

II-100

被圧帯水層内の地下密度流に関する基礎的検討

東 和 大学 正会員 中田 欣也

宮 崎 大学 正会員 杉尾 哲

九州産業大学 正会員 細川 土佐男

1. まえがき 筆者らは前報¹⁾で被圧帯水層内の地下密度流の現象に準一様流の仮定を用いた数値計算手法の適用を試みて、ある程度の精度で計算できることを確かめた。しかし、海側境界上の淡塩境界面の位置が実験結果よりも低く算定されることにより、全体として淡塩境界面の形状がよく一致しているとは言えなかった。そこで、本報は前報の手法に改良を加えて行った数値計算と砂箱モデル実験との比較を行い検討したものである。

2. 基礎方程式 図-1に示すように、下部不透水層面を基準面($z=0$)にとって、 h_f を淡水ポテンシャル、 h_s を淡塩境界面の高さ、 D を被圧帯水層の厚さ、 S_0 を比貯留量と考えると、被圧帯水層内の基礎方程式は次のようである。

○淡水領域の淡水ポテンシャルについて

$$S_0(D-z) \partial h_f / \partial t = \partial (K(D-z) \partial h_f / \partial x) / \partial x \quad \dots (1)$$

○淡塩水領域の淡水ポテンシャルについて

$$S_0(D-h_s) \partial h_f / \partial t - n \cdot \partial h_s / \partial t = \partial (K(D-h_s) \partial h_f / \partial x) / \partial x \quad \dots (2)$$

○淡塩境界面の移動について

$$n \cdot \partial h_s / \partial t = \partial (K(h_s - z) (\rho_f / \rho_s \partial h_f / \partial x + \Delta \rho / \rho_s \partial h_s / \partial x)) / \partial x \quad \dots (3)$$

ここに、 n は有効空隙率、 K は透水係数、 ρ_s は塩水の比重、 ρ_f は淡水の比重、 $\Delta \rho = \rho_s - \rho_f$ である。

3. 数値解析について

前報においては比貯留量 S_0 は非常に小さいとして無視し、(1)式の左辺を0とおき、(2)式の左辺第1項も0とおいた式より、陰形式の差分式になおして数値計算を行った。しかし、この方法では海側境界上の淡塩境界面の位置の算定に若干の問題が残ったので、本報においては比貯留量 S_0 を考慮した(1)式、(2)式を用いて Δt に関して後退差分になおした陰形式の差分式により計算を行なった。この場合、 S_0 の値は通常 $10^{-3} \sim 10^{-5}(\text{cm}^{-1})$ 程度であると言われているが、本報においては、 10^{-4} を与えて計算を行った。次に、

淡塩境界面先端の計算は図-2に示すように、不透水層面下にも淡塩境界面が一部存在するものとして仮想境界面(一点鎖線)を考えて、 $h_{s,i}$ と $h_{s,i+1}$ の値を用いて $h_{s,i-1}$ を直線的に外挿して、常に*i*点より右側(海側)に向かって計算を進めるようにしている。さらに、海側境界上の淡塩境界面の位置については図-3に示すように、海側境界より内側の3点の値を用いて、2次曲線外挿により求めている。

この時に外挿された値は実験結果の定常値と比較して見るといくぶん低く外挿されるので、 α なる外挿係数を用いて算定するようにしており、算定式は次のようである。 $h_{s,M} = \alpha \cdot (3 \cdot h_{s,M-1} - 3 \cdot h_{s,M-2} + h_{s,M-3}) \dots (4)$ なお、 α は不圧問題同様、1.03としている。

