

II-93

現地海岸帯水層における横分散定数推定法の適用性について

九州産業大学工学部 正会員 細川 土佐男
九州大学工学部 正会員 梶井 和朗
九州大学工学部 正会員 神野 健二

1. はじめに

著者らは、これまでに海岸被圧帯水層における塩水楔近傍の鉛直方向の塩分濃度分布の測定値から横分散定数を簡便に推定する方法について、室内実験及び数値計算により検討を加えその妥当性を示した¹⁾。本報では、現地海岸不圧帯水層を対象に本推定法を適用して推定した横分散定数を用い、断面二次元移流分散方程式と地下水流れの基礎式を連立して数値計算し、これによって得られる塩分濃度の数値解により、異なった観測位置での濃度分布から横分散定数を推定する場合の適用性について検討を加えるものである。

2. 現地帯水層の概略

図-1には、本研究で対象とする現地海岸帯水層(福岡市東区西戸崎海岸)の概略を示している。土質柱状図に示すように、地表面から深さ 約9.6m以上では、シルト層となり透水性が極めて小さく難透水層と考えられ、この位置を不透水境界としている。深さ 9.6m以下では貝殻木片等が混入しているが、一様な砂層地盤と考えられる。塩分濃度分布の観測は、1978年2月24日1時00分に行われたものであり、この時の塩水深は平均潮位に相当する。

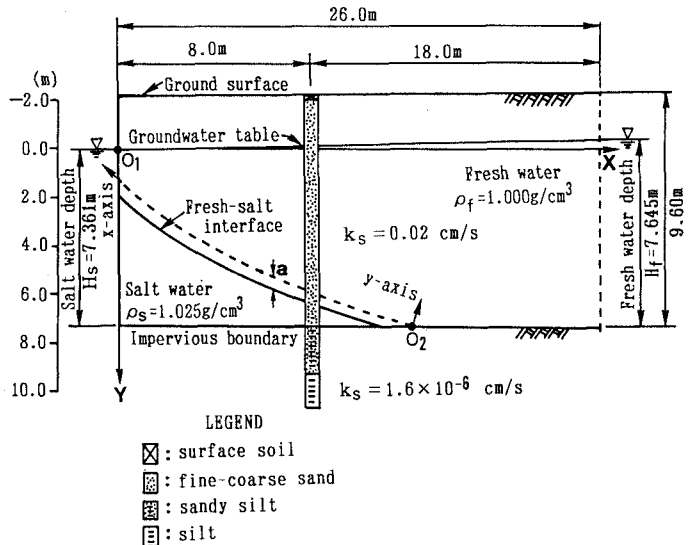


図-1 現地海岸帯水層の概略

3. 基礎式と本推定法の現地への適用

図-1のO₁-XY座標系における二次元移流分散方程式および地下水流れの基礎式は次式で与えられる。

$$\{C(h) + \alpha S_s\} \partial h / \partial t = \partial \{k(h) \partial h / \partial X\} / \partial X + \partial \{k(h) \partial h / \partial Y - k(h) \rho / \rho_f\} / \partial Y \quad \dots (1)$$

$$\partial (\theta C) / \partial t + \partial (u' \theta C) / \partial X + \partial (v' \theta C) / \partial Y = \partial (\theta D_{xx} \partial C / \partial X + \theta D_{xy} \partial C / \partial Y) / \partial X + \partial (\theta D_{yx} \partial C / \partial X + \theta D_{yy} \partial C / \partial Y) / \partial Y \quad \dots (2)$$

ここに、 S_s : 比貯留係数、 $C(h)$: 比水分容量、 h : 圧力水頭、 t : 時間、 k : 透水係数、 ρ : 流体密度、 ρ_f : 淡水密度、 θ : 体積含水率、 C : 塩分濃度、 u' , v' : X, Y 方向の実質流速、 $D_{xx}, D_{xy}, D_{yx}, D_{yy}$: 分散係数で、帯水層の分散に関する等方性を仮定すると、次式のように流速依存型で与えられる。

$$\theta D_{xx} = \alpha_L u'^2 / V + \alpha_T v'^2 / V + \theta D_m, \quad \theta D_{yy} = \alpha_T u'^2 / V + \alpha_L v'^2 / V + \theta D_m \quad \dots (3)$$

$$\theta D_{xy} = \theta D_{yx} = (\alpha_L - \alpha_T) u' v' / V$$

ここに、 $V = (u'^2 + v'^2)^{1/2}$ 、 α_L : 縦分散定数、 α_T : 横分散定数、 D_m : 浸透層内の分子拡散係数である。

本推定法は、図-1の不透水境界上に原点座標O₂をとり、非混合淡塩水境界面の式に平衡な軸²⁾、すなわち、

$$Y = h(X) + a = (q / \varepsilon k) \{ (2 \varepsilon k / q) X + 0.5 \}^{1/2} + a \quad \dots (4)$$

