

II-97

井戸スクリーン開孔率の評価について

正会員 東海大学 市川 勉
正会員 九州東海大学 星田 義治

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。この鉛直井戸では、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、目づまりをし、その開孔率が低下し、井戸内水位の低下量を増大させ、取水可能量を低下させる。これを一般に、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。

著者らは、過去に、揚水時に発生する井戸内外の水頭差(これを井戸損失と呼ぶ)を考慮した運動方程式を提案し、この方程式を組み込んだ地下水の流動に関する研究を行っている。¹⁾ この提案した方程式は、井戸内外の水頭と揚水量、井戸枠の抵抗の間の関係を表したものである。しかし、揚水量と井戸枠の抵抗は、井戸枠の状態すなわち、井戸枠の開孔率によって変化しているため、これらの間の関係を定式化する必要がある。

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、揚水量、井戸枠の抵抗、井戸枠の開孔率の間の関係を定式化し、これによって、井戸枠の開孔率を定量的に評価する方法、ここでは、特に被圧地下水における評価の方法を提案したものである。

2. 井戸枠の抵抗と揚水量、井戸内外の水頭の関係式

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 と井戸内水頭 h_w 、井戸枠の外側における水頭 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。

$$\text{被圧地下水の場合} \quad Q_c = 2\pi r_w \cdot K_c \cdot D \cdot (h_{sc} - h_w)^{1/2} \quad (1)$$

$$\text{不圧地下水の場合} \quad Q_u = 2\pi r_w \cdot K_u \cdot (h_{su} - h_w)^{1/2} \cdot (2h_{su} + h_w) / 3 \quad (2)$$

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。

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

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

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

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、井戸内外の水頭、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を実験的に定めてみた。

実験は、定常実験を行った。この場合では、井戸へ流入する流量と井戸からの揚水量は、等しくなる。また、井戸枠の抵抗は、井戸のストレナの開孔率(Y)に関係するものと思われるので、井戸枠の開孔率を変えて実験を行った。実験に使用した砂は、2種類で、1つは、豊浦産標準砂、もう1つは、均等係数1.49、10%粒径0.43mmの砂である。井戸枠の開孔率(Y) (井戸枠のストレナの開孔部分の面積をストレナ部分の全面積で割った値)を3.0%、6.1%、9.0%、10.5%、15.5%、18.0%、31.0%、54.0%と8種類の場合について、実験した。実験は、各井戸枠について、砂をかえ、揚水量の小さい場合から大きい場合まで約40ケース行い、各ケースで井戸内、井戸外、帯水層内の数か所における水頭、揚水量を測定し、Thiemの平衡式により、透水係数を計算し、(3)及び(4)式から Z_u 、 Z_c 、 α_u 、 α_c を計算した。この実験結果を縦軸に井戸枠の無次元の抵抗係数 α_u 、 α_c 、横軸に無次元の揚水量 Z_u 、 Z_c 、パラメータに井戸枠の開孔率 Y をとって表すと図-1の様になる。

無次元の井戸枠の抵抗係数 α と無次元の揚水量 Z 及び井戸枠の開孔率 Y の間の関係は、一般的に、以下の様な関数形で表現できる。

$$\alpha = f_1(Z) \cdot f_2(Y) \quad (5)$$

ここで、1つの数学モデルを(6)式の様に仮定して、重回帰分析を試みた。

$$\alpha = A \cdot Z^B \cdot Y^C \quad (6)$$

その結果、回帰式は、(7)式の様になった。

$$\alpha = 5.5 \cdot Z^{0.35} \cdot Y^{0.25} \quad (7)$$

この回帰式の重回帰係数は、0.983であった。

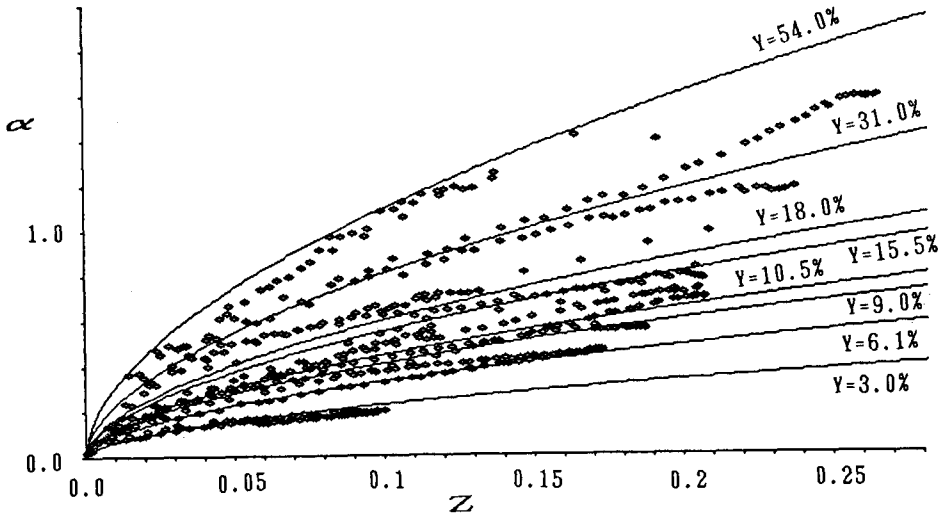


図-1 井戸枠の開孔率をパラメータとした井戸枠の抵抗 α と揚水量 Z の関係

4. 井戸枠の開孔率の推定法

2. 及び 3. で示した井戸内外の水頭、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、井戸の目づ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。なお、この解析を行なう場合、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、被圧地下水の解析方法について示す。

- 1) 第一の方法は、井戸内と井戸の外側の水頭が観測されている場合である。この場合は、 Z_c , gsc , gwc が、既知となるので、式(2)によって、井戸枠の抵抗係数 αc を計算し、式(7)から、開孔率 Y を計算すればよい。
- 2) 第二の方法は、帯水層中に井戸以外に観測井を設置し、観測した場合である。この時は、Thiemの式によって、井戸枠の外側の水頭を計算し、1)と同様に開孔率 Y を計算することができる。
- 3) 第三の方法は、井戸内の水頭のみが観測された場合である。この場合、もし、影響円半径がわかれば、式(8)、(9)と(7)から、開孔率 Y を計算することができる。

$$S_w = A \cdot Q_c + B' \cdot Q_c^2 \quad (8)$$

$$A = \ln(R/r_w)/(2\pi k c \cdot D), \quad B' = B/\alpha c^2, \quad B = 1/(4\pi^2 k c^2 \cdot D^2 \cdot H_c) \quad (9)$$

ここに、 S_w は、井戸内の水頭降下量、 R は、影響円半径、 D は、帯水層の厚さ、 H_c は、揚水前の水頭、 $k c$ は、透水係数である。

5. 結言 以上述べた方法によって、井戸枠の開孔率を推定することにより、年月を経過した井戸の目づまりを評価することが可能となる。ただし、この評価する目づまりの量は、物理的、化学的目づまりを総て含んだ総量的なものである。：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，PP.37-46，1981.