

ニューラルネットワークを用いた異方性帯水層地盤における揚水試験の解析例

岡山大学工学部 正会員 竹下祐二
 岡山大学大学院 学生会員 ○深見秀樹
 清水建設（株） 正会員 高坂信章
 岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎

1. はじめに

透水試験や貯留係数といった地盤の浸透特性値の原位置試験法として揚水試験法がよく実施されている。しかし、従来、揚水試験の解析手法は、帯水層や試験条件に対して理想的な条件のもとに誘導されたものであり、複雑な境界条件のもとではその適用が困難であった。このような場合の解析法として、数値解析による逆解析手法が提案されている¹⁾。しかし、非線形性の強い非定常計算を大量に行う必要があり、演算時間が過大になるなどの難点を有するため、現場での適用には問題があった。

そこで、本文では、揚水試験データの新しい工学的評価手法として、階層型ニューラルネットワークを用いた浸透特性値の算定システムの開発を試み、実際に計測された揚水試験データに適用を行った例を報告する。

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

ニューラルネットワークは、脳における神経細胞の信号伝達系をモデルとした情報処理法であり、耐ノイズ性、学習・推論機能を有し近年注目を集めている。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地質境界条件の関係を説明するために、バックプロパゲーション（誤差逆伝搬法）²⁾を用いた階層型ニューラルネットワークを構築する。本方法の特徴は

- ① 揚水試験による水位低下曲線と帯水層条件や水理境界条件との離散的な入出力関係をネットワーク内の結合係数として構築できる。
- ② 計測される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算定できる。

図-1に3層ニューラルネットワークの構造を示す。

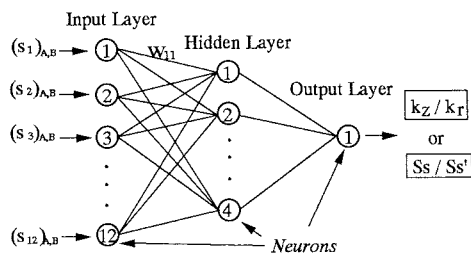


図-1 3層ニューラルネットワーク

3. 解析例

(1) 揚水試験概要

解析に用いた揚水試験の概要を図-2に示す。この試験では、透水試験の異方性を計測するために、パッカーによって区切られたスクリーンより揚水を行って水平及び鉛直方向の流れを発生させる工夫がなされている³⁾。水位計測地点は、図-2中の点A($r=10\text{m}$, $G.L.=-42\text{m}$)、点B($r=10\text{m}$, $G.L.=-48\text{m}$)であり、同一孔内に設置された間隙水圧計が用いられている。計測された水位データを図-4にプロットしている。尚、電気検層の結果から帯水層厚 $D=60\text{m}$ と設定した。

(2) 解析手順

図-3に示すように、まず揚水井の不完全貫入の影響を無視してJacob法により透水係数 k 、比貯留係数 S_e を求める。そして、表-1に示す3通りの透水異方性の条件下で浸透流解析を行って水位低下データを算出し、これをまず1回目の学習データとして学習させる。算定結果を表-2に示す。次に、算出された透水係数を固定して、表-3に示す2通りの比貯留係数 S_e の条件下で同様に浸透流解析を行い、その水位低下データを2回目の学習データとして学習させる。算定結果を表-4に示す。

(3) 浸透特性の算定結果

こうして、ニューラルネットワークにより算定された値で浸透流解析を行い、実際の揚水試験データと比較したものを図-4に示す。ニューラルネットワークの学習、推論機能によりほぼ妥当な値が算出されている

ことが分かる。尚、以上の評価で要した順解析は5回であり、ニューラルネットワークの学習に要した時間は、i486™SX(50MHz)で約20分である。

4. おわりに

本解析法は逆解析法¹⁾と比較して、演算時間が短い点、解析手順が簡便である点、構築されたネットワークを核としてさらにシステムが発展する可能性を有している点ですぐれているので、個人差を生じることなく揚水試験データを現場において迅速に解析することができると考えられる。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試み、帯水層特性の同定システムの検討を進める予定である。

表-1 1回目の学習に用いるパラメータ

k_r (cm/s)	k_z (cm/s)	k_z/k_r	S_s (1/cm)
4.17×10^{-3}	4.17×10^{-3}	1.000	2.07×10^{-6}
5.55×10^{-3}		0.750	
8.33×10^{-3}		0.500	

表-2 1回目の学習・算定結果

k_r (cm/s)	k_z (cm/s)	S_s (1/cm)
5.75×10^{-3}	4.17×10^{-3}	2.07×10^{-6}

表-3 2回目の学習に用いるパラメータ

k_r (cm/s)	k_z (cm/s)	S_s (1/cm)	S_s' (1/cm)	S_s/S_s'
5.75×10^{-3}	4.17×10^{-3}	2.07×10^{-6}	2.07×10^{-6}	1.000
			4.14×10^{-6}	0.500

表-4 2回目の学習・算定結果

k_r (cm/s)	k_z (cm/s)	S_s (1/cm)
5.75×10^{-3}	4.17×10^{-3}	2.67×10^{-6}

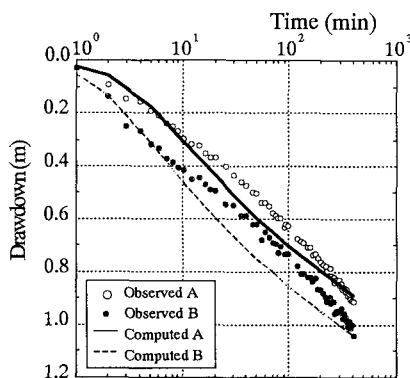


図-4 試験結果と解析結果

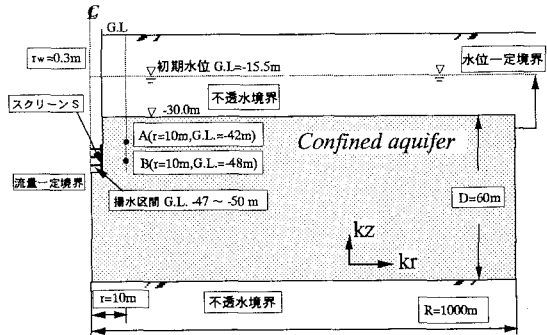


図-2 FEMによる揚水試験解析モデル概要図

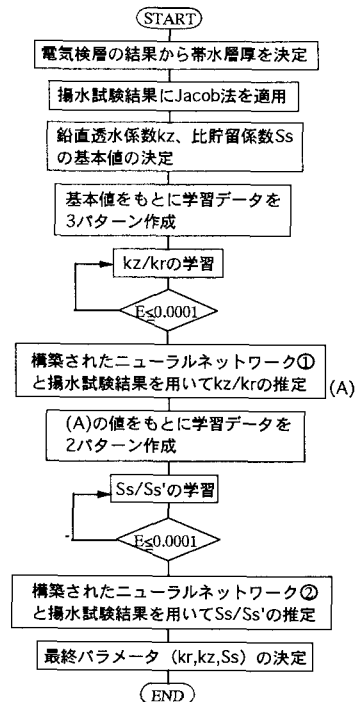


図-3 解析フローチャート

参考文献

- 1) 河野、西垣、竹下(1989):逆解析手法を用いた被圧帯水層における揚水試験結果の解析方法、土質工学会論文報告集、VOL. 29. No. 2, pp. 159~168
- 2) 市川(1993):階層型ニューラルネットワーク、啓文堂
- 3) 高坂、三宅、平野(1990):大深度地下開発における地下水問題と部分用水試験法の提案、地下水学会、第32巻、pp. 209~220