

九州産業大学 正員 ○ 崎山 正常
 〃 〃 〃 細川土佐男
 〃 〃 〃 学生 丑田 敏昭

1. まえがき 上層に淡水、下層に塩水が成層をなしている海岸地盤において、上層取水と下層排水とを同時に行なえば、淡塩水境界面上昇あるいは下降の変動量は、取水あるいは排水のどちらか一方だけを行なう場合に比べて少なくなるものと考えられ、このことは取水中への塩水混入の危険性を緩和できるばかりでなく、取水の効率を高める上からも検討に値するものとする。まず、ここでは、淡塩水境界面を水平な面とみなして行なった複素ポテンシャル理論による近似解についてのべ、次に、ほぼ厳密な境界条件のもとでの数値解析理論によるものについてのべる。

2. 解析 右に示したZ平面とW平面とをZ平面を介して Schwarz-Christoffel の定理で結びつけ、通常の記号を用いて若干の演算を行なえば、まず上層において

$$K(m_f)/K(m_f') = L/D_f \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Y_{f,E} = (\overline{ED}/D_f) \cdot K(m_f') \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\alpha_f = \text{Sn}^2(Y_{f,E}/m_f') \quad , \quad \beta_f = m_f'^2 \cdot \alpha_f \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$C_f = \frac{\alpha_f(1-\beta_f) + \beta_f(1-\alpha_f)}{(\alpha_f - \beta_f)} \quad , \quad d_f = \frac{(1-\alpha_f) + (1-\beta_f)}{(\alpha_f - \beta_f)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$Y_{f,E_u} = (\overline{E_uD}/D_f) \cdot K(m_f') \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\zeta_{f,E_u} = \frac{C_f(d_f+1)\text{Sn}^2(Y_{f,E_u}) - d_f(C_f+1)}{(C_f+1) - (d_f+1) \cdot \text{Sn}^2(Y_{f,E_u})} \quad \dots\dots\dots (6)$$

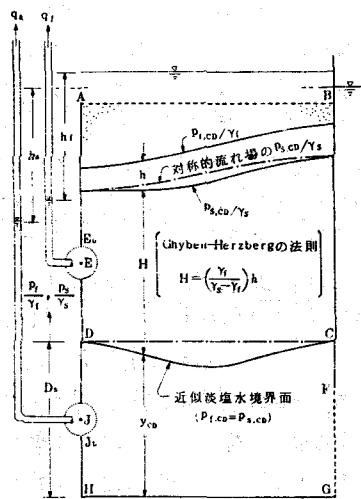
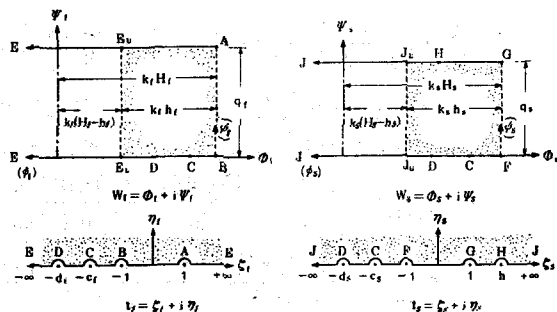
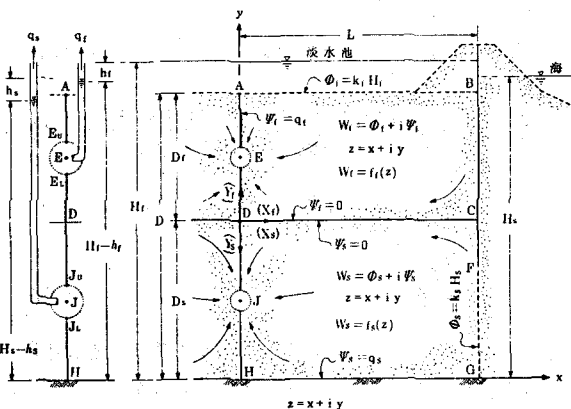
$$\phi_{f,E_u} = \cosh^{-1}(\zeta_{f,E_u}) \quad \dots\dots\dots (7) \quad , \quad \frac{\theta_f}{R_f h_f} = \frac{\pi}{\phi_{f,E_u}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

