

断続揚水試験による 井戸枠開孔率の時間的变化について

九州東海大学工学部 正会員 市川 勉

九州東海大学工学部 正会員 星田 義治

九州東海大学工学部○学生会員 荒尾 徳人

1. まえがき 井戸は、地下水を水源として取水する場合には、非常に有効な方法であり、実際に、数多く掘削されている。この井戸では、帯水層と思われる部分にスクリーンを施し、揚水中に土砂が井戸内へ流入しないようになっている。このスクリーンは、地下水の水質等によって腐食したり、土砂がかんだりして、目詰まりが発生し、その開孔率が低下し、井戸内水位の低下量を増大させ、取水可能量を減少させる。これを一般的に、井戸の老化と称しているが、この老化の度合については、定性的な論議しかなされていないように思われる。本報告は、室内砂箱モデル実験装置を用いて行った実験データによって、著者らが提案した、揚水量、井戸枠の抵抗、井戸枠の開孔率の間の関係式を用いて¹⁾、井戸枠の開孔率を定量的に算定し井戸の老化を評価しようとするものである。

2. 井戸枠の抵抗と揚水量、井戸内外の水位の関係式 地下水は、揚水を始めると、井戸スクリーンを通して井戸へ流入する。地下水が、スクリーンを通過する時、スクリーンの抵抗によって井戸損失が生ずる。この関係を考慮して、井戸へ流入する流量 Q と井戸内水位 h_w 、井戸枠の外側における水位 h_s 、及び、井戸枠の抵抗係数 K の間の関係は、以下の様になる。

被圧地下水の場合

$$Q_c = 2\pi r_w \cdot K_c \cdot D \cdot (h_{su} - h_{wc})^{1/2} \quad (1)$$

不圧地下水の場合

$$Q_u = 2\pi r_w \cdot K_u \cdot (h_{su} - h_{wu})^{1/2} \cdot (2h_{su} + h_{wu}) / 3 \quad (2)$$

ここに、 r_w は、井戸半径である。式(1)及び、(2)を無次元化すると、式(3)、(4)のようになる。

$$Z_c = \alpha_c \cdot (g_{sc} - g_{wc})^{1/2} \quad (3)$$

$$Z_u = \alpha_u \cdot (g_{su} - g_{wu})^{1/2} \cdot (2g_{su} + g_{wu}) / 3 \quad (4)$$

ここに、 $Z_c = Q_c / (2\pi \cdot k_c \cdot D \cdot H_c)$ 、 $\alpha_u = r_w \cdot K_u / (k_u \cdot H_u^{1/2})$ 、 $g_{sc} = h_{sc} / H_c$ 、 $g_{wc} = h_{wc} / H_c$ 、 $Z_u = Q_u / (2\pi \cdot k_u \cdot H_u^{1/2})$ 、 $\alpha_c = r_w \cdot K_u / (k_u \cdot H_u^{1/2})$ 、 $g_{su} = h_{su} / H_u$ 、 $g_{wu} = h_{wu} / H_u$ であり、 k_c 、 k_u は、帯水層の透水係数、 H_c 、 H_u は、揚水前の水位、 D は、被圧帯水層の層厚、 h_{wu} 、 h_{wc} は、井戸内水位、 h_{su} 、 h_{sc} は、井戸枠の外側の水位である。

3. 室内砂箱モデル実験による揚水量と抵抗係数、井戸枠開孔率の間の関係 式(3)及び(4)は、井戸内外の水位、井戸枠の抵抗及び揚水量の間の関係を無次元で示したものであるが、これらの式の中で、無次元の井戸枠の抵抗係数と無次元揚水量、井戸枠の開孔率を実験式(5)の様に定めた。

$$\alpha = 5.5 Z^{0.55} \cdot Y^{0.55} \quad (5)$$

4. 井戸枠の開孔率の計算 2. 及び 3. で示した井戸内外の水位、揚水量、井戸枠の抵抗、井戸枠の開孔率の各関係式から井戸枠の開孔率の推定が可能であり、同一の井戸で時間が経過した2つの揚水試験データがあれば、井戸枠の開孔率の変化が推定でき、井戸の目詰まりの評価の一方法となり得るものと思われる。井戸枠の開孔率の推定は、以下の様な流れに従って行えばよい。尚、この解析を行う場合、透水係数は非定常実験またはその他のデータを解析することによって得られるものとする。ただし、ここでは不圧地下水の解析方法について示す。

1) 井戸枠内外の水位が観測されている場合、 Z_u, g_{su}, g_{wu} が、既知となるので、式(4)によって、井戸枠の抵抗係数 α_u を計算し、式(5)から、開孔率 Y を計算する。

2) 井戸内の水位のみが観測された場合、もし、影響円半径がわかれば、式(6)、(7)と(5)から、開孔率 Y を計算する。

$$S_w = A \cdot Q_u + B \cdot Q_u^2 \quad (6)$$

$$A = \ln(R/r_w) / (2\pi k_c \cdot H_u^2), \quad B = 1 / (4\pi k_u^2 \cdot H_u^4 \cdot \alpha^2) \quad (7)$$

ここに、 S_w は井戸内の水位降下量、影響円半径 R 帯水層の厚さ D 揚水前の水位 H_u 透水係数 k_u である。

5. 透水係数と開孔率の関係 実験では、直径1.5mの円を1/24にした中心角15度の扇形水槽を用いた。この実験水槽に砂を入れ、長期間放置して断続的に実験した場合と周期的にかつ連続して実験した場合について、その開孔率の変化を見た。これらの実験を行った結果をグラフ化すると、図-1、図-2のようになる。図-1は、1988年3月8日から1989年3月14日までの断続的な実験結果であり、図-2は、1991年5月17日から12月12日まで、周期的にかつ連続して実験した結果である。尚、透水係数 K 、15℃に換算した透水係数 $K(15)$ 、開孔率 Y 、15℃に換算した開孔率 $Y(15)$ とする。

6. 結言 図-1のように長期間放置して断続的に実験した場合、初め開孔率が0.07あったものが半年後には0.05まで低下し、さらに1年後には0.03~0.04まで低下している。図-2のように周期的かつ連続的に実験した場合は、半年以上たった今でも開孔率が0.06~0.07よりさほど変化が見られない。このことから、地下水流が滞るために井戸枠に目詰まりが発生して開孔率の低下となって現れることが考えられる。つまり、井戸は周期的にかつ連続で揚水したほうが井戸の老化を防ぐ効果がある。ただ、今回の実験を400日位続けないと明確に云えない点もある。
：参考文献；1) 星田、市川”揚水における井戸ロスの評価に関する考察”土木学会論文報告集、313号、P.P. 37-46、1981。

