

ニューラルネットワークによる揚水試験データの解析法の開発

岡山大学工学部 正会員 ○竹下祐二
岡山大学大学院 学生員 深見秀樹
岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎

1. はじめに

地盤の浸透特性値の原位置試験法として揚水試験がよく実施されている。しかし、通常、揚水試験の結果として報告されるパラメータは透水係数や貯留係数のみであり、計測された水位低下曲線の評価による帯水層の水理的特徴についての考察は十分になされているとはいいがたい。宇野は揚水試験データとして得られる水位低下曲線のパターンと帯水層の持つ特徴について図-1のように分類整理し、揚水試験が水理・地質条件をも含めた帯水層の特徴を把握する役割を持つことを示している¹⁾。そこで、本研究では、階層型ニューラルネットワーク²⁾を用いて水位低下曲線の工学的評価を行う揚水試験データの解析方法の開発を試みた。

2. 階層型ニューラルネットワークを用いた揚水試験データの解析方法

本研究では、揚水試験による水位低下パターンと帯水層条件や水理境界条件の関係を説明する階層型ニューラルネットワークを構築し、揚水試験データの解析を行う。そのために、揚水試験条件や帯水層条件等評価すべきパラメータを種々変化させながら数値解析による浸透流解析を複数回行い、評価パラメータに対する水位低下曲線を作成する。これを学習データとて誤差逆伝播学習則³⁾なる学習アルゴリズムを用い、階層型ニューラルネットワークに学習させる。本方法の特徴は次の点にある。①水位低下曲線と帯水層条件や水理境界条件との関係を事前に学習させることにより、非線形性の強いこれらの関係をネットワーク内の結合係数として構築できる。②水位低下曲線のパターンを滑らかに内挿し、未学習の水位低下データ入力に対しても妥当な帯水層条件を算定できる。③学習が終了したネットワークに計測された水位低下データを入力すれば、簡単な積和演算を行うだけで迅速に帯水層条件を評価できる。④各種の試験条件下における揚水試験データパターンを適宜学習させ、その結果を蓄積させることでニューラルネットワークの適用範囲が拡大してゆくと期待される。

3. 異方性被圧帯水層における揚水試験データへの適用例

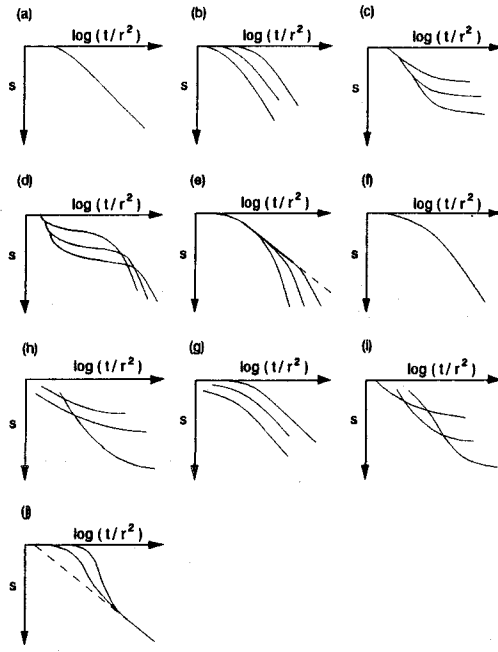
解析例として、図-2に示す異方性被圧帯水層において不完全貫入揚水井を用い、点A($r=1m, Z_A=L/2$)、点B($r=1m, Z_B=L+1m$)にて水位観測を行う揚水試験を考える。計測された水位低下曲線より評価すべき帯水層条件は透水異方性の度合い(k_z/k_r)および帯水層厚である。まず、表-1に示す18通りの透水異方性および揚水井戸の貫入条件下において浸透流解析を行って非定常水位低下データを算出し、これを揚水流量で除した値を学習データとして図-3に示す3層ニューラルネットワークを学習させる。学習は透水異方性および揚水井戸の貫入条件のそれぞれについて行い、2つのニューラルネットワークを構築した。図-4、5は未学習の水位低下データとして揚水井戸の貫入率(L/D)が0.35および0.6であり、透水異方性を有する場合のシミュレーションデータをニューラルネットワークに入力し、透水異方性および帯水層厚の評価を順次試みた結果である。ニューラルネットワークの学習、推論機能によってほぼ妥当な値が算出されていることがわかる。