4. 実験結果と解析結果の比較検討 図-4は被圧帯水層内の淡塩境界面の侵入状況について、帯水層の

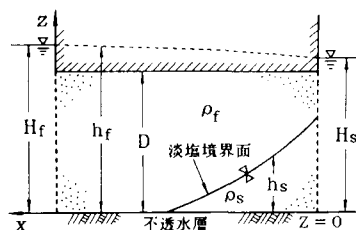


図-1. 解析モデル

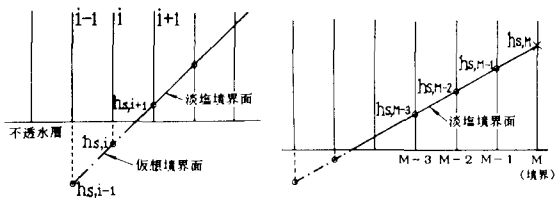


図-2. 淡塩境界面先端

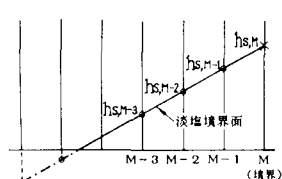


図-3. 海側境界値

厚さ D を50cmにとって行った実験結果と定常値は実験値を与えて行った計算結果を対比して示したものである。始めに、淡水水位 H_f を54.5cm、塩水水位を53.0cmに保って、比重 $\rho_s=0.025$ の塩水を用いて3時間程度待って定常状態の淡塩境界面を形成させておき、非定常の過程は瞬間的に淡水水位を53.0cmに降下させて実験したものである。この場合の透水係数 K は0.246cm/sec、有効空隙率 n は0.230となった。なお、実験状況の参考のために写真-1、2を載せているが、これらより淡塩境界面の形状は、先端からほぼ20～30cmの範囲においてほとんど直線的な形状を示していることがわかる。次に、本報における検討事項の1つであった淡塩境界面の形状について、海側境界上の淡塩境界面の位置を実験結果と解析結果で比較すると各時間ステップでよく一致したことにより、全体としてよく似た形状を示している事がわかる。しかし、淡塩境界面の先端位置については、360sec時ではよく一致しているものの840sec時では2cm、1320sec時では3cmほど計算結果の方が実験結果よりも早く侵入しており、特に1320sec時では淡塩境界面の位置が全体的に計算結果の方が高くなっており、透水係数や有効空隙率などについても詳細に検討してみる必要があると考える。と同時に計算手法についても、さらに検討することが必要であるとする。

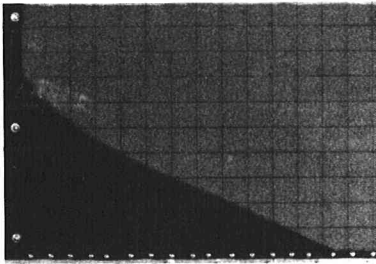


写真-1. 定常状態

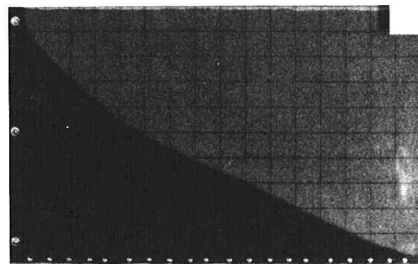


写真-2. 1320 sec

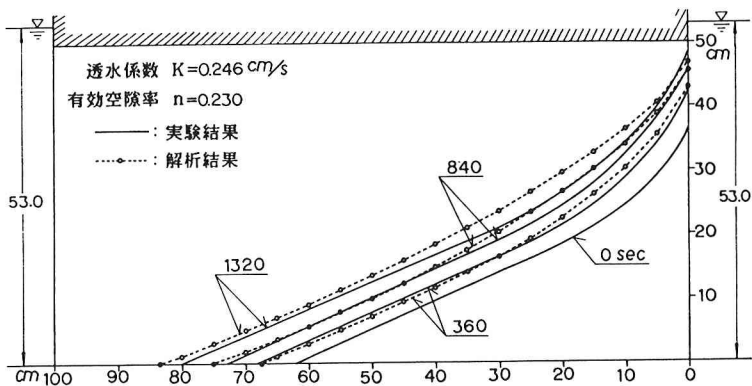


図-4. 実験結果と解析結果の比較

5. あとがき 準一様流の仮定を用いた数値計算手法を被圧帯水層内の地下密度流の現象に適用を試みて、一応の精度で計算できることを確かめた。今後さらに計算方法と実験の両面から検討を行い、新たな知見が得られたならば、ご報告したいと考えている。

○参考文献 1) 中田・杉尾：淡水流出幅を考慮した2次元地下密度流の数値解析（第4報）、昭和61年度西部支部研究発表会、p p. 266～267, 1987.