

不完全貫入井からの揚水試験について

岐阜大学工学部 正会員 宇野 尚雄

1. まえがき

現地で土の透水性係数と貯留係数をそのままの状態にて測定するのに現地揚水試験がしばしば実施される。揚水試験は定常状態より非定常状態の方が貯留係数が求まるほか、短時間で済むなど利点がある。非定常揚水の木理は次の仮定の下で Theis や Jacob の解が求められている。(1) 滞水層は均質・等方である。(2) 滞水層は無限の広がりをもつ領域である。(3) 井戸は完全貫入している。(4) 井戸半径は無限小である。(5) 滞水層定数は時間的・空間的に一定である。(6) 揚水による水面傾度は過大でない。

図-1(a)は Theis の解と Jacob の直線解を併記したものである。(b)は試験地点近傍の滞水層内に不透水壁が存在するとき、観測井ごとにはずれが生じることを示し、(c)は滞水層に給水やろう木があるときに生じる関係である。(d)は(c)と類似するが長時間後に水位低下が再度進む形式をとり、重力井戸の場合で貯留係数が時間的に変化することによる。(e)は木理干渉源(補給水源)が比較的近い場合である。(f)過剰揚水の場合に生じ、(g)は初期水位補正が必要な場合、(h)、(i)は揚水井側壁に木頭損失がある場合、木理干渉を受けている場合、地層が複雑な場合などの複合条件下でみられ、詳細を検討を要する水位低下関係である。

本文は上記仮定(3)の貫入度の影響について考察したものである。

2. 井戸の貫入度

図-2を参照して、井戸の貫入度 P を次式で定義する。

$$\text{重力井戸: } P = d/H \quad (1)$$

$$\text{振振井戸: } P = d/D \quad (2)$$

なお、図-2のdの部分にストレーナーが切つてあるものとする。

3. 不完全貫入井からの揚水試験

貫入度が1になるように完全貫入させると解析上に問題を生じない。しかし、実際の滞水層の層厚 H や D がきわめて大きいとか、場合によっては滞水層の下に不透水境界面が深くて、ボーリング調査などで判明していないときなど不完全貫入あるいは不明という場合が生じる。このような場合、滞水層の厚さを d として、井戸は完全貫入しているとみなして便宜的に解析するのである。こうすると、実際には井戸下端以深の層からも揚水しているため、流量は層厚 d の部分だけから揚水していると考えたときのものより多い流量を汲み上げていることになる。井戸理論に現れる式は揚水流量が透水性係数と比例する関係になっているため、上述の揚水試験解析結果から得られる透水性係数は過大に算出することになる。そこで真の透水性係数を得るためには、ある低減係数 α (1以下)を上述の透水性係数に乗じてやる必要がある。

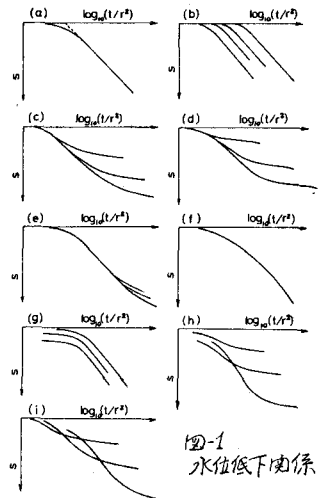


図-1 水位低下関係

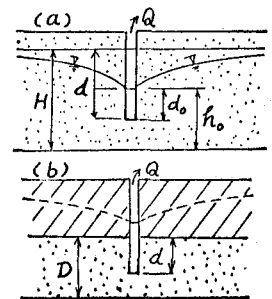


図-2 井戸の貫入度

低減係数 α が貫入度 P などの関数となることは当然であろう。不完全貫入井からの揚水流量については数々の研究があるが、重力井戸に対する Boreli の式、振板井戸に対する Muskat の式は

$$\text{重力井戸: } Q_p = \frac{\pi k (d^2 - d_0^2)}{\ln(R/r_0)} \cdot \left[1 + (0.30 + 0.10 r_0/H) \cdot \sin(1.8 \frac{D_0}{H}) \right], D_0 = H - d \quad (3)$$

$$\text{振板井戸: } Q_p = 2\pi k aH / \left[\frac{1}{2D} \left\{ 2 \ln\left(\frac{4D}{r_0}\right) - \ln\left(\frac{I(0.975d)I(0.125d)}{I(1-0.975d)I(1-0.125d)}\right) \right\} - \ln\left(\frac{4D}{R}\right) \right] \quad (4)$$