4. おわりに

ニューラルネットワークにより揚水試験の水位低下データを分類評価する方法を提案した。今後はさらに複雑な帯水層条件における揚水試験データの学習を行ったニューラルネットワークの構築を行う予定である。

参考文献

- 1) 久保田・河野・宇野(1976):透水・設計へのアプローチ, 鹿島出版会, pp.80-84.
- 2) 中野編(1990):ニューロコンピュータの基礎, 3叶社
- 3) 八名・鈴木(1992):ニューロ情報処理技術, 海文堂



- (a) 理想的な状態
- (b) 観測井ごとに平衡にずれる → 不透水壁の存在・不完全貫入井の影響
- (c) 長時間経過後、水分低下が平衡 → 帯水層への漏水、定水位境界の存在
- (d) 平衡しかけた水位低下が再度進行 → 不圧帯水層における間隙水の遅れ排水
- (e) 長時間経過後、水位低下が急増 → 不透水境界の存在
- (f) 上に凸状の曲線 → 過剰揚水
- (g) 初期水位が水平でなく起伏している場合
- (h), (i) 複合帯水層の場合 (i) 揚水初期に上に凸の曲線 → 揚水井戸半径の影響

図-1 揚水試験における水位低下パターン

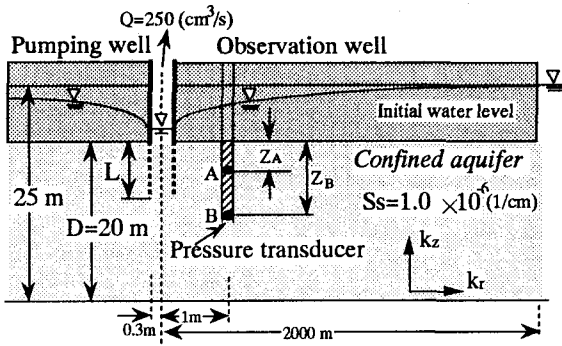


図-2 異方性被圧帯水層における揚水試験モデル

表-1 学習に用いた帯水層条件

$k_r(\text{cm/s})$	$k_z(\text{cm/s})$	k_z/k_r	L/D
1.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}	1.0	0.25
	5.0×10^{-4}	0.5	
	2.0×10^{-4}	0.2	0.5
	1.0×10^{-4}	0.1	
	5.0×10^{-5}	0.05	
	2.0×10^{-5}	0.02	0.75

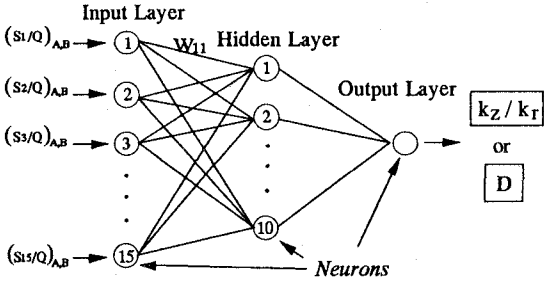


図-3 階層型ニューラルネットワーク

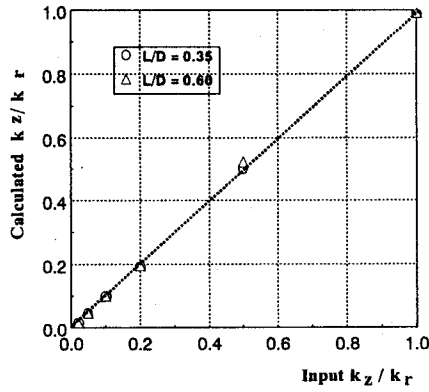


図-4 透水異方性の評価結果

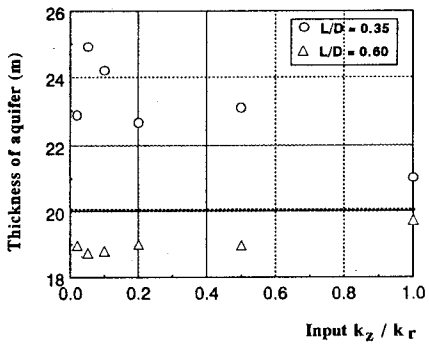


図-5 帯水層厚の評価結果