

感潮河口域における異成層自由地下水帯への塩分侵入について

福山大学工学部 正 員 尾島 勝
福山大学大学院 学生員○大賀 祥一

1. はじめに

広島県東部の福山市は、昭和39年備後工業整備特別地域に指定された後、工業開発の拠点として大きな変革を遂げた。そのため、工業用水、都市用水の需要は増加し、河口堰を設けた芦田川の河川水同様、河口域地下水の利用も急増の一途をたどっている。また、この地域の年間総雨量は約1200mmと希少なため、河口域地下水の枯渇、水質悪化がかなり深刻な社会問題となりつつある。したがって、本研究では、異成層自由地下水帯における塩水化予測を定常塩水楔理論¹⁾を用いて推定し、観測値と比較検討するとともに今後の課題を明らかにする。

2. モデルの基本的概念

地下密度流の解析の1つに、静水圧分布則・ダルシー則・連続式に基づく塩水楔定常理論がある。ここで、淡塩界面形状を推定していく上で最も支配的となる変数が淡水流量である。従来、この淡水流量を推定する方法として塩水侵入域での水位変化を対象に行われており、その水位による淡水流量の精度が不明であった。そこで、基礎的な解析モデルを用いて、塩水楔長からある淡水域観測点までの淡水流量をトライアル計算から同定し、2種類の淡水流量を比較検討してその精度を高め、地下水塩水化の予測を行うものである。

3. 解析モデル及び基礎式

図-1に示す解析モデルに対し、図中に示した水理諸量を用いて定式化する。

静水圧分布則：

$$p_1 = \rho_f g(z + \eta_1) \dots\dots\dots (1)$$

$$p_2 = \rho_f g(h_1 + \eta_1) + \rho_s g(z - h_1) \dots\dots\dots (2)$$

ダルシー則：

$$u_f = -k_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial x}, \quad u_{f1} = -k_2 \frac{\partial \eta_2}{\partial x}, \quad u_{f2} = -k_2 \frac{\partial \eta_2}{\partial x} \dots\dots\dots (3)$$

連続式：

$$\left. \begin{aligned} u_f(\eta_1 + h_1) &= Q_f = Q_{L1} \\ u_{f1}(\eta_2 + H_1) + u_{f2}h_2 &= Q_{L2} \\ Q_L &= Q_{L1} = Q_{L2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

以上より次式が得られる。

第1層について、

$$\left(\frac{h_1}{h_{10}}\right)^2 - 1 = \frac{2|Q_L|x}{\epsilon k_1 h_{10}^3} \dots\dots\dots (5)$$

第2層について、

$$\left(\epsilon + \frac{k_2}{k_1}\right)\left(\frac{h_2}{h_{10}}\right)^2 + 2\left(\frac{h_2}{h_{10}}\right)\left(\frac{H_1}{h_{10}}\right) = \frac{2|Q_L|(x-L_1)}{\epsilon k_1 h_{10}^3} \dots\dots\dots (6)$$