Muskat によれば $\alpha \sim P$ の関係は図-3 のようである。重力井戸については図表化されていないが、式(3)および上述したことから次式が得られる。

$$\alpha = 1 / \{ 1 + [0.30 + 10(r_0/H)] \cdot \sin[1.8(1-P)] \} \quad (5)$$

式(5)で $r_0 = 15 \sim 50 \text{ cm}$, $H = 10 \text{ m}$ とみなして数種類のケースについて $\alpha \sim P$ 関係を計算すると、図-4 のようである。図-3 と図-4 とを比較すれば明らかなように、重力井戸では $P < 30\%$ で α はほぼ一定に近いが、 P の増加とともに漸増するのに対して、振板井戸では P が約 20% 以下の α が激変する関係となっていて、不圧地下水と被圧地下水の特徴的相違が現われている。従来、重力井戸に対しても Muskat の図-3 を便宜的に利用することがあったが、兩者間に顕著な相違が認められるので今後改めねばならない。また不圧地下水の滞り層の不透水底面がきわめて深く、不明のときどの程度の低減を見ればよいか問題であったが、図-4 によれば $P < 30\%$ での低減係数がほぼ一定となり、明確なものとなる。式(5)によれば、 $P < 30\%$ のとき $\alpha \approx 1 / \{ 1.29 + 9.8(r_0/H) \}$ で近似される。

参考文献 1) 宇野：現地揚水試験における水位低下のパターン、
 岐阜工学部研究報告, No. 24, pp. 13~23 (1974), 2) M. Muskat: The Flow of
 Homogeneous Fluids Through Porous Media, Edwards, pp. 263~276 (1946),
 3) M. Boreli: Free-Surface Flow toward Partially Penetrating
 Wells, Trans. Am. Geophys. Union, Vol. 36, No. 4, pp. 664~
 672 (1955).

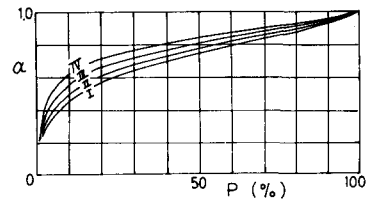


図-3 振板井戸の低減係数 (滞り層の厚さ D : 15.24m (I), 22.86m (II), 38.10m (III), 60.96m (IV) Muskat にあづかる)

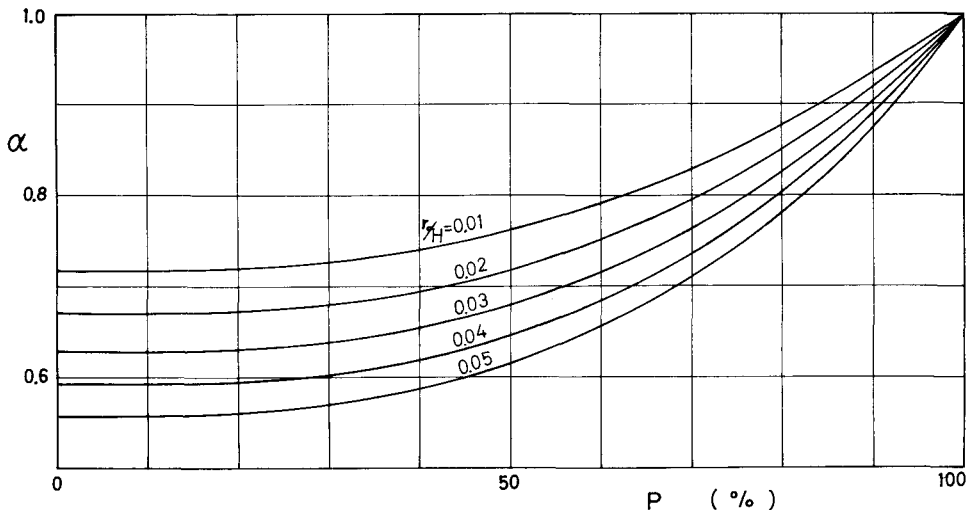


図-4 重力井戸の低減係数