

遺伝的アルゴリズムを用いた揚水試験データの逆解析方法

岡山大学環境理工学部 正会員 竹下祐二
岡山大学大学院 学生員 ○竹内嘉彦
岡山大学環境理工学部 フェロー 河野伊一郎

1. はじめに

理論的な解析方法では解析が困難である複雑な地盤条件で実施された揚水試験データの解析方法として、数値解析手法による逆解析手法の適用を試みた。浸透パラメータの推定アルゴリズムとしては、遺伝的アルゴリズムを採用し、浸透パラメータの感度を良好に観測できる揚水試験方法について検討を行った。

2. 遺伝的アルゴリズムの概要¹⁾

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms、以下GAと記す) は、自然界における生物の進化の過程、つまり世代を形成している固体の集合の中で、環境への適応度の高い固体が次世代により多く生き残り、また交叉および突然変異を起こしながら、次の世代を形成していく過程を模した最適化手法である。

3. GAを用いた揚水試験データの解析例

(1) 地盤モデル

本研究で用いた地盤モデルを図1に示す。図1のように50パーセント貫入度の不完全貫入井において500(cm³/s)の揚水を行い、r=1mの地点に4つの水位観測点 (O.P1～O.P4) をそれぞれh=15m,10m,9m,5mに設置した。これらの組み合わせを変えることにより試験条件の異なった揚水試験モデルデータを作成し、そのデータを用いてGAによる逆解析を行った。

(2) 解析条件

推定すべき各層の水平方向および垂直方向の透水系数は、 $5.0 \times 10^{-4} \leq k(\text{cm/s}) \leq 3.4 \times 10^{-1}$ の範囲を各128個に、比貯留係数Ssの値は、 $9.0 \times 10^{-8} \leq Ss(\text{cm}^{-1}) \leq 4.5 \times 10^{-4}$ の範囲を64個にそれぞれ等分割し、これらの値の内いずれかの値をとるものと設定した。したがって、個体の設定は、1,048,576 (=128 × 128 × 64)通りの組み合わせが考えられる。また、GAの実行に必要なパラメーターとして最終世代数30世代、個体数30個、交叉率および突然変異率は、0.6,0.1と設定した。解析を行う地盤条件および揚水試験条件は表1、2のように設定した。表1では、観測点を1点のみ配置した場合の揚水試験を考え、表2では、観測点を2点設置し、1点を水平方向の流れ成分を得るために揚水井戸の中間(O.P1)に1点、もう1点を井戸の底部(O.P2)、または先端部からそれぞれ1m,5m下(O.P3,O.P4)のいずれかで観測して鉛直方向の流れ成分を得ることを期待した。

(3) 解析結果および考察

解析結果としては、観測点1点で観測したCASEでは、CASE1-1のみ真値を発見でき、CASE1-2～1-4で

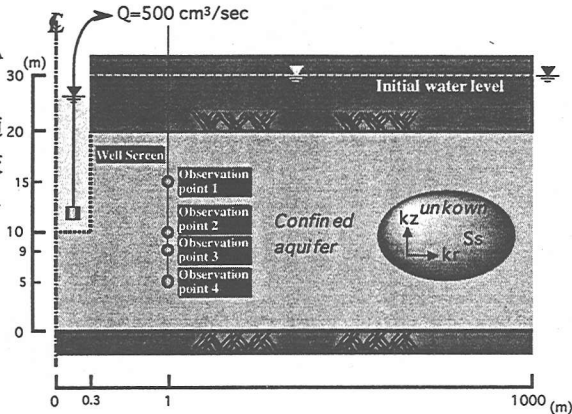


図-1 地盤モデル

表-1 解析条件(観測点1点)

観測点 1点	浸透パラメータの設定値			揚水試験条件			
	k_r (cm/s)	k_z (cm/s)	Ss (cm ⁻¹)	O.P.1	O.P.2	O.P.3	O.P.4
case1-1	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-5}	○			
case1-2	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-5}		○		
case1-3	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-5}			○	
case1-4	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-5}				○
case1-5	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-5}	○			

表-2 解析条件(観測点2点)

観測点 2点	浸透パラメータの設定値			揚水試験条件			
	k_r (cm/s)	k_z (cm/s)	Ss (cm ⁻¹)	O.P.1	O.P.2	O.P.3	O.P.4
case2-1	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-5}	○	○		
case2-2	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-5}	○		○	
case2-3	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-5}	○			○

