

III-354

積分差分法による地盤の水理特性の同定

大 阪 府 正会員 〇二見康夫
 岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎

1. はじめに

一般に、地下水の挙動を定量的に評価する数値解析には、帯水層定数の決定は不可欠の課題である。従来この定数は、揚水試験または室内透水試験により求められてきた。しかし、実際に広域での地下水問題を扱う場合、比較的容易に測定され、しかも信頼度も高い水頭値から逆に帯水層定数を算定する、いわゆる逆解析が考えられる。

この逆解析は、大きく直接法と間接法に分けられる。直接法は、浸透の方程式を逆に帯水層定数が満足すべき微分方程式と考え、解析領域内の観測水頭を与えて帯水層定数を決定する方法である。これに対して間接法は、地下水頭に関するデータが得られている場合に、帯水層定数を仮定して水頭に関する方程式を解き、観測水頭と計算水頭の差を最小にするように、帯水層定数を逐次修正して正しい値にアプローチする方法である。

しかしながら、ここで水頭値が帯水層定数を逆算する要因となっていることに留意する。実際問題として地盤には少なからず降雨等の涵養が存在することを考慮すると、水頭値を決める要素として帯水層定数に加え、涵養（漏水）流量も欠くことのできないものと考えられる。

このことを鑑みて、本研究では積分差分法による浸透解析を用い、¹⁾非線型最小二乗法に基づく帯水層定数さらには、涵養（漏水）流量も決定する間接法について論じる。

2. 非線型最小二乗法による逆解析手法

最小二乗法は、次式で示される重み付き残差二乗和を最小にする a を見出すことである。^{2), 3)}

$$S(a) = \sum_{i=1}^N \omega_i (\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (1)$$

ここで、 $\hat{y}_i$: 観測水頭値、 $y_i (= f(a))$: 計算水頭値、 ω_i : 重み、 $a (a_1, a_2, \dots, a_p)$: 回帰係数 a の推定値である。ただし、観測値は全て同程度の誤差を含むと考え、重みを 1 とする。本手法では、(1) 式に見られる二乗和の形を積極的に取り入れ、一般に収束が速いと言われている、修正Marquardt 法を採用した。

3. 逆解析例

被圧帯水層地盤において、時間経過とその水頭変化の関係から、漏水流量を算定したものを示す。

モデル地盤を図-1に示す。この図中に表された諸条件を用い、図-2に見る要素分割により、積分差分法による非定常浸透解析を行う。観測水頭として最も帯水層への漏水流量の影響が大きいと見られる要素11における水頭値を使用する。図-3は、この要素での経時的な水頭

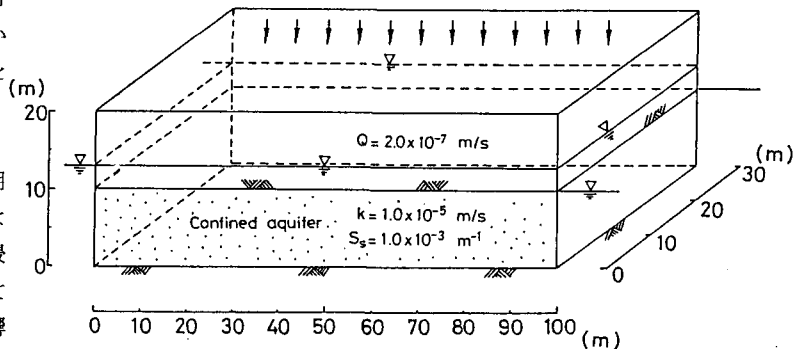


図-1 被圧帯水層モデル地盤

変化を示したものであり、観測水頭として図中の添字 1～13 が表す点の値を採用した。

ところで、帯水層定数（ここでは、透水係数と比貯留係数）と涵養（漏水）流量を同時に逆算産することは、浸透方程式の性質上できない。そこでここでは、比較的求めやすい透水係数を既知量として、比貯留係数及び、漏水流量を逆算した。初期推定値としては、正解値（観測水頭値を設定する際に使用した値）の、各々、比貯留係数に関しては 100 倍、漏水流量には 50 倍の値を用いた。

