

井戸の目づまりの評価について

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る。鉛直井戸を用いて地下水を揚水する場合は、帯水層と見ら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、取水可能量を低下させる。しかし、これらを定量的に評価する方法は、未だにないようと思われる。

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）を評価するための式を提案した¹⁾。この提案式では、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ている。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ので、これらの間の関係を定式化する必要がある。本報告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把握し、井戸の老化を評価するための一方法を提案するものである。

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。¹⁾

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

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

ここに、 r_w は、井戸半径であり、添字の u は、不圧地下水を、 c は、被圧地下水の場合を表している。式(1)及び(2)を無次元化すると、以下の様になる。

$$\text{不圧地下水の場合} \quad Z_u = \alpha_u \cdot (g_{su} - g_{wu})^{1/2} \cdot (2g_{su} + g_{wu}) / 3 \quad (3)$$

$$\text{被圧地下水の場合} \quad Z_c = \alpha_c \cdot (g_{sc} - g_{wc})^{1/2} \quad (4)$$

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

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、井戸のストレーナの開孔率 (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) （井戸枠のストレーナの開孔部分の面積をストレー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。

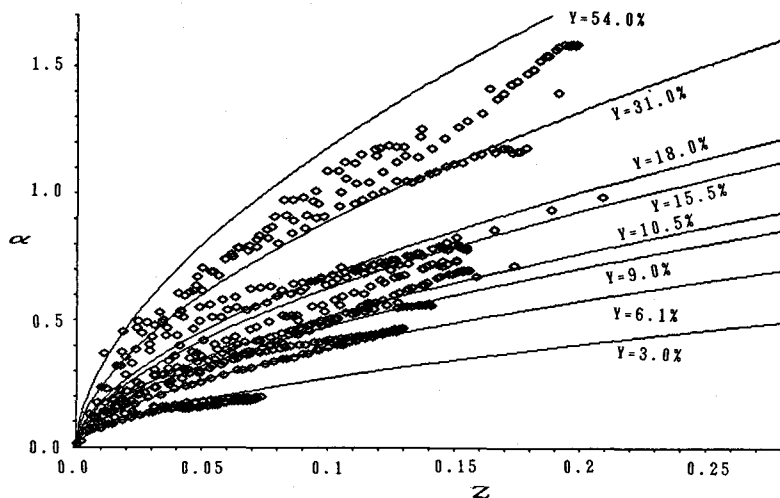


図-1 井戸枠の開孔率をパラメータとした井戸枠の抵抗 α と揚水量 Z の関係

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

(5)

ここで、1つの数学モデルを(6)式の様仮定して、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。

$$\alpha = 6.1 \cdot Z^{0.57} \cdot Y^{0.51} \quad (7)$$

この回帰式の重相関係数は、0.977であった。

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。

図-2の様な方法によって、井戸枠の開孔率が、推定可能となる。図-2において、透水係数は、非定常実験のデータを解析すればよい。なお、不圧帯水層における井戸内外の水位差は、鉛直流の為に生ずるものが含まれるので、特に井戸枠のストレナの開孔率が、大きい場合は、鉛直流の吟味が必要である。¹⁾

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.

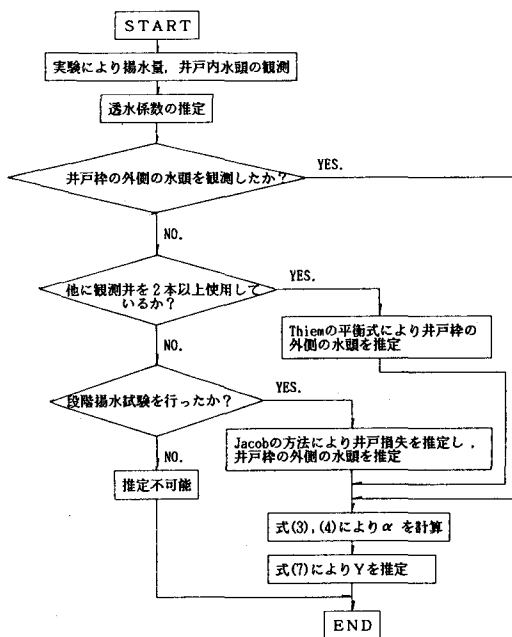


図-2 井戸枠の開孔率の推定法 Flow Chart