は発見することができなかった。そこで、CASE1-1について異方性を大きくして(CASE1-5)解析を行ったが、このCASEについては発見することができなかった。これは、観測点1点のみでは得られる情報が不十分なため、各パラメータの感度を分離することができないからだと考える。観測点を2点設置したCASEでは、すべてのCASEにおいて真値を発見することができた。以上から、異方性地盤では得られる情報とパラメータの感度を考慮すると、各帯水層に2点以上観測点を設ける必要があると考える。しかし、どの観測点配置の組み合わせについても k_r の収束性は良いが、 k_z の収束性は悪いといったようにパラメータの収束性に有意な差が見られなかったため、どのような観測点配置が最も異方性の感度を良好に計測することができるか、判断することができなかった。そこで、等方性の場合と1オーダーの異方性を持たせた場合の水位低下挙動を比較し、観測点の配置による異方性の感度の違いを検討した。

図2に解析に用いた各観測点での水位低下データを示す。図2に示した記号を用いて異方性による水位変化の割合を表したものが式1である。この式は、等方性の水位低下量に対する等方性と異方性の水位差の百分率、つまり、求められた値が大きいほどその観測点における異方性の感度が大きいことを表す。図3は、式1によって求められた各観測点の異方性水位変化率の値を示す。

図3より、O.P1,O.P2は、揚水初期にはあまり異方性の感度を持たないが、ある程度の時間までは感度が増加していく。O.P3,O.P4は逆に揚水初期には感度が非常にあるが、時間の経過と共に感度が減少していくことがわかる。また、揚水開始から十分時間が経過するとどの観測点でも変化率に大きな差が見られなくなっている。以上のことより異方性の感度を十分に得るためには、O.P3,O.P4のあたりに設置するのがよいと考える。

4. おわりに

異方性地盤においては、観測点を得られる情報とパラメータの感度を考慮して、2点以上設置するのがよいと考える。また、その配置については、水平方向の透水係数の感度を考慮して、ストレナーの測方に1点配置し、水平方向の透水係数の感度を考慮して、井戸底部より少し下側に1点配置すれば k_r, k_z を良好に算定できると考える。

(参考文献)

- 1) 坂和・田中(1995): 遺伝的アルゴリズム、朝倉書店、p.199.

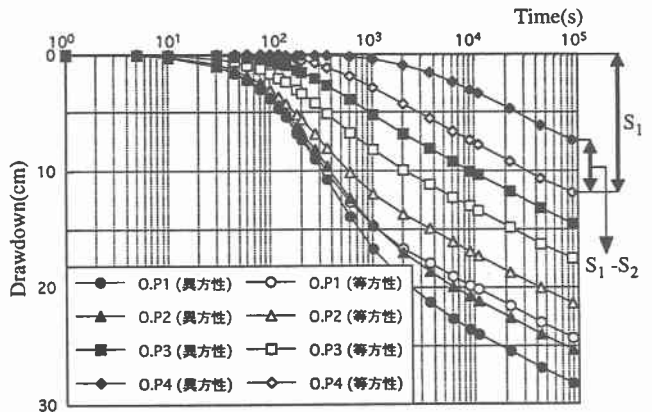


図-2 等方性～異方性水位低下データ

$$\text{異方性水位変化率} = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100 (\%) \quad (1)$$

S_1 : 等方性地盤における水位低下量

S_2 : 異方性地盤における水位低下量

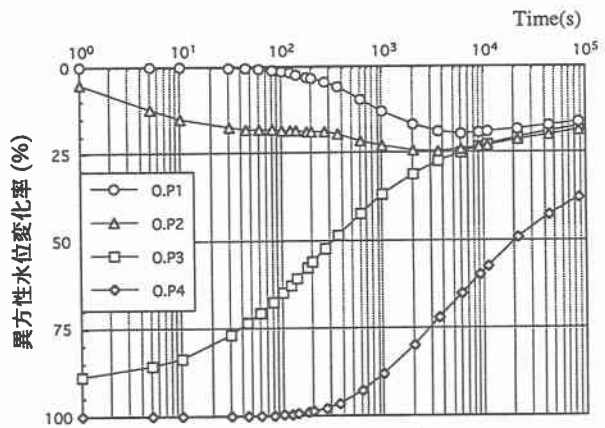


図-3 異方性水位変化率