# 多層取水井戸による複合帯水層の解析

岐阜大学工学部　　佐藤　健
岐阜大学工学部　○船坂徹治

## 1．まえがき

地下水流動の解析を行う場合、対象となる地盤の帯水層定数（透水量係数、貯留係数）を知ることが必要となる。帯水層定数は通常、現場揚水試験によって推定されている。現場揚水試験の解析は井戸に流れる地下水の層が１つであるという単一帯水層の例がほとんどで、地下水の層が２層以上である多層帯水層を対象にした例はあまりない。多層取水井戸であっても各帯水層からの揚水分担が明確になれば単一帯水層による解析方法を利用して透水量係数、貯留係数を推定することができるからであろう。しかしながら実際には、多層帯水層ではそれぞれの帯水層ごとで透水性や水頭状態が異なるために多層取水構造の井戸への各帯水層からの湧水量を正確に測定することがかなり難しい。筆者の一人は、以前、現場揚水試験の結果を解析する機会に恵まれたが、揚水試験においても多層取水構造の井戸が使用される場合のあることもわかり、多層取水井戸に対する検討の必要性を痛感した。また、広域地下水のシミュレーション計算を行った過去の経験から判断すれば、実際に利用している井戸の大部分は多層帯水層からの揚水がほとんどであり、多層取水井戸による周辺地下水状態変化の検討も必要であると考えている。本研究は、現場揚水試験を念頭に置いて行ったもので、多層取水井戸による揚水によって各帯水層の透水係数をどのようにして推定したらよいかについて検討したものである。

## 2．推定法

本研究で述べる方法は多層取水井戸内に微流速計を設置して各帯水層からの湧水量の概略値を計測して、その結果から各帯水層の帯水層定数を推定しようとするものである。

取水井戸周辺での軸対称放射流れを表す微分方程式は

$$\frac{\partial^2 S_i}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial S_i}{\partial r}=\frac{\Phi_i}{T_i}\frac{\partial S_i}{\partial t}\quad(1)$$

となる。

$S_i$：ｉ番目帯水層でのピエゾ水頭の低下　$r$：半径　$t$：時間
$T_i$：ｉ番目帯水層の透水量係数　$\Phi_i$：貯留係数

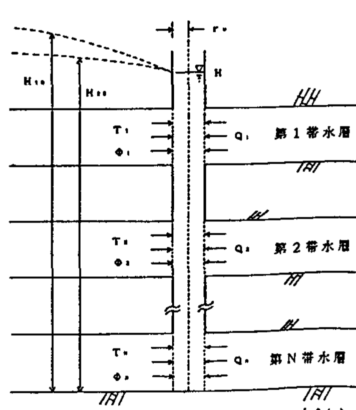
単位水量の揚水による（１）式の微分方程式の解は

$$S_i(r,t)=L_i(t)=\frac{1}{4\pi T_i}\frac{\exp(-\Phi_i r^2/T_i t)}{T_i}\quad(2)$$

となる。

いま、ｉ番目帯水層より$Q_i(t)$の揚水を行うと、ｉ 番目帯水層の水頭低下量は　$S=\int_0^t Q(w)*L_i(t-w)\,dw$　（３）と近似される。これを用いて、時間ｔをｎ段階に分け、図－１に示す一般的な場合を簡単化して、２つの帯水層が１本の井戸によって貫通され、その井戸から揚水される場合を考える。

第一帯水層での水頭低下量$S_{1w}$は




$Q_N$　：第Ｎ帯水層からの湧出量　($m^3/s$)
$T_N$　：第Ｎ帯水層の透水量係数　($m^2/s$)
$\Phi_N$　：第Ｎ帯水層の貯留係数
$H_{10}$、$H_{20}$　：井戸の初期静水位　(m)
$H$　：井戸水位　(m)
$r_w$　：井戸半径　(m)

図－１　複合帯水層

$$S_{1w}=\sum_{j=1}^{n}Q_1(j)\frac{1}{4\pi T_1}\left(E\left\{\frac{\Phi_1 r_w^2}{4T_1(n-j+1)}\right\}-E\left\{\frac{\Phi_1 r_w^2}{4\pi T_1(n-j)}\right\}\right) \quad (4)$$

となる。

第２帯水層でも同様に、各帯水層の水頭低下量は、$S_{1w}=H_{10}-H$、$S_{2w}=H_{20}-H$と表すことができるので、（４）式の括弧内の近似解を利用すれば、次のような連立方程式が得られる。

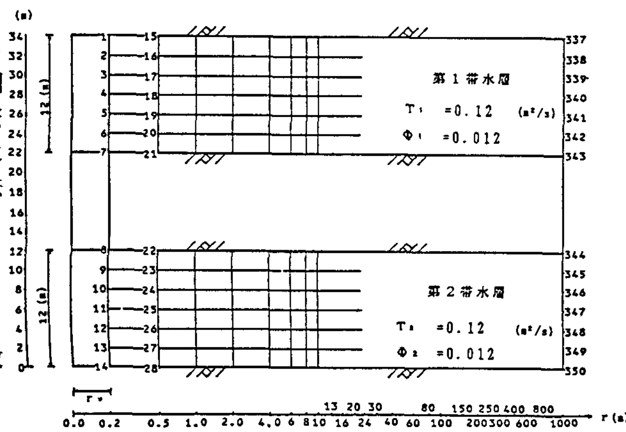
$$\sum_{j=1}^{n-1}Q_1(j)\left\{\frac{1}{4\pi T_1}\ln\left(\frac{n-j+1}{n-j}\right)-\frac{\Phi_1 r_w^2}{16\pi T_1^2}\frac{1}{(n-j+1)(n-j)}\right\}=H_{10}-H \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{n-1}Q_2(j)\left\{\frac{1}{4\pi T_2}\ln\left(\frac{n-j+1}{n-j}\right)-\frac{\Phi_2 r_w^2}{16\pi T_2^2}\frac{1}{(n-j+1)(n-j)}\right\}=H_{20}-H \quad (6)$$

これを時間段階nごとに$Q_i$を測定し、その値と既知である$H_{10}$、$H_{20}$、Hを代入して、（５）、（６）式の連立方程式を解くことにより、透水量係数、貯留係数を求めようとするものである。

## ３．適用例

あらかじめ、透水量係数、貯留係数がわかっている数値計算結果に（５）、（６）式を適用してこの方法の井戸揚水の問題への適用の妥当性を検討してみた。数値計算モデルは図ー２に示すとおりである。解析方法として有限要素法を用いた。




図－２　数値計算モデル

## ４．あとがき

計算結果の一例を表－１に示す。（５）、（６）式によって計算された透水量係数は、数値計算の入力値と比較してかなり小さくなり、貯留係数についてはかなり大きな値となった。

今回の不一致の原因として、（４）式中の括弧内における近似式の不十分さ、数値計算における条件設定の不整合性（理論では井戸からの一定量の汲み上げに対して、数値計算では一定水位とした）が考えられた。今後検討を加える予定である。

### 表－１　計算結果

| H＝４７(m)、５１(m) | N＝５ | | N＝１０ | | N＝２０ | | 数値計算 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T (m²/s) | Φ | T (m²/s) | Φ | T (m²/s) | Φ | T(m²/s) | Φ |
| 第１帯水層 | 0.00018 | 0.03527 | 0.00036 | 0.09114 | 0.00055 | 0.17152 | 0.120 | 0.0120 |
| 第２帯水層 | 0.00023 | 0.04614 | 0.00036 | 0.09119 | 0.00036 | 0.11325 | 0.120 | 0.0120 |