以上の提案式を用いて解析を実施する。

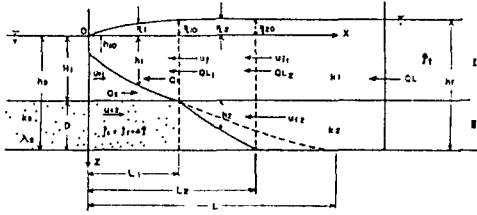


図-1 解析モデル

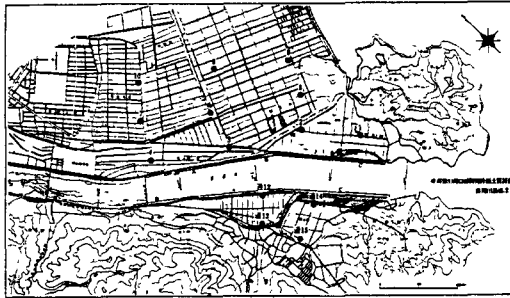


図-2 対象域

4. 対象感潮河口域

対象域は図-2 に示すように、福山市南部の芦田川河口域の左岸側の面積約5km²の小地域であり、芦田川河口堰が建設される以前の昭和41年～43年までの観測データによるものである。地下水観測の目的で設置されたボーリング孔10個（Na1～Na10）と海岸部付近の水位ならび塩分濃度のデータを用いた。また、解析モデルに用いる数値としては、平均層厚は土質資料より上部は埋立土および海成堆積砂で形成された透水層で約5m、下部はシルト質砂の難透水層で約7mである。各平均透水係数は透水試験より 4.33×10^{-3} 、 1.87×10^{-5} (cm/sec) と推定される。

5. 数値計算結果と観測結果の比較検討

今回、解析モデルに適應する断面として、地層が安定しており、等水位線に垂直である断面（Na5～7）について行った。表-1 に示すものは原点からの距離ならび水位差である。また、 Q_{LH} は従来の方法であり、 Q_{LE} が今回試みた方法である。このように、Na6、Na7での流量 Q_{LE} と比較して、Na5 での流量 Q_{LH} は約 1.8倍程度の結果が得られた。また、他の観測日の結果では $Q_{LH}/Q_{LE} = 1.2 \sim 1.8$ であった。このことから、淡塩界面形状を推定する上で明らかに相違がみられる。そこで、以下で比較検討することにする。図-3、図-4に示すものは、 Q_{LH} 、 Q_{LE} による界面形状の比較ならびにNa5 での相対塩分濃度鉛直分布である。ここで、 Q_{LH} による淡塩界面形状の塩水侵入面積ならび塩水楔長が Q_{LE} のそれと比較して過小的な結果が得られた。また、Na5 の相対塩分濃度鉛直分布と比較すると、 $Z=6.2$ mの位置で濃度勾配が急変しており Q_{LE} による淡塩界面の塩水化水深とよく一致している。このことから、 Q_{LH} を算出する塩水域での水位差は、淡塩境界面付近での分散作用や複雑な流速変化が発生することにより、誤差が生じたものと考えられる。一方、淡水域では、多量の揚水や遮水構造物がこの断面にはないため、安定した流量が供給されていると思われる。

このことから、今回の淡水流量算出方法は、現地観測において十分観測点が得られない場合においても、かなり高い精度で淡塩界面形状の推定ならび塩水侵入を予測することが可能である。

6. おわりに

本報告では、淡水流量について重点をおいて解析を行い、塩水侵入予測を進めた。今後より精度の高い解析を行うには、効果的にデータを集計し、誤差の原因を解明していくことが重要であると思う。

【参考文献】

- 1) 尾島勝、天羽誠二：感潮河川内浚渫による地下水塩水化の変化予測、第29回海講論文集
- 2) 建設省中国地方建設局福山工事事務所：芦田川河口堰（調査編）

表-1 淡水流量の算定

	L (m)	h (m)	Q_L (m ³ /sec)
Na 5	80	0.247	$Q_{LH}: 3.46 \times 10^{-7}$
Na 6	892	0.902	$Q_{LE}: 2.27 \times 10^{-7}$
Na 7	2153	1.673	$Q_{LE}: 1.92 \times 10^{-7}$

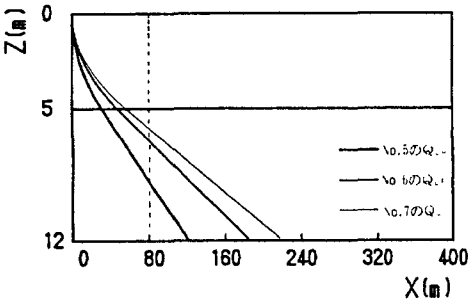


図-3 淡塩界面推定形状図

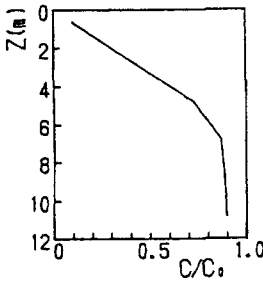


図-4 相対塩分濃度鉛直分布図