

九州産業大学 正会員 ○ 崎 山 正 常
九州産業大学 正会員 細 川 土 佐 男
九州産業大学 大院生 羽 田 敏 昭

1. まえがき 本報では、図-1に示すA B C Dなる淡水層とD C G Hなる塩水層とにおける取水と排水とを解析の対象とする¹⁾

2. 近似解析解 淡塩水境界面C Dと自由水面A Bとを直線とみなした図-2の近似解析解の結果は次のようになる。まず、上層において $K(m_s)/K(m_f) = L/D_s \dots (1)$, $Y_{f,E} = (\bar{D}_E/D_s) \cdot K(m_s) \dots (2)$, $\alpha_f = \sin^2(Y_{f,E})$, $\beta_f = m_s^2 \alpha_f$, $d_f = (2 - \beta_f)/\beta_f$, $a = \{(\alpha_f - \beta_f) + \alpha_f(1 - \beta_f)\} / \{\beta_f(1 - \alpha_f)\} \dots (3)$, $Y_{f,Eu} = (\bar{E}_u D/D_s) \cdot K(m_s) \dots (4)$, $\phi_{f,Eu} = \{[d_f + a] \sin^2(Y_{f,Eu}) - d_f(1 + a)\} / \{(1 + a) - [d_f + a] \sin^2(Y_{f,Eu})\} \dots (5)$, $\phi_{f,Eu} = \cosh^{-1}(\phi_{f,Eu}) \dots (6)$, $g_f / (R_f R_s) = \pi / \phi_{f,Eu} \dots (7)$ がえられ、下層においても直線C Dを上層に対する対称的な軸と考えれば同様な式がえられる。また、図-3に示す近似淡塩水境界面は

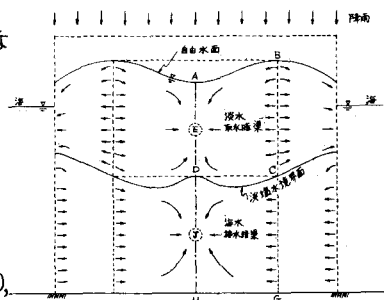


図-1 淡水取水および海水排水の機構

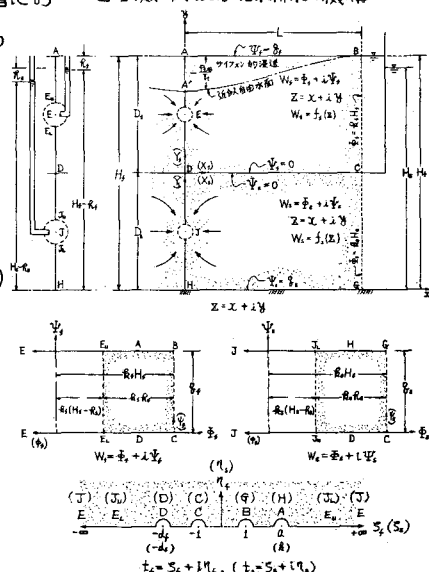


図-2 近似解析による場合の自由水面およびW平面

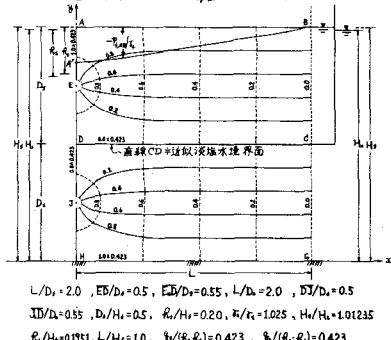


図-3 $\phi_c = \phi_0$ の淡塩水境界面の生起状態の決定

図-4 近似淡塩水境界面と近似自由水面および長方形領域内の流線細図

$$Y_{cd} = y_{cd}/H_s = \left(\frac{\delta_f}{\delta_s - \delta_f} \right) \left(1 - \frac{R_{fs}}{H_s} \cdot \frac{\phi_{s,cd}}{\phi_{s,eu}} \right) - \left(\frac{\delta_f}{\delta_s - \delta_f} \right) \left(\frac{H_f}{H_s} - \frac{R_{fs}}{H_s} \cdot \frac{\phi_{f,eu}}{\phi_{f,eu}} \right)$$

$$\phi_{s,cd} = \cosh^{-1}(-\phi_{s,cd}), \quad \phi_{f,eu} = \cosh^{-1}(\phi_{f,eu})$$

$$\phi_{s,cd} = - \frac{d_s(1 + R) - R(d_s - 1) \sin^2(X_{s,cd})}{(1 + R) + (d_s - 1) \sin^2(X_{s,cd})}$$

$$\phi_{f,eu} = - \frac{d_f(1 + a) - a(d_f - 1) \sin^2(X_{f,eu})}{(1 + a) + (d_f - 1) \sin^2(X_{f,eu})}$$

$$X_{cd} = \frac{x_{cd}}{H_s} = \frac{L}{H_s} \cdot \frac{X_{s,cd}}{K(m_s)}, \text{ or } X_{cd} = \frac{L}{H_s} \cdot \frac{X_{f,eu}}{K(m_f)}$$

