

九州産業大学 正員 崎山 正孝

〇 細川土佐男

阿部 孝行

1. まえがき 前報¹⁾では浸塩水境界面を水平面とみなした近似解についてのべたが、ここではこれを曲面として、ほぼ厳密な境界条件のもとに取り扱う数値解析手法とその結果についてのべる。

2. 解析 まず右図に示す流れの場の任意点 (x, y) について $X = x/D$, $Y = y/D$ (1)
なる無次元化をほどこし、次に (Φ, Ψ) について

$$\Phi' = (RH - \Phi)/R_h, \quad \Psi' = \Psi/R_h \quad \text{..... (2)}$$

$$\Phi = R \{ (P/r) + y \} \quad \text{..... (3)}$$

なる無次元化を行なう。なお、記号の意味は通常用いられているとおりである。そうすると前報¹⁾との記号の対応は

$$\left. \begin{aligned} \Phi'_f &= \Phi_f / \Phi_{f, E_u}, & \Psi'_f &= \Psi_f / \Phi_{f, E_u} \\ \Phi'_s &= \Phi_s / \Phi_{s, J_u}, & \Psi'_s &= \Psi_s / \Phi_{s, J_u} \end{aligned} \right\} \quad \text{..... (4)}$$

となる。そこで $P_{f, co} = P_{s, co}$ の境界条件を用いると

$$Y_{co} = \left(\frac{r_s}{r_s - r_f} \right) \left(\frac{H_s}{D} - \frac{P_{s, co}}{D} \Phi'_{s, co} \right) - \left(\frac{r_f}{r_s - r_f} \right) \left(\frac{H_f}{D} - \frac{P_{f, co}}{D} \Phi'_{f, co} \right) \quad \text{..... (5)}$$

がえられ、また特に、 $Y_c = Y_0 = D_s/D$ を用いると

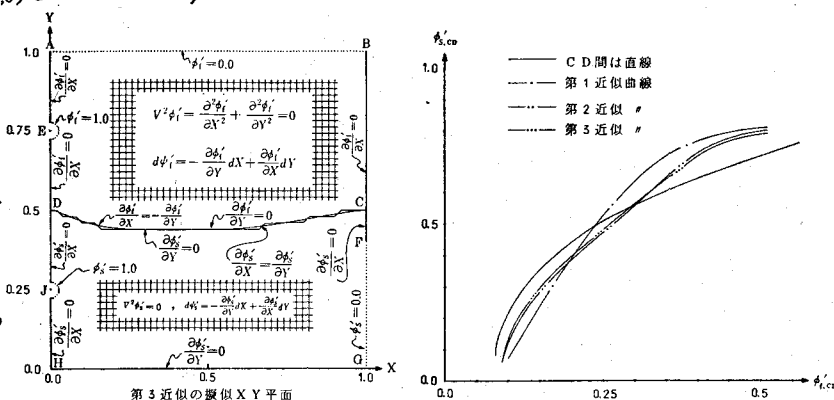
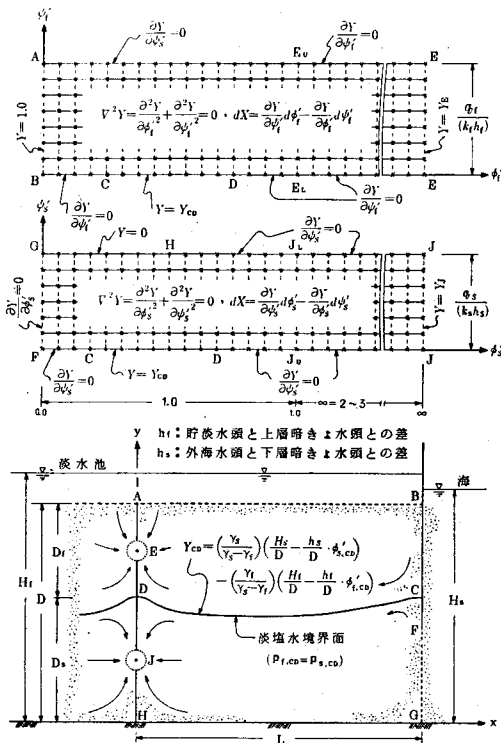
$$\left. \begin{aligned} \frac{H_f}{D} &= \frac{D_s}{D} + \frac{r_s}{r_f} \left(\frac{H_s}{D} - \frac{D_s}{D} \right) + \frac{r_f}{D} \left\{ \frac{\Phi'_{s, co} \Phi'_{f, c} - \Phi'_{s, c} \Phi'_{f, co}}{\Phi'_{s, co} - \Phi'_{s, c}} \right\} \\ \frac{H_s}{D} &= \frac{r_f}{r_s} \left(\frac{\Phi'_{s, co} \Phi'_{f, c} - \Phi'_{s, c} \Phi'_{f, co}}{\Phi'_{s, co} - \Phi'_{s, c}} \right) + \frac{r_f}{D} \end{aligned} \right\} \quad \text{..... (6)}$$

