

II-80

海岸地下淡水の一取水法について

九州産業大学 正会員

崎山 正常

学生員

細川 工佐男

○ 泊 清 志

1. まえがき 海岸付近の砂層地盤において形成される淡塩境界面の非定常過程について、筆者らは、これまでに断面2次元の基礎方程式と淡塩境界面上の、淡・塩水の圧力釣合条件および法線方向の速度(連続)条件とを適用することにより、淡・塩水の両被圧領域を1つの連立方程式に展開して解析を行ってきた。手法的には既にその妥当性を確かめているが、本報では、被圧下の淡水領域に取水施設を設け、これを作動させた場合の塩水侵入過程、あるいは、作動を停止した場合の塩水排除過程について解析し、これらを砂モデル実験により検証した。

2. 基礎方程式 基礎方程式には、非圧縮性の砂層および流体であって、微小時間内の現象は定常であるとしみなした連続の条件

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

に、ダルシーの法則

$$u = -k_x \frac{\partial h}{\partial x}, \quad v = -k_y \frac{\partial h}{\partial y}$$

を適用して得られる

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0 \quad \dots (1)$$

を用いている。ここに、 $\Phi = kh$ である。

解析に当っては、基礎水理諸量と基礎方程式について

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{x}{H_f}, \quad Y = \frac{y}{H_f} \\ \Phi_f &= \frac{\Phi_f - k_f H_s}{k_f H}, \quad \Phi_s = \frac{\Phi_s}{k_s H_s} \\ T_f &= \frac{k_f H}{H_f^2} \cdot t, \quad T_s = \frac{k_s H_s}{H_f^2} \cdot t \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_f}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Phi_f}{\partial Y^2} = 0$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_s}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Phi_s}{\partial Y^2} = 0$$

なる無次元化を行なっている。ただし、

$\Phi_f = k_f h_f$, $\Phi_s = k_s h_s$, $h_f = (P_f/\gamma_f) + y$, $h_s = (P_s/\gamma_s) + y$ である。

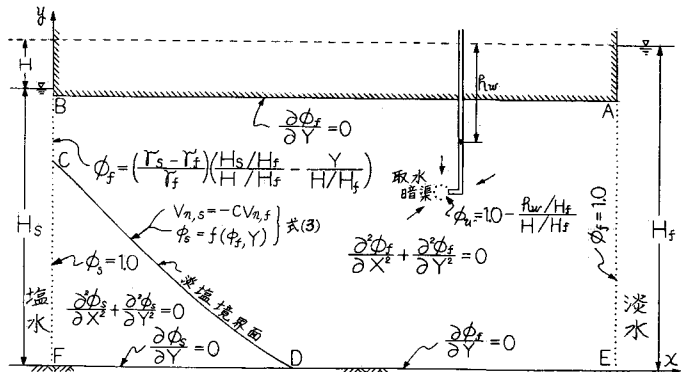


図-1 解析領域と境界条件

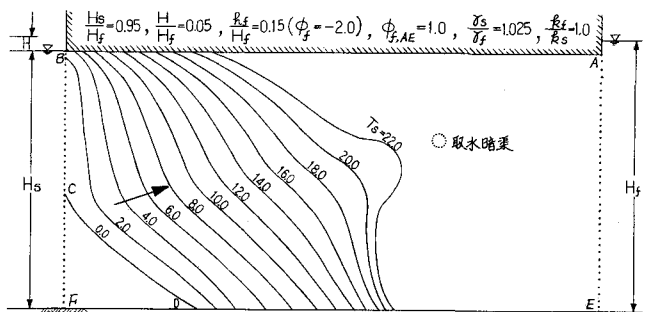


図-2 淡水取水による塩水侵入過程の解析例

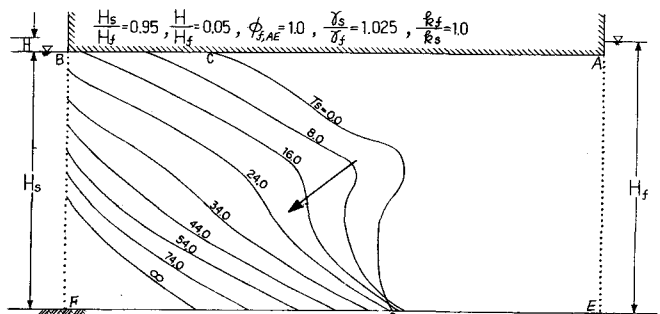


図-3 淡水取水停止による塩水排除過程の解析例

3. 境界条件 境界条件は、図-1に示しているが、特に、淡塩境界面CD上では、圧力釣合条件 $p_f = p_s$ および法線速度条件 $v_{n,s} = -v_{n,f}$ なる条件から

$$\left. \begin{aligned} \phi_s &= \frac{\gamma_f}{\gamma_s} + \frac{\gamma_f}{\gamma_s} \cdot \frac{H/H_f}{H_s/H_f} \phi_f + \left(\frac{\gamma_s - \gamma_f}{\gamma_s} \right) \frac{Y}{H_s/H_f} \\ \text{および} \\ \frac{\partial \phi_s}{\partial X} \frac{dY}{dS} + \frac{\partial \phi_s}{\partial Y} \frac{dX}{dS} &= -C \left(\frac{\partial \phi_f}{\partial X} \frac{dY}{dS} + \frac{\partial \phi_f}{\partial Y} \frac{dX}{dS} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