をx軸、これに垂直にy軸をとった曲線座標系での、塩分濃度の近似解¹⁾:

$$C(x, y) = 100 \left[1 - \left\{ 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\eta}^{\infty} \exp(-\xi^2 / 2) d\xi \right\}^{1/2} \right] \quad \dots (5)$$

$$\eta = y / \sqrt{2\alpha_T x}$$

と実測の鉛直方向の塩分濃度 $C_h(X_0, Y)$ との誤差の自乗の和が最小になるように、式(5)の相似定数 η 中の横分

散定数 α_T を推定するものである。ここに、 X, Y : 図-1の点 O_1 を座標原点とする直角座標軸、 h : X 軸から淡塩水境界面までの深さ、 q : 陸側から流出する淡水の単位幅流量、 k_s : 飽和透水係数、 ρ_s : 塩水密度、 a : 淡塩水境界面と x 軸との移動距離、 ε は相対密度であり $\varepsilon=(\rho_s-\rho_f)/\rho_f$ で表される。また X_0 は、原点 O_1 から観測井までの距離、 a は淡塩水境界面と x 軸との移動距離である。

4. 結果と検討

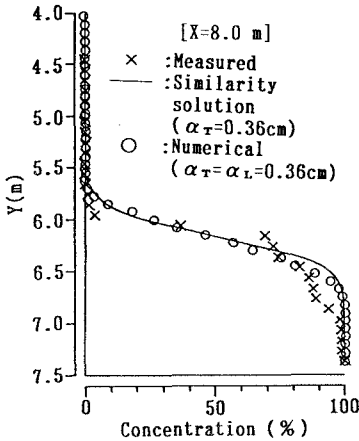


図-2 鉛直塩分濃度分布

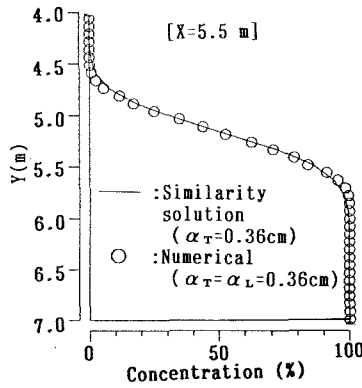


図-3 鉛直塩分濃度分布

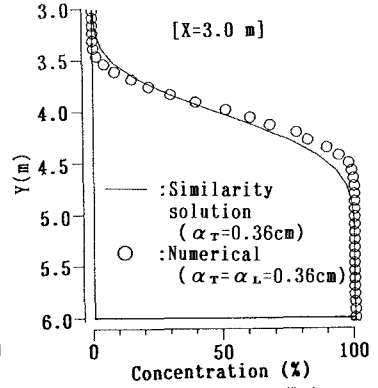


図-4 鉛直塩分濃度分布

図-2には、 $X=8.0\text{m}$ での推定値 α_T を式(4)の近似解に代入して求めた推定濃度分布（実線）と実測値（ $\times$ 印）及び推定値 α_T を用いて求めた数値解の濃度分布（ $\circ$ 印）との比較を示している。推定曲線と数値解の濃度分布は一致し、数値解による濃度分布は実測値をほぼ再現しているといえよう。

図-3と図-4には、 $X=5.5\text{m}$ と $X=3.0\text{m}$ での推定濃度分布（実線）と数値解の濃度分布（ $\circ$ 印）を示している。 $X=3.0\text{m}$ での推定曲線は数値解の濃度分布に比べて広がりが少し大きいようであるが、 $X=5.5\text{m}$

ではよく一致している。また、3つの観測位置における数値解の濃度分布を用いて推定すると、 $\alpha_T=0.22\text{cm}$ 、 $\alpha_T=0.36\text{cm}$ および $\alpha_T=0.57\text{cm}$ が得られ、多少のばらつきがあるもののオーダーは一致している。このことから、塩水楔領域内の海側に近い観測位置は避けて、2～3ヶ所の観測位置での実測濃度分布を用いて推定を行い、その平均値を用いればよいと考えられる。

図-5には、海岸帯水層内の流況と等濃度線の数値解を示している。非常に遅い速度で侵入した塩水は、塩水楔先端部で反転し、陸側からの淡水の流れにのって、等濃度線とほぼ平行に海側へと流出する流況が再現されている。

参考文献

- 1) 枘井、細川、神野、伊藤：海岸帯水層における鉛直塩分濃度分布に基づく横方向分散定数の推定方法、土木学会論文集、第411号／Ⅱ-12、pp.45-53、1989年11月。
- 2) 土木学会水理委員会編：水理公式集、土木学会、pp.384-390、1985。

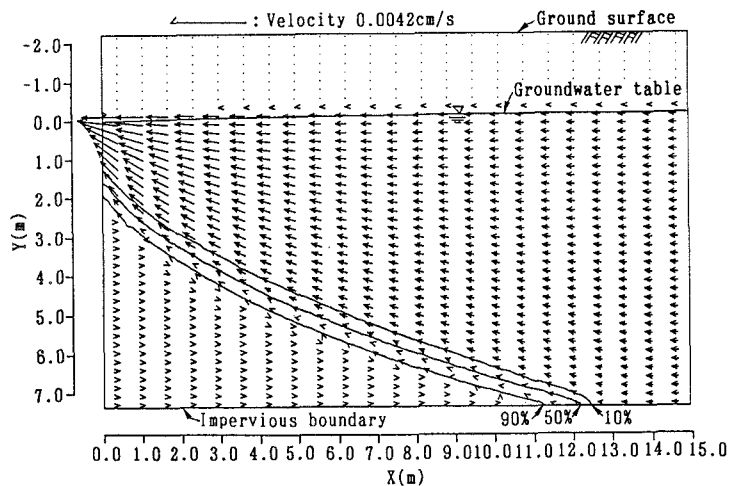


図-5 流況と塩分濃度分布