次に、下層において

$$K(m_s)/K(m_s') = L/D_s \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$Y_{s,J} = (\overline{DJ}/D_s) \cdot K(m_s') \quad , \quad Y_{s,F} = (\overline{CF}/D_s) \cdot K(m_s') \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\alpha_s = \text{Sn}^2(Y_{s,J}/m_s') \quad , \quad \beta_s = m_s'^2 \cdot \alpha_s \quad , \quad \gamma = \beta_s \cdot \text{Sn}^2(Y_{s,F}/m_s') \quad \dots\dots\dots (11)$$



$$C_s = \frac{r(1-\beta_s) + \beta_s(1-r)}{(\beta_s - r)} \dots\dots\dots (12)$$

$$d_s = \frac{(1-r) + (1-\beta_s)}{(\beta_s - r)} \dots\dots\dots (13)$$

$$h = \frac{(d_s - \beta_s)(1-r) + (d_s - r)(1-\beta_s)}{(\beta_s - r)(1-d_s)} \dots\dots (14)$$

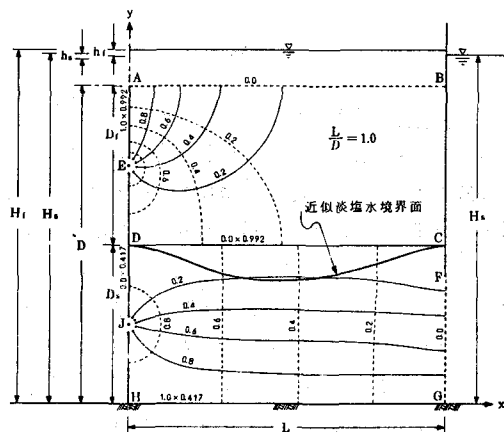
$$Y_{s,JL} = (\overline{JL} \overline{D} / D_s) \cdot K(m_s') \dots\dots\dots (15)$$

$$\mathcal{C}_{s,JL} = \frac{C_s(d_s + h) \operatorname{sn}^2(Y_{s,JL}) - d_s(C_s + h)}{(C_s + h) - (d_s + h) \operatorname{sn}^2(Y_{s,JL})} \dots\dots (16)$$

$$\phi_{s,JL} = \cosh^{-1}(\mathcal{C}_{s,JL}) \dots\dots\dots (17)$$

$$\frac{\mathcal{C}_s}{k_s h_s} = \frac{\pi}{\phi_{s,JL}} \dots\dots\dots (18)$$

$$\begin{aligned} \frac{l_r}{D_r} = 2.0, \quad \frac{\overline{ED}}{D_r} = 0.5, \quad \frac{\overline{EAD}}{D_r} = 0.55; \quad \frac{l_r}{D_s} = 2.0, \quad \frac{\overline{CF}}{D_s} = 0.2 \\ \frac{\overline{DF}}{D_s} = 0.5, \quad \frac{\overline{JL}}{D_s} = 0.55; \quad \frac{J_r}{D_r} = 0.5, \quad \frac{H_s}{D} = 1.10, \quad \frac{h_r}{D} = 0.02 \\ \frac{Y_s}{Y_r} = 1.025, \quad \frac{h_r}{D} = 1.1155, \quad \frac{h_s}{D} = 0.0140, \quad \frac{Q_r}{k_r h_r} = 0.992, \quad \frac{Q_s}{k_s h_s} = 0.417 \end{aligned}$$



がえられる。そこで、流れの場の幾何学的諸元と透水係数

を与えれば、式(1)～(8)および式(9)～(18)の手順をへて取水および排水量が算定される。

次に、前ページ右下に図示したような仮定が成立するとした場合の近似淡水境界面の算定式は

$$\begin{aligned} Y_{cd} = \frac{D_s}{D} + \left(\frac{\mathcal{C}_s}{\mathcal{C}_s - \mathcal{C}_f} \right) \left(\frac{H_s}{D} - \frac{D_s}{D} - \frac{h_s}{D} \cdot \frac{\phi_{s,cd}}{\phi_{s,JL}} \right) - \left(\frac{\mathcal{C}_f}{\mathcal{C}_s - \mathcal{C}_f} \right) \left(\frac{H_f}{D} - \frac{D_s}{D} - \frac{h_f}{D} \cdot \frac{\phi_{f,cd}}{\phi_{f,Eu}} \right) \\ \mathcal{C}_{s,JL} = \cosh^{-1}(\mathcal{C}_{s,JL}), \quad \mathcal{C}_{s,cd} = \cosh^{-1}(-\mathcal{C}_{s,cd}) \\ \mathcal{C}_{f,Eu} = \cosh^{-1}(\mathcal{C}_{f,Eu}), \quad \mathcal{C}_{f,cd} = \cosh^{-1}(-\mathcal{C}_{f,cd}) \\ \mathcal{C}_{s,cd} = - \frac{d_s(C_s + h) - h(d_s - C_s) \operatorname{sn}^2(X_{s,cd})}{(C_s + h) + (d_s - C_s) \operatorname{sn}^2(X_{s,cd})} \\ \mathcal{C}_{f,cd} = - \frac{d_f(C_f + 1) - (d_f - C_f) \operatorname{sn}^2(X_{f,cd})}{(C_f + 1) + (d_f - C_f) \operatorname{sn}^2(X_{f,cd})} \\ X_{s,cd} = (x_{cd}/L) \cdot K(m_s), \quad X_{f,cd} = (x_{cd}/L) \cdot K(m_f) \end{aligned} \dots\dots (19)$$

