

有限要素法による地下水と河川水の相互関係の研究

宮崎大学大学院 ○学生員 梅田和也
宮崎大学 正会員 杉尾哲

1. はじめに

近年、河川改修においても利便性の追求や防災の目的を果たすだけでなく、景観、自然生態系の保全などさまざまな配慮が求められるようになった。そのため地下水と河川水とがどのような関係にあるかを把握する必要がある。

本研究では、宮崎県北部の延岡平野北部を流れる北川の的野・本村地区を対象として、電気探査法を用いて不圧地下水面分布を推定した。また有限要素法を用いた不圧地下水流動解析を通して、地下水と河川水との相互関係について検討を行った。

2. 電気探査法による地下水面の測定

電気探査法とは、大地に電気を流し、地盤の比抵抗を測定しその量を介して地盤の様子を解釈する方法であり、地下水面の測定にもこの電気的特性を利用できる。

いま地盤が水平二層構造になっていると仮定したとき、図-1のような電極配置を用いた場合に計算される比抵抗 ρ は次式によって与えられる。

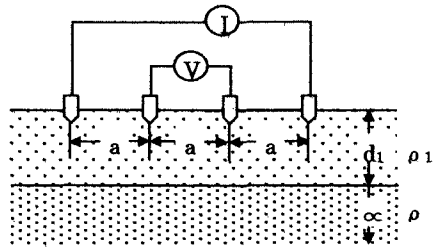


図-1 電極配置

$$\frac{\rho}{\rho_1} = 4 \sum_{n=1}^{\infty} K^n \left[\left\{ 1 + \left(\frac{2nd}{a} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} - \left\{ 4 + \left(\frac{2nd}{a} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} \right]$$

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} = \frac{\rho_2/\rho_1 - 1}{\rho_2/\rho_1 + 1}$$

ゆえに種々のKの値すなわち ρ_2/ρ_1 の値に対して d_1/a と ρ/ρ_1 の関係曲線が得られ、 a 、 ρ の測定曲線をこの関係曲線と比較することによって ρ_1 、 ρ_2 、 d_1 を求めることができる。3層構造以上の場合には、第1層と第2層を等価の単1層とすることによって二層構造として取り扱うことができる。

本研究では解析対象領域において図2に示す25地点において電気探査を行い、不圧地下水面分布および地層断面図を推定し、表-1、

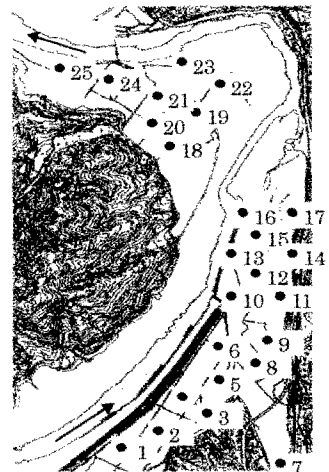


図2 地下水位測定地点

表-1 推定地下水位標高

測点番号	地下水位標高(m)	測点番号	地下水位標高(m)
1	3.3	14	4.0
2	3.8	15	2.8
3	3.5	16	3.3
4	2.6	17	3.5
5	3.5	18	1.5
6	2.6	19	1.7
7	4.2	20	1.6
8	3.2	21	1.7
9	3.8	22	0.8
10	2.7	23	0.7
11	4.2	24	0.5
12	3.3	25	0.2
13	2.5		

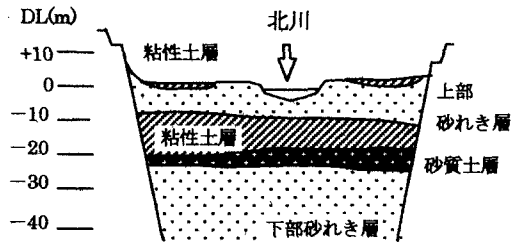


図-3 地層断面図

図-3のような結果を推定することができた。

3. 有限要素法による解析

解析対象領域を図-4に示すように節点数245、要素数415の三角形に分割して有限要素法において地下水の定常流解析を行った。図-3の地盤断面図よりこの対象域の地下水流の形態は不圧帯水層におけるものとした。また解析する上で、次のように境界条件を設定した。

- ① 初期水頭は、電気探査法によって推定された地下水位標高と河川標高を用いた。
- ② 境界下部の節点の指定水頭値は3m~3.5mとする。
- ③ 浸透層厚は、既存の調査と電気探査法によって推定される図-3の地盤断面図をもとに表層から粘性土層までの10mとした。また、透水係数は上部砂れき層を対象として、 $5 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-4}(\text{m/s})$ の範囲で分布させた。

以上の境界条件をもとに地下水位分布を推定してみる。ここで、官崎の平均降水量の10%である $8.6 \times 10^{-5}(\text{m}^2/\text{s})$ が浸透域において定常的にかん養されている状態を前提にすると、図-5のような地下水面分布が見られた。

図-5より右岸においては地下水は平面状に分布しており、主に河川に流出していることが考えられる。一方、左岸においては境界上部において河川水が地下水に流出している様子が見られた。

つぎに、解析対象領域は水害が多く発生する地域であるため、河川水標高を0.2m高く設定して地下水と河川水との相互関係を調べた。図-6にその解析結果を示す。

図-6より、右岸においては3m~4mの地下水面においてはさほど変化が見られなかったが、境界下部の左岸において地下水面の上昇が見られた。境界中央の左岸河川敷においてはワンドに流入していた地下水が河川水に流入する変化が見られた。また境界上部の右岸においても、同様に地下水が河川に流出する変化が見られた。

以上より河川の高水時においては特に左岸の地下水の流れが変化することが考えられる。また、今回の測定は低水時の冬季に行ったため、夏季にはこの様な地下水の流れの変化が見られるのではないかと考えられる。

1) パソコンによる地下水解析

W.キンツェルパッハ著 森北出版
1990 p78~119

2) 電気探査法 志村馨著 昭晃堂 1960

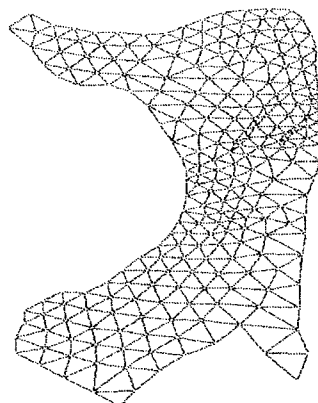


図-4 解析対象領域

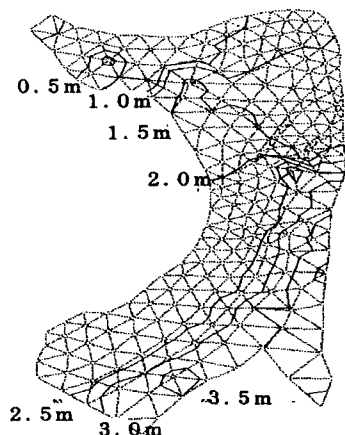


図-5 地下水面分布

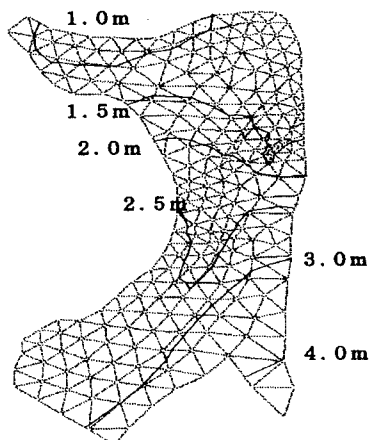


図-6 高水位での地下水面分布