

現地海岸帯水層における横分散定数の推定値の検討

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、これまでに被圧帯水層において観測井を利用して測定した塩水楔近傍の鉛直方向の塩分濃度分布から横分散定数を簡便に推定する方法について、室内実験により検討を加えその妥当性を示した¹⁾。本報では、現地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の妥当性について、分散を考慮した断面2次元の数値計算を行い鉛直方向の塩分濃度分布を再現することによって、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。実測による帯水層の全長は、30mである。しかし、海岸線の形状および潮位によって海側の帯水層の長さの測定基点が変わることを考慮していないことから、この帯水層の長さの領域で非混合定常淡塩水境界面を数値計算により求めると境界面が観測井まで侵入しない。そのために、実測の塩分濃度の90%の位置を数値計算による淡塩水境界面が通過するまで、帯水層の長さを海側から短くして26mにしている。また、地表面から深さ約

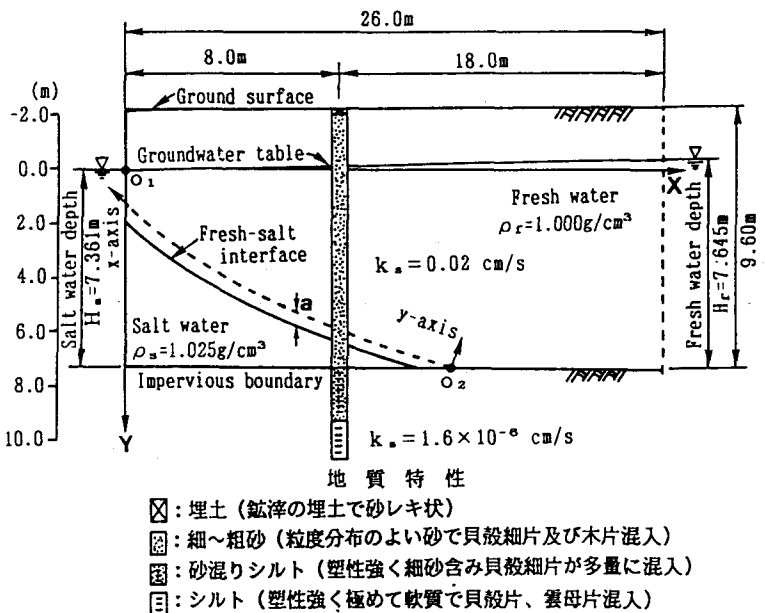


図-1 現地海岸帯水層の概略

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。

3. 基礎式と本推定法の現地への適用

図-1の0₁-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。

$$[C(h) + \alpha S_s] \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[k(h) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k(h) \frac{\partial h}{\partial y} - k(h) \frac{\rho}{\rho_f} \right] \quad \dots (1)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (u' C)}{\partial x} + \frac{\partial (v' C)}{\partial y}$$

$$= \frac{\partial (D_{xx} \frac{\partial C}{\partial x} + D_{xy} \frac{\partial C}{\partial y})}{\partial x} + \frac{\partial (D_{yx} \frac{\partial C}{\partial x} + D_{yy} \frac{\partial C}{\partial y})}{\partial y} \quad \dots (2)$$

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、 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。

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

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。

図-1の不透水境界上に原点座標 O_2 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は、 y 方向の実質流速による移流項が省略でき、 x 方向の分散が y 方向の分散に比べて無視できると仮定する。ここに、 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、 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。さらに分子拡散が機械的分散に比べて無視できるとすると、式(2)、(3)は、次式のように簡略化できる。

$$u \partial C / \partial x = \alpha_r \partial (u \partial C / \partial y) / \partial y \quad \dots (5)$$

ここに、 u : x 方向の実質流速である。上式の実質流速 u と塩分濃度 C の分布に相似則が成り立つと仮定し、相似関数 $f(\eta)$ を用いて曲線座標系での塩分濃度の近似解を求めると次式となる¹⁾。

$$C(x,y)=100[1-[1-(1/\sqrt{2\pi})\int_{\eta}^{\infty} \exp(-\xi^2/2)d\xi]^{1/2}] \quad \dots (6)$$

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

本推定法は、塩分濃度の近似解 C 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(6)の相似定数 η 中の横分散定数 α_r を推定するものである。ここに、 X_0 は、原点 O_1 から観測井までの距離である。なお、非混合淡塩水境界面に平行な x 軸の算定のために、 ε 、 k の他に淡水流量 q を与える必要がある。現地において、観測井を用いた観測結果により精度よい淡水流量 q の算定は困難であると考えられる。ここでは、非混合淡塩水境界面は、実測の塩分濃度の90%位置を通過すると仮定して、この位置 (X_0, Y_0) を $a=0$ の場合の式(4)に代入することによって、淡水流量 q を求めている。

4. 推定結果と検討

図-2には、鉛直塩分濃度分布の実測値に対して、本推定法適用して得られた近似解と実測値との誤差の自乗和 J の横分散定数 α_r に対する応答を示している。 α_r の変化に対する J の感度はきわめてよいといえる。

図-3 には、推定値 $\alpha_r = 0.36\text{cm}$ を用いて、式(1)、

(2)の数値計算¹⁾により求め

た塩分濃度分布(実線)と推定値よりも1オーダー大きい $\alpha_r = 3.6\text{cm}$ を用いて数値計算により求めた塩分濃度分布(破線)および実測値($\times$)と

の比較を示している。推定値を用いた数値計算による塩分濃度分布曲線は、実測の塩分濃度分布形状をよく再現しているといえる。また、推定値よりも1オーダー大きい α_r を用いて数値計算により再現した分散・混合幅は、実測のそれよりいくぶん広がっている。これにより、本推定法を現地不圧帯水層に適用して推定した横分散定数を用いて、計算精度のよい計算方法で計算を行えば、現地濃度分布の再現が可能な事が確認できた。なお、二つの数値計算とも縦分散定数には、 $\alpha_v = 0.36\text{cm}$ を用いている。

参考文献

- 1) 初井、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。

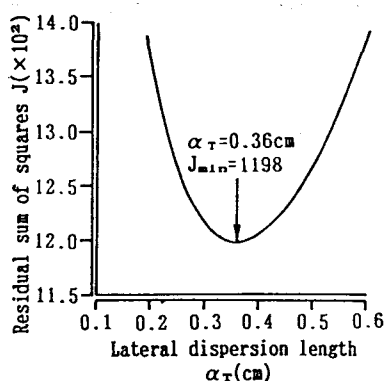


図-2 評価関数

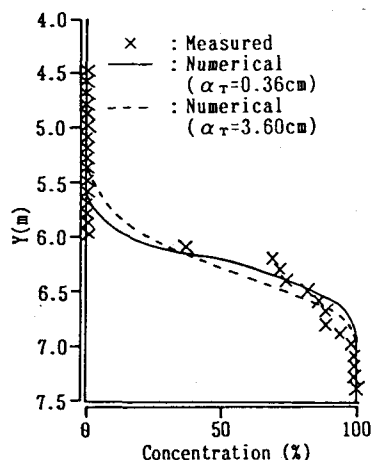


図-3 鉛直塩分濃度分布