

非定常淡塩境界面の一追跡法

九州産業大学 正会員 崎山 正常
 " " 〇 細川 土佐男
 " " 阿部 孝行
 " 学生員 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^{1),2)}、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い。³⁾そこで筆者らは、断面2次元の基礎方程式を用い、淡塩境界面には、淡・塩水の圧力釣合条件と法線方向の速度(連続)条件とを適用し、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、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、 $\Phi = k h$ である。

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

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 $P_f = P_s$ および法線速度条件 $v_{n,s} = -v_{n,f}$ なる条件から

$$\phi_f = \frac{\gamma_s}{\gamma_f} \frac{H_s}{H_f} \cdot \phi_s - \left\{ \frac{H_s}{H_f} + \left(\frac{\gamma_s - \gamma_f}{\gamma_f} \right) \frac{Y}{H_f} \right\}$$

あるいは

$$\phi_s = \frac{\gamma_f}{\gamma_s} + \frac{\gamma_f}{\gamma_s} \frac{H_f}{H_s} \cdot \phi_f + \left(\frac{\gamma_s - \gamma_f}{\gamma_s} \right) \frac{Y}{H_s / H_f}$$

および

$$\frac{\partial \phi_f}{\partial X} \frac{dY}{dS} + \frac{\partial \phi_s}{\partial Y} \frac{dX}{dS} = - \frac{k_f}{k_s} \frac{H_f}{H_s / H_f} \left(\frac{\partial \phi_f}{\partial X} \frac{dY}{dS} + \frac{\partial \phi_s}{\partial Y} \frac{dX}{dS} \right)$$

----- (3)

がえられる。

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

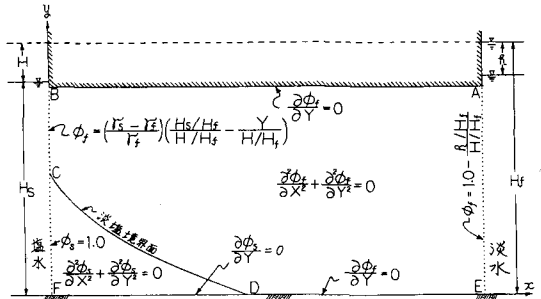


図-1 解析領域と境界条件

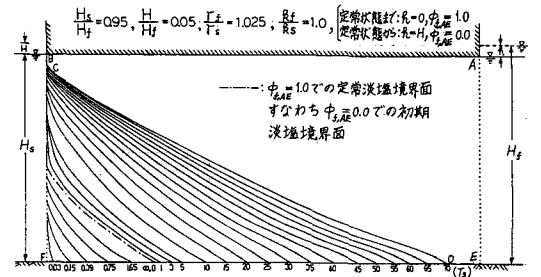


図-2 塩水侵入過程の解析例

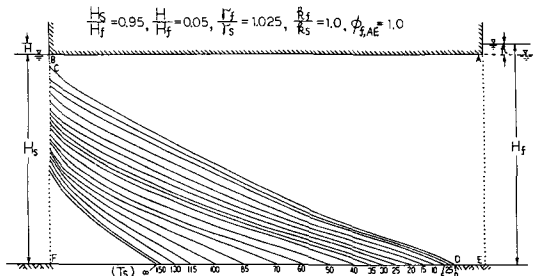


図-3 塩水排除過程の解析例

淡水境界面を求め、同様の解析を進めて刻々の淡水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位から、これを一気に H_f まで下げ、定常淡水境界面(一点破線)が形成されるまでの非定常過程と、この定常淡水境界面を初期条件として、淡水位もさらに h (ここでは $h=H$)だけ一気に下げ、その後の淡水境界面の動きを解析した結果である。

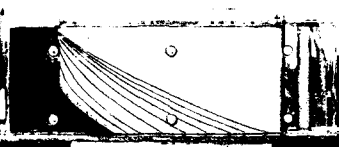


写真-1 塩水侵入過程(図-2で $T_S=\infty$)

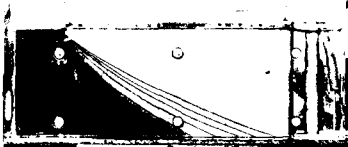


写真-2 塩水侵入過程(図-2で $T_S=30$)