なる密度流的特性式がえられる。

さて、与えられた流れの場の諸元に対して、これらの関係と右上図に示す境界条件を満たすXY平面を求めるためには、 $\Phi'_{f, co}$ と $\Phi'_{s, co}$ との関係、 $r_f/(R_f h_f)$, $r_s/(R_s h_s)$ および $\Phi'_{s, H}$ などの未知

量を知らなければならない。そこでこれらを推定するに当り、前報¹⁾で算定した近似浸塩水境界面で分断される上層および下層内を左上図のように解き、これを両中 Ψ' 平面に適用して第1近似のXY平面を算定し、同様にして近似度を上げてゆけば、第2~3近似程度で充分満足できる解がえられる。

3. 検討 前報¹⁾に示す近似浸塩水境界面と次ページの右上図のオ3近似のそれとを比較し、また、取・排水量



などの主要な水理諸量を比較しても、実用的には大差ない。
したがって概略の検討のためには、前報¹⁾にもとづく算定
結果で足りると思われるが、ひきつづく数値解析を行なうこ
とも容易であるので、上述の数値解の近似度を満足できる
程度まで進めて、最終的な取・排水量およびXY平面など
を決定することが望ま
しいと考える。

次に、下層排水を行
なわないで、上層取水
のみを行なう場合と上
述の場合とを取・排水
量や淡水水境界面など
について比較しておく。なお、右下図に示す流れの場
合は、解析的にも取り扱われている²⁾が、ここでは、前ペ
ージ右上に示す ϕ'_s, ψ'_s 平面のCD上に式(5)にかわる

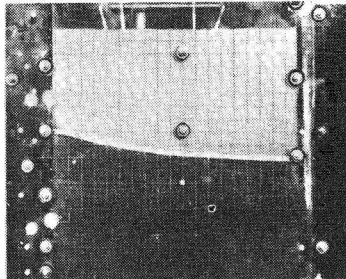
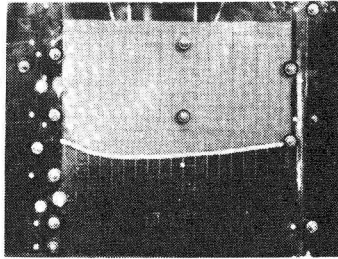
$$Y_{CD} = \left(\frac{\delta_s}{\delta_s - \delta_f} \right) \frac{H_s}{D} - \left(\frac{\delta_f}{\delta_s - \delta_f} \right) \left(\frac{H_f}{D} - \frac{h_f}{D} \cdot \phi'_{f,CD} \right) \dots (7)$$

を与えて算定した数値解析による結果を示している。なお
この場合には式(6)にかわり

$$\left. \begin{aligned} \frac{H_f}{D} &= \frac{\delta_s}{\delta_f} \cdot \frac{H_s}{D} - \left(\frac{\delta_s - \delta_f}{\delta_f} \right) \cdot \left(\frac{\phi'_{f,D} Y_C - \phi'_{f,C} Y_D}{\phi'_{f,D} - \phi'_{f,C}} \right) \\ \frac{h_f}{D} &= \left(\frac{\delta_s - \delta_f}{\delta_f} \right) \left(\frac{Y_D - Y_C}{\phi'_{f,D} - \phi'_{f,C}} \right) \end{aligned} \right\} \dots (8)$$

