

九州産業大学 正会員

崎山 正 常

J. C. E.

○ 細川 土佐男

菅 近 宏 幸

1. まえがき 海岸付近の砂層地盤では、淡水と塩水とが相互に影響しながら淡塩境界面を形成し運動している。この淡塩境界面の非定常運動については、これまでに数多くの研究が行われている。しかし、これらは準一様流の仮定が前提にしてあったり、淡塩境界面上の取り扱いが複雑であったりするものが多く、これらは必ずしも一般的な境界条件をもつ流れの場の解析手段とはならず、複雑な境界条件下においては、解析が困難であると思われる。そこで筆者らは、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）条件とも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した結果を砂モデル実験により検討し、ほぼ満足できる結果を得た。

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 $\partial u/\partial x + \partial v/\partial y = 0$ に、ダルシーの法則 $u = -k_x \partial h/\partial x$, $v = -k_y \partial h/\partial y$ を適用して得られる $\partial^2 \Phi/\partial x^2 + \partial^2 \Phi/\partial y^2 = 0$ (1) を用いている。ここに、 $\Phi = R h$ である。

解析に当っては、 $X = x/H_f$, $Y = y/H_f$, $\Phi_f = (\Phi_f - R_f H_s)/(R_f H)$, $\Phi_s = \Phi_s/(R_s H_s)$, $T_f = (R_f H/H_f^2) t$, $T_s = (R_s H_s/H_f^2) t$, $\partial^2 \Phi_f/\partial X^2 + \partial^2 \Phi_f/\partial Y^2 = 0$, $\partial^2 \Phi_s/\partial X^2 + \partial^2 \Phi_s/\partial Y^2 = 0$ (2) なる無次元化を行っている。ただし、 $\Phi_f = R_f h_f$, $\Phi_s = R_s h_s$, $h_f = (\Phi_f/R_f) + H$, $h_s = (\Phi_s/R_s) + H$ である。

3. 境界条件 境界条件は図-1および図-4に示しているが、特に、淡塩境界面CD上では、圧力条件 $p = p_s$ および法線速度条件 $u_{n,s} = -u_{n,f}$ なる条件から

$$\left. \begin{aligned} \Phi_s &= \frac{\Phi_f}{\sigma_s} + \frac{\sigma_f H/H_f}{\sigma_s H_s/H_f} \Phi_f + \left(\frac{\sigma_s - \sigma_f}{\sigma_s} \right) \frac{Y}{H_s/H_f} \\ \text{および} \\ \frac{\partial \Phi_s}{\partial X} \frac{dY}{dS} + \frac{\partial \Phi_s}{\partial Y} \frac{dX}{dY} &= -C \left(\frac{\partial \Phi_f}{\partial X} \frac{dY}{dS} + \frac{\partial \Phi_f}{\partial Y} \frac{dX}{dS} \right) \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (3)}$$

ただし、 $C = (R_f/R_s) \cdot (H/H_f)/(H_s/H_f)$

4. 塩水の侵入と排除過程の解析例 基礎方程式を

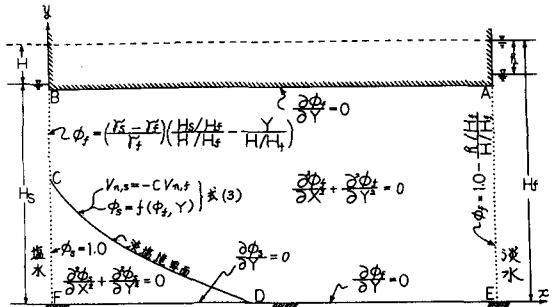


図-1 解析領域と境界条件

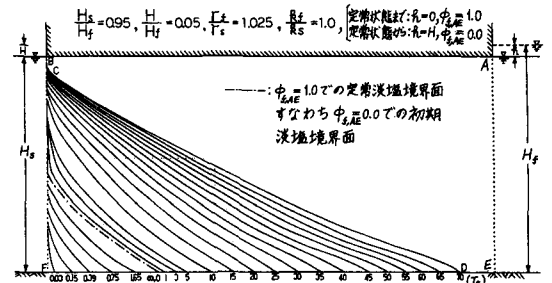


図-2 塩水侵入過程の解析例

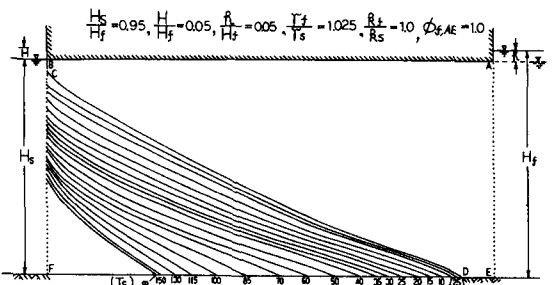


図-3 塩水排除過程の解析例

解析領域内で差分化し、境界条件を取り入れた多元連立1次方程式をバンドマトリックス化して解き、 ΔT 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、領域内の塩水を全て排除した淡水水位から、これを一気に H_f まで下げ、定常淡塩境界面（一点破線）が形成されるまでの非定常過程と、この定常淡塩境界面を初期条件として、淡水位をもさらに h_f （こ

