な一致はみられない。しかし、現場では簡単で利用しやすいものがよいので Theis の線形非定常解等を用いることがある。したがって Theis の解を用いる場合図2よりわかるように揚水開始後およそ $\tau > 100$ ($\tau = \frac{R^2 H t}{\beta Y_0^2}$) の範囲の理論値を用いることが望ましい。このことは、図4からもわかる。Theis の式は井戸の半径を $r_0 \rightarrow 0$ として解かれているので、井戸の半径を考慮すると、

$$\zeta = \frac{Z_0 C u_0}{2} \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \quad \text{となり、井戸壁 } x=1 \quad (x = \frac{r}{r_0})$$

で $u_0 > 10^{-2}$ ($u_0 = \frac{\beta Y_0^2}{4 R H t}$) になると少しちがいが生じてくる。したがって、Theis の曲線の適用区間はおよそ $\tau > 25$ となる。また図4より井戸の半径を考慮したときの影響は $x > 2$ (井戸半径の2倍の距離) で現われてこない。たとえば 揚水開始直後の曲線に $Z_0 = 1.3$ の実験値と適用した場合透水係数は約2倍大きく算定される。

参考文献

- 1) 星田、浜野、市川、前原：揚水における井戸様の抵抗の評価に関する一考察 土木学会論文報告集 (U-T) 1978
- 2) 前原、星田、市川：井戸壁における不連続水位の評価について 土木学会第33回年次学術講演会 1978