ただし、 $C = (k_f/k_s) \cdot (H/H_f) / (H_s/H_f)$ である。

4. 塩水の侵入と排除過程の解析例 基礎方程式を解析領域内で差分化し、境界条件を取り入れた9元連立1次方程式をバンドマトリックス化して解き、 ΔT_s 時刻後の淡塩境界面を求め、同様の解析を進めて刻々の淡塩境界面を求めてゆく。

図-2は、淡水水位を H_f に保ち、あらかじめ定常境界面を形成させおき、これを初期条件として、取水施設を作動させ、取水暗渠内の水位を一気に h_w だけ下げ、その後の非定常過程を解析した結果である。また、図-3は、図-2の最終状態を初期条件として、取水施設の作動を停止した状態で淡塩境界面がもとの定常状態におちつくまでの非定常過程を解析した結果である。写真-1～6に黒線で示した解析による淡塩境界面と砂モデル実験のそれとはほぼ一致している。

海岸付近の地盤は一度塩水化されると完全に元の状態には戻らないといわれているが、本報で検討したような機構によって塩水化が制御できるなら海岸地下淡水の有効利用の可能性が追究できるのではないかと考えている。すなわち、淡水取水施設に塩水を引き込まない限界まで取水を行ない、取水停止後は塩水の自然排除による復元を待つて、その後また淡水を取水するというような間歇的取水が考えられ、また、塩水を強制排除すれば復元を早めることもできると考えられる。

なお、今後は、自由表面を持つ海岸地下水に本報の手法を適用し、同様なことを検討してみたい。また、最近、海岸地下水の運動を淡水と塩水の拡散現象としてとらえた研究も行なわれているので、この面からの検討も加えてみたい。

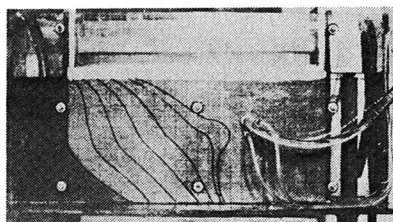


写真-1 淡水取水による塩水侵入過程 (図-2 で $T_s = 0.0$)

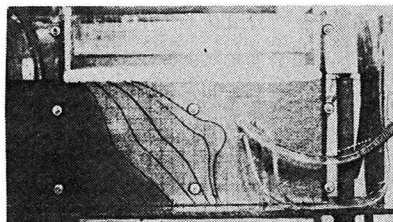


写真-2 淡水取水による塩水侵入過程 (図-2 で $T_s = 8.0$)

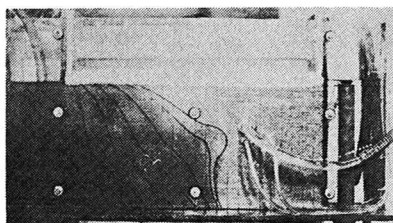


写真-3 淡水取水による塩水侵入過程 (図-2 で $T_s = 20.0$)

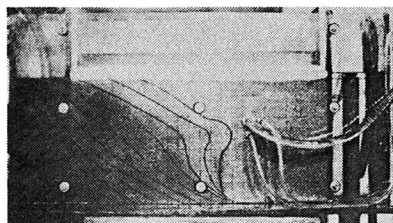


写真-4 淡水取水停止による塩水排除過程 (図-3 で $T_s = 16.0$)

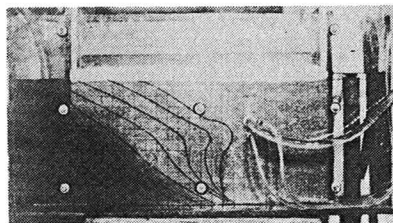


写真-5 淡水取水停止による塩水排除過程 (図-3 で $T_s = 34.0$)

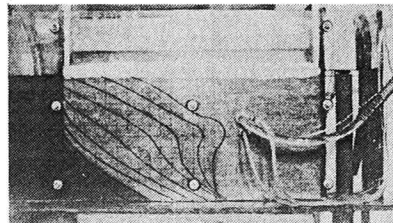


写真-6 淡水取水停止による塩水排除過程 (図-3 で $T_s = 74.0$)

参考文献

- 1) 崎山正常ほか3名：非定常淡塩境界面の一追跡法，昭和57年度西部支部研究，II-30，昭和58年2月。
- 2) 崎山正常ほか2名：2次元非定常淡塩境界面の一追跡例について，水学会第38回年講，II-18，昭和58年9月。