この初期条件で、修正 Marquardt 法を適用し、比貯留係数と漏水流量を逆算した。その際の繰り返し回数と比貯留係数、漏水流量及び、残差二乗和の関係を図-8 に示す。これより、繰り返し回数が 10 回前後で、両者ともほぼ正解値に近づき、そのとき残差二乗和も最小となっていることかわかる。正解値へのアプローチの速度であるが、比貯留係数よりも漏水流量の方が速い。これは、漏水流量及び比貯留係数各々の一定量の変化に対する水頭値への影響度が、漏水流量に比べ比貯留係数の方が弱いことに起因すると考えられる。

4. 結論

本研究では、非線型最小二乗法（ここでは、修正 Marquardt 法）を用いることにより、浸透解析手法として積分差分法を採用し、帯水層定数ならびに涵養（漏水）流量をも考慮した逆解析手法を示すとともに簡単な被圧帯水層モデル地盤へ適用し、良好な結果を得た。

参考文献

- 1) Narasimhan, T.N. and P.A. Witherspoon : An Integrated Finite Difference Method for Analyzing Fluid Flow in Porous Media , Water Res. Res. Vol.12, No.1, 1976, PP57-64.
- 2) 岩井重久, 住友恒, 松岡譲 : 水質データーの統計的解析, 森北出版株式会社, 1980, PP. 72-85, PP. 94-115 .
- 3) 中川徹, 小柳義夫 : 最小二乗法による実験データー解析, 東京大学出版会, 1982, PP. 95-110 .

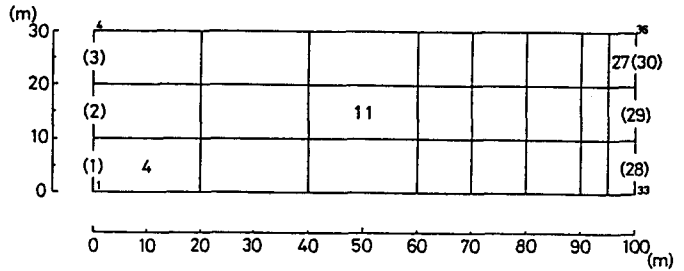


図-2 被圧帯水層モデル地盤の要素分割

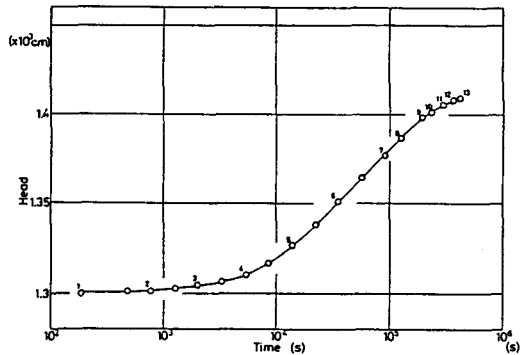


図-3 要素11における時間経過と水頭値の関係

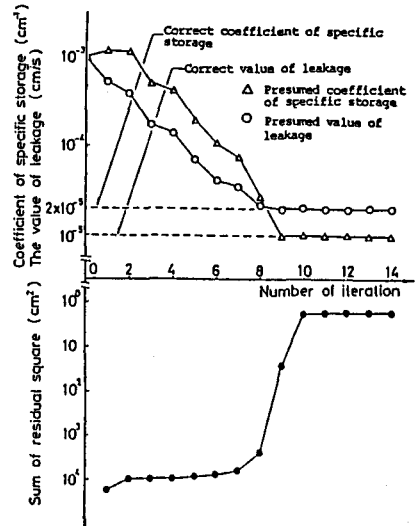


図-4 繰り返し回数と残差二乗和, 推定比貯留係数, 推定漏水流量の関係