こでは $h_f = H$ ）だけ一気に下げ、その後の淡塩境界面の動きも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、淡水位

を h_f だけ一気に上げ、もとの H_f に保ち、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。これらの結果を砂モデルによ

って検証し、その様子を写真-1～4に示している。

次に、図-4には、領域内に淡水取水暗渠と塩水排水暗渠とも設けた場合の境界条件を示している。図-5は、図-2（あるいは図-3）の状態であ

らじめの定常淡塩境界面を形成させておき、これを初期条件として、取水暗渠内の水位を一気に h_f だけ下げ、その後の非定常過程も解析した結果である。写真-5～6は、この結果を

砂モデルに

図-5 淡水取水による塩水侵入過程の解析例より検証したものである。また、図-6は、図-5の最終状態を初期条件として、取水暗渠も作動させたまま、排水暗渠内の水位を一気に h_s だけ下げ、その後の非定常過程を解析した結果である。解析結果はほぼ妥当であり、未実験の図-6を除いては実験結果とほぼ一致しており、これらのことから本解析手法の妥当性は確かめられたものとする。今後は、図-4のような流れ場において、取水施設だけは常時作動させ、排水施設は、常時あるいは間歇的に作動させる場合の非定常取水量や淡塩境界面についても検討する計画である。

参考文献

- 1) 玉井信行：新体系土木工学 22 密度流の水利，pp.176～177，技報堂，1980年9月。
- 2) 河野伊一郎：非定常濃度流における境界面問題の有限要素解析とその実験的検証，土木学会論文報告集，第313号，pp.65～73，1981年9月。

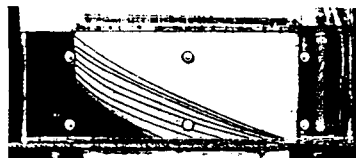
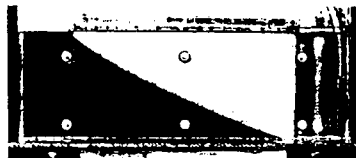
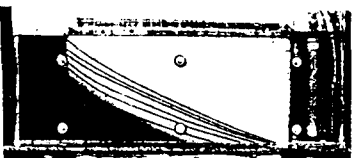
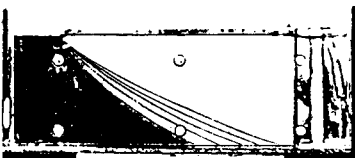


写真-1 塩水侵入過程 (図-2で $T_s=30$)

写真-2 塩水侵入過程 (図-2で $T_s=70$)

写真-3 塩水排除過程 (図-3で $T_s=50$)

写真-4 塩水排除過程 (図-3で $T_s=100$)

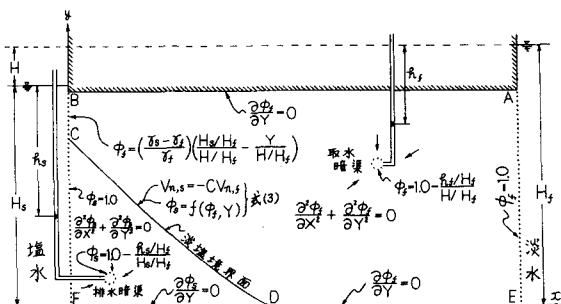


図-4 解析領域と境界条件

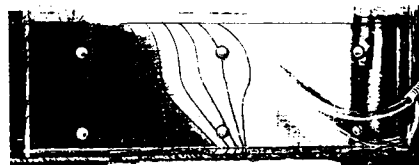


写真-5 淡水取水による塩水侵入過程 (図-5で $T_s=4.0$)

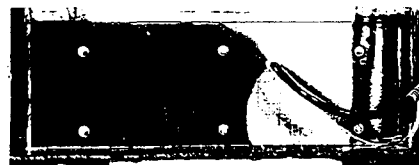


写真-6 淡水取水による塩水侵入過程 (図-5で $T_s=8.0$)

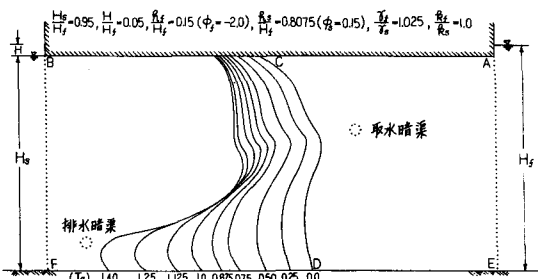


図-6 淡水取水、塩水排水による塩水排除過程