となる。また $P_{s,c} = P_{f,c}$, $P_{s,o} = P_{f,o}$ なる条件から、

$$\frac{H_f}{D} = \frac{D_s}{D} + \frac{\mathcal{C}_s}{\mathcal{C}_s - \mathcal{C}_f} \left(\frac{H_s}{D} - \frac{D_s}{D} \right) + \frac{h_f}{D} \left\{ \frac{\phi_{s,d} \phi_{f,c} - \phi_{s,c} \phi_{f,d}}{\phi_{f,Eu} (\phi_{s,d} - \phi_{s,c})} \right\}, \quad \frac{h_s}{D} = \frac{\mathcal{C}_f}{\mathcal{C}_s - \mathcal{C}_f} \cdot \frac{(\phi_{f,d} - \phi_{f,c}) \phi_{s,JL}}{\phi_{f,Eu} (\phi_{s,d} - \phi_{s,c})} \cdot \frac{h_f}{D} \dots\dots (20)$$

なる密度流的特性がえられる。次に内部流線および等ポテンシャル線については、たとえば、上層では

$$\begin{aligned} \left(\frac{C_f + 1}{d_f + 1} \right) \frac{(d_f + \mathcal{C}_f)(C_f + \mathcal{C}_f) + \eta_f^2}{(C_f + \mathcal{C}_f)^2 + \eta_f^2} = \left\{ \frac{\operatorname{sn}(Y_f) \operatorname{dn}(X_f)}{1 - \operatorname{dn}^2(Y_f) \operatorname{sn}^2(X_f)} \right\}^2 - \left\{ \frac{\operatorname{cn}(Y_f) \operatorname{dn}(Y_f) \operatorname{sn}(X_f) \operatorname{cn}(X_f)}{1 - \operatorname{dn}^2(Y_f) \operatorname{sn}^2(X_f)} \right\}^2 \dots\dots (21-1) \\ \left(\frac{C_f + 1}{d_f + 1} \right) \frac{(d_f - C_f) \eta_f}{(C_f + \mathcal{C}_f)^2 + \eta_f^2} = \frac{2 \operatorname{sn}(Y_f) \operatorname{dn}(X_f) \operatorname{cn}(Y_f) \operatorname{dn}(Y_f) \operatorname{sn}(X_f) \operatorname{cn}(X_f)}{\{1 - \operatorname{dn}^2(Y_f) \operatorname{sn}^2(X_f)\}^2} \dots\dots (21-2) \\ X_f = (x/L) \cdot K(m_f), \quad Y_f = \{(y - D_s)/D_f\} \cdot K(m_f') \dots\dots (21-3) \\ \mathcal{C}_f = -\cosh(\phi_f) \cos(\psi_f), \quad \eta_f = \sinh(\phi_f) \sin(\psi_f), \quad (0 \leq \phi_f \leq \phi_{f,Eu}, 0 \leq \psi_f \leq \pi) \dots\dots (21-4) \end{aligned} \dots\dots (21)$$

がえられ、下層では、式(21)の添字fをsにかえ、式(21-1)および式(21-2)左辺の1をhにかえ、式(21-2)

と式(21-3)の右辺の右辺に負号を付し、式(21-4)の $\phi_{f,Eu}$ を $\phi_{s,JL}$ にかえた式となる。

3. 検討 右上に図示した具体例は、ほぼ妥当な結果であることが、実験によって検証される。²⁾

文献 1) 池田・武内：淡水と海水が成層をなす浅地層からの取水について一第2報一、土木学会23周年次議、第2部、昭和43年。
2) 岡山ほか2名：海岸付近の地盤における効率的な上層取水(Ⅱ)、本報掲載内、1979年。