となるが、これは図-6上部に示すように殆ど水平な直線となる。

また、図-2に示す近似自由水面は

$$Y_{f,D} = \frac{y_{f,D}}{H_s} = \frac{H_f}{H_s} - \frac{R_{fs}}{H_s} \cdot \frac{\phi_{f,AB}}{\phi_{f,eu}}, \quad \phi_{f,AB} = \cosh^{-1}(\phi_{f,AB}),$$

$$\phi_{f,AB} = \frac{a(d_f + 1) - d_f(a - 1) \sin^2(X_{f,AB})}{(d_f + 1) + (a - 1) \sin^2(X_{f,AB})},$$

$$X_{AB} = \frac{x_{AB}}{H_s} = \frac{L}{H_s} \cdot \frac{X_{f,AB}}{K(m_f)} \dots (9)$$

となる。また、 $p_{s,c} = p_{s,c}$, $p_{f,d} = p_{f,d}$, $y_c = y_d = D_s$ なる条件から

$$\frac{H_f}{H_s} = \frac{\delta_s}{\delta_f} - \left(\frac{\delta_s - \delta_f}{\delta_s} \right) \frac{D_s}{H_s} \dots (10)$$

$$\frac{R_{fs}}{H_s} = \frac{\delta_f}{\delta_s} \cdot \frac{\phi_{f,D}}{\phi_{f,eu}} \cdot \frac{\phi_{s,D}}{\phi_{s,eu}} \cdot \frac{R_{fs}}{H_s} \dots (11)$$

なる地下密度流の特性式がえられる。

なお、この他に図-4に画いている等ポテンシャル線および流線算定式も得ているが、これについては紙面の都

合上ここでは割愛し、講演時に
 かれる。

3. 数値解析 $X=x/H_s, Y=y/H_s, \phi'_s=(R_s H_s - \phi_s)/(R_s R_s), \phi'_s=\psi_s/(R_s R_s), \phi'_s=(R_s H_s - \phi_s)/(R_s R_s), \psi'_s=\psi_s/(R_s R_s) \dots (12)$ なる無次元化を行なう。ただし $\phi_s=R_s\{(R_s/r_s)+y\}, \phi_s=R_s\{(R_s/r_s)+y\} \dots (13)$ である。そうすると $Y_{CD}=\{\phi_s/(R_s-r_s)\}\{1-(R_s/H_s)\phi'_{s,CD}\}-\{\phi_s/(R_s-r_s)\}\{(H_s/H_s)-(R_s/H_s)\phi'_{s,CD}\} \dots (14)$ となり、これを書きかえて、 $\phi'_{s,CD}=f_1(\phi_{s,CD}, Y_{CD}) \dots (14')$ $\phi'_{s,CD}=f_2(\phi_{s,CD}, Y_{CD}) \dots (14'')$ がえられ、これに $P_{s,C}=P_{s,D}, P_{s,D}=P_{s,D}$ および $Y_C=Y_D=D_s$ を適用すると、式(10)と同じ式および式(11)に対する $R_s/H_s=(r_s/r_s)(\phi'_{s,D}/\phi'_{s,D})(R_s/H_s) \dots (15)$ なる地下密度流の特性式がえられる。また、自由水面の式は

$$Y_{AB} = \frac{H_s}{H_s} - \frac{R_s}{H_s} \cdot \phi'_{s,AB} \dots (16)$$

となり、これらを満たす数値解析の結果は、図-6の試行結果を図-5の $\phi-\psi$ 平面へ境界条件として適用することによってえられる。なお、図-8に示す淡水塩水界面の頂点Dが暗渠の下端に達した限界状態の ϕ_s を基準として、これと図-7と9のそれらとの比をとると $0.0749:0.0012:0.0021 \div 36:0.6:1$ となり、上層取水可能量の増加に寄与する下層排水の効果は極めて顕著に現われる。

4. 実験結果 解析結果を砂模型実験によって検討した。その結果、主要水理諸量の理論値と実験値とがよく一致することを確認した。 文献 1) 崎山正常ほか2名：海岸付近の淡水池地盤における効率的な上層取水の方法、本報専集。