がえられる。

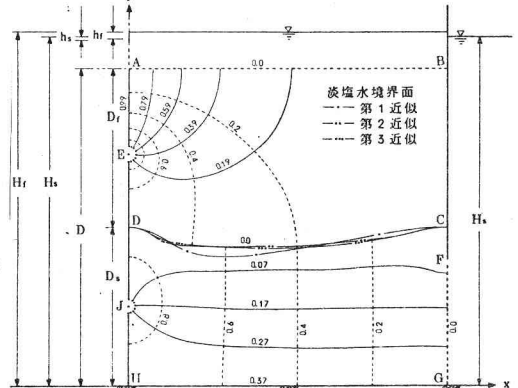
なお、右下図を算
定する過程で ϕ'_s, ψ'_s
平面の境界上に与え
なければならない
 $\phi'_{f,C}, \phi'_{f,D}$ および
 $\delta_f / (R_f h_f)$ の推定に
は、 Y_C および Y_D
を与え、途中を経験的な曲線で結んだ擬似的XY平面を
前ページ左下に示す手法で解析した結果を用いた。そこ
で両場合の δ_f を同じ $R_f D$ で無次元化すれば、下層排水を行なう場合には $\delta_f / (R_f D) \div 0.02$ 、行なわない場合
は $\delta_f / (R_f D) \div 0.004$ となり、淡水水境界面は後者の方が上昇しているに拘らず取水(可能)量はほぼ1/5に
下っている。したがって下層排水の効果は顕著である。なお写真は実験による検証状態を示すものであり、解析
結果は妥当と言えよう。



$$\begin{aligned} \frac{Y_C}{D} &= \frac{0.955}{1.037} (\div 1.0), \quad Y_D = 0.731 (\div 0.750), \quad Y_{E0} = 0.753 (\div 0.775) \\ Y_{E1} &= 0.705 (\div 0.725), \quad Y_{E2} = 0.50 (\div 0.50), \quad Y_{E3} = 0.50 (\div 0.50) \\ Y_{E4} &= 0.251 (\div 0.250), \quad Y_{E5} = 0.272 (\div 0.275), \quad Y_{E6} = 0.251 (\div 0.225) \\ Y_{E7} &= 0.394 (\div 0.40), \quad (\div) \text{ 外の数値は解析値, 内の数値は} \end{aligned}$$

$$\frac{H_s}{D} = 1.10, \quad \frac{h_f}{D} = 0.02, \quad \frac{Y_s}{Y_f} = 1.025, \quad \frac{H_f}{D} = 1.11611, \quad \frac{h_s}{D} = 0.01123$$

$$\frac{q_f}{k_f h_f} = 0.99, \quad \frac{q_s}{k_s h_s} = 0.37$$



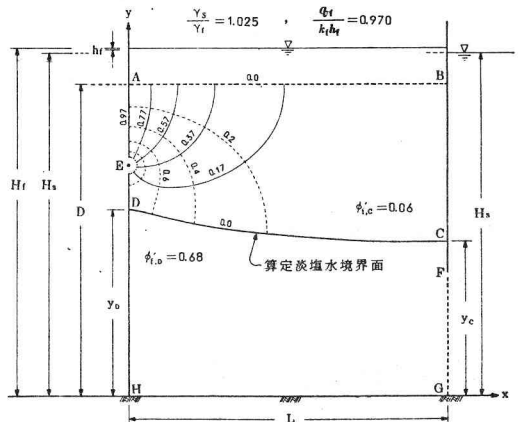
注: この図の流れおよび等ポテンシャル線のx座標は、
それらの解析値を、上層で1/0.955倍に拡大し、下
層で1/0.37倍に縮小して、直線ADH(X=0)と
直線BCG(X=1.0)とに修正している。

$$\frac{Y_C}{D} = 0.994 (\div 1.0), \quad Y_D = 0.741 (\div 0.750), \quad Y_{E0} = 0.765 (\div 0.775)$$

$$Y_{E1} = 0.715 (\div 0.725), \quad Y_{E2} = 0.50 (\div 0.50), \quad Y_{E3} = 0.60 (\div 0.60)$$

($\div$) 外の数値は解析値, 内の数値は擬似xy平面への与値。

$$\frac{H_s}{D} = 1.10, \quad \frac{h_f}{D} = 0.00403, \quad \frac{H_f}{D} = 1.11524$$



文献 1) 崎山ほか2名: 海岸付近の地盤における効率的な上層取水, 本講演集内, 1979年。

2) Norbert L. Ackermann・Hung Tao Shen: Pumping from a shallow water aquifer in a coastal region, 13th Cong. of IAHR., Proc. vol.4, 1969年。