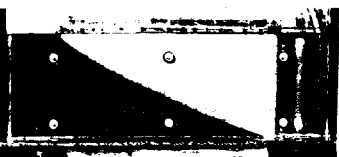


写真-3 塩水侵入過程(図-2で $T_S=70$)

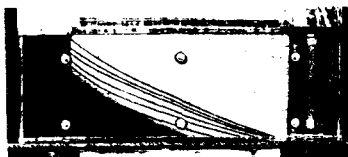


写真-4 塩水排除過程(図-3で $T_S=50$)

次に図-3は、図-2の最終状態を初期条件として、淡水を h だけ一気に上げ、もとの H_f に保ち、淡水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た。その様子を写真-1~5に示している。(写真1~5 → 0.H.P)

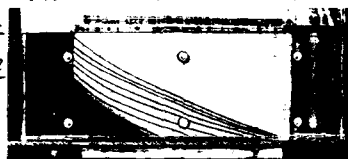


写真-5 塩水排除過程(図-3で $T_S=100$)

また、図-4には、領域内に淡水取水暗渠を設けた場合の境界条件を示している。

この場合の解析は、図-5に例示しているように、図-2(あるいは図-3)の状態であらわじめ定常淡水境界面を形成させておき、これを初期条件として、暗渠内水位も一気に h_w だけ下げ、その後の非定常過程も同様な手法で解析した結果である。写真-6~8は、この結果を砂モデルにより検証したものである。(写真6~8 → 0.H.P)

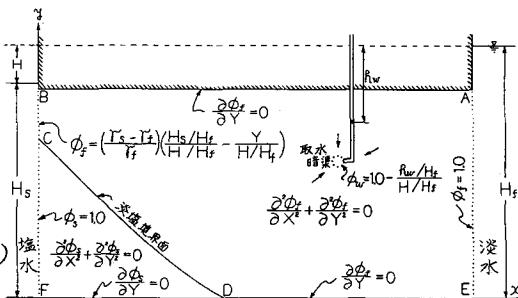


図-4 解析領域と境界条件

とから本解析手法の妥当性は確かめられたものと考えられる。

なお今後は、図-4のよう

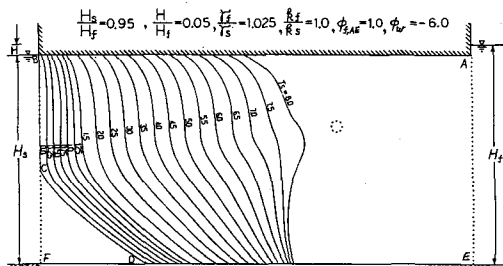


図-5 淡水取水による塩水侵入過程の解析例

に、淡水領域に淡水取水施設を設けるだけでなく、塩水領域にも塩水排除施設を設けて、これらを同時に作動させたり、塩水排除施設だけは間歇的に作動させたりする場合の非定常取水量や非定常淡水境界面についても検討する計画である。未筆ながら、本研究には昭和56年度文部省科学研究費一般研究C(研究代表者 崎山)の補助を受けたことを付記し謝意を表す。

参考文献

- 1) 中田欣也・白地哲也・杉尾 哲：淡水流出幅を考慮した2次元地下密度流の数値解析(第3報)、第37回年報、II-208、昭和59年10月。
- 2) 玉井 修行：密度流の水理、pp.176~177、技報堂、1980年9月。
- 3) 河野 伊一郎：非定常密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。

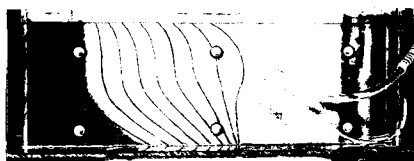


写真-6 淡水取水による塩水侵入過程($T_S=0$)

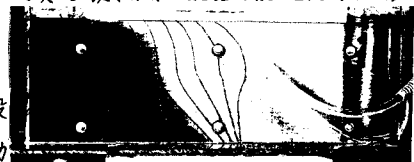


写真-7 淡水取水による塩水侵入過程($T_S=4.0$)



写真-8 淡水取水による塩水侵入過程($T_S=8.0$)