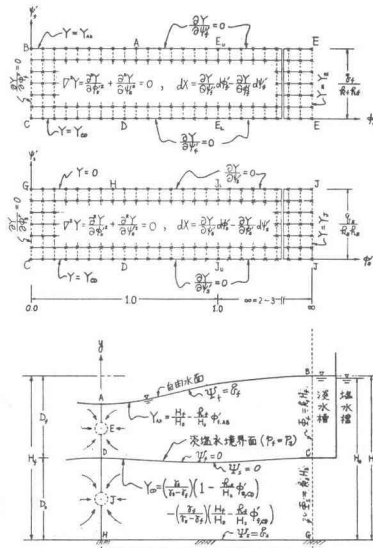


図-5 最終的な $\phi-\psi$ 平面と算定する場合の境界条件

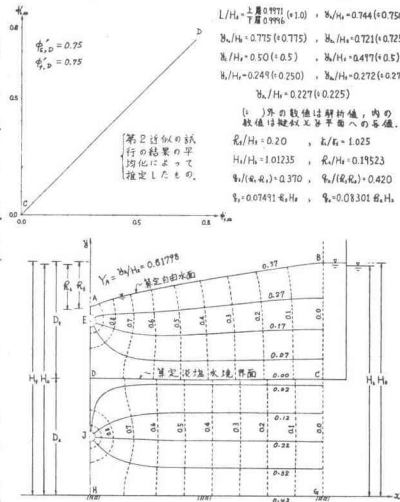


図-7 最終的な流れの場の数値解析

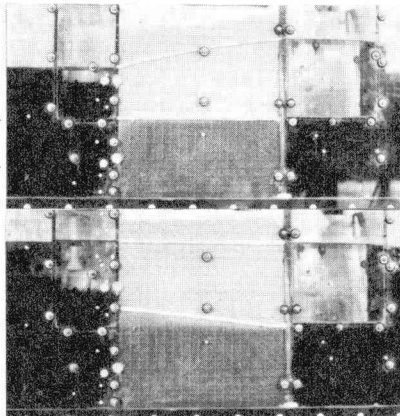


図-8 下層排水中止時の淡水塩水界面と自由水面の状態

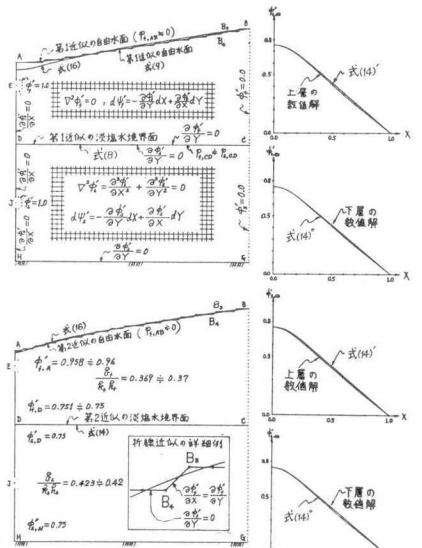


図-6 $\phi-\psi$ および $\phi-\psi$ 平面の境界条件の決定過程(第1,2近似)

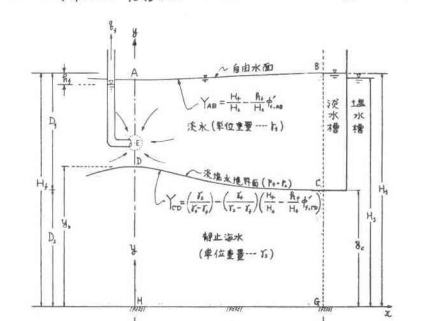


図-8 下層排水中止時の淡水塩水界面と自由水面の状態

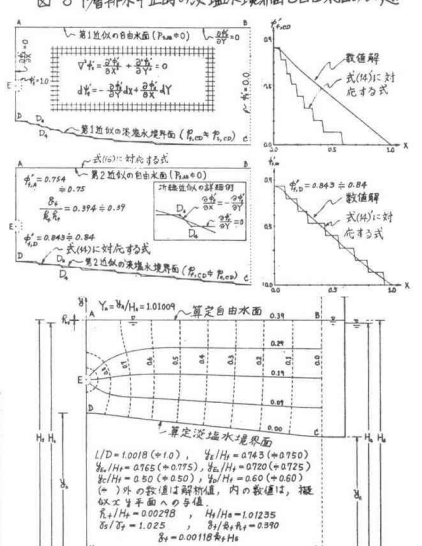


図-9 下層排水中止時の上層取水の数値解析例(一般状態)