

九州産業大学 正会員 ○ 崎山 正常

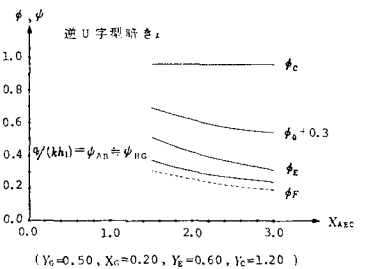
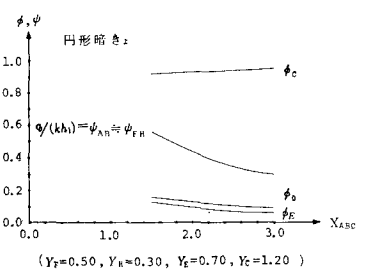
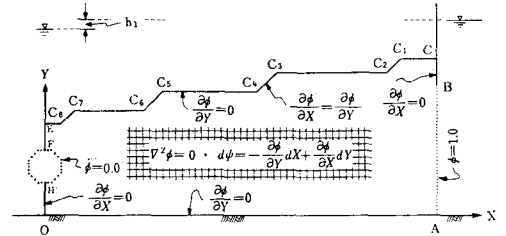
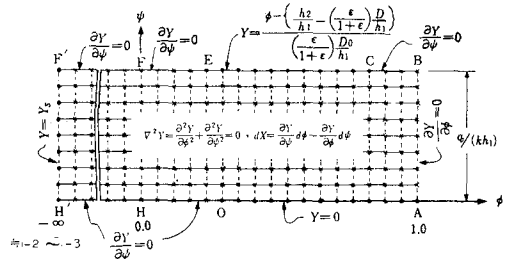
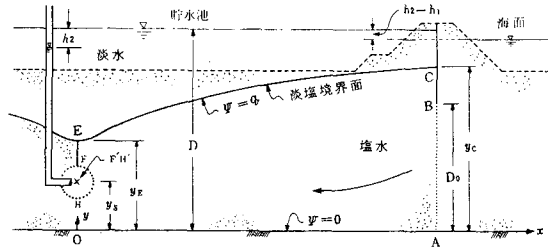
〃 〃 細川 工佐男

〃 〃 阿部 孝行

1. まえがき 海岸付近の透水性地層では、上層に淡水をのせて下層に塩水が存在している。そこで、上層の淡水位が淡水の利用、流出あるいは蒸発などによって低下すると、いわゆる Ghyben-Herzberg の法則によって、淡塩水の境界面が上昇する。この淡塩境界面がある限度、たとえば河口貯水池底面、より上に上がってくると、淡水の取水に支障をきたすようになり、また、農耕地においてはいわゆる塩害発生の原因ともなると考えられる。本報では、これらの対策として、塩水が存在している透水性地層に暗きよを設け、これより塩水を汲み上げ排水することによって生ずる塩水のポテンシャル低下を利用して、淡塩境界面を地盤中の安全な深さまで低下させる工法を提案し、これになるべく実用的な境界条件を導入して解析し、その結果を砂モデル実験によって検討した。

2. 解析 解析の対象は、右上に示しているような2次元定常の流れの場である。ここでは、淡水は静止しており、AB面は、静止していると仮定する海面と同じポテンシャルを持ち、暗きよに向う塩水の流れはDarcyの法則に従い、淡塩境界面における拡散はなく、地盤は等方性であるとしている。なお、暗きよ部を図示のように円形状としたものの他に逆U字状にしたものも取り扱っている。このような流れの場の境界条件は中ψ平面に記入しているようにかなり複雑であるため、その解析は数値解法による。この過程で右中央に示しているような擬似XY平面の導入が実用的に必要であるという原理についてはすでに詳述している¹⁾。したがって、ただちに流れの場に特有な地下密度流的特性を吟味することからはじめたい。まず、流れの場の任意点(x, y)について

$X = x/D_0$, $Y = y/D_0$ ----- (1) のような無次元化をほどこし、速度ポテンシャル $\Psi = R \{ (P/P_0) + y \}$ ----- (2) と流れ関数ψについて $\psi = \{ \Psi - R(D - h_2) \} / (R h_1)$, $\psi = \Psi / (R h_1)$ ----- (3) なる無次元化を行なう。ここに、Rは透水係数、Pは任意点の圧力、 ρ_s は塩水の単位重量である。また、淡水の単位重量を ρ_f として $\varepsilon = (\rho_s - \rho_f) / \rho_f$ ----- (4) を定義する。そうすると、淡塩境界面(EC)上では、 $P_{EC} = \rho_f(D - y_{EC})$ であるから、式(1)～(3)を用いて



$$\phi_{EC} = \frac{r_2}{r_1} - \left(\frac{\epsilon}{1+\epsilon} \right) \frac{D_0}{r_1} \left(\frac{D}{D_0} - Y_{EC} \right)$$

$$Y_{EC} = \frac{\phi_{EC} - \left\{ \frac{r_2}{r_1} - \left(\frac{\epsilon}{1+\epsilon} \right) \frac{D_0}{r_1} \right\}}{\left(\frac{\epsilon}{1+\epsilon} \right) \frac{D_0}{r_1}} \quad \text{----- (5)}$$

がえられる。したがって、特異点CおよびEにおいて

$$\phi_C = \frac{r_2}{r_1} - \left(\frac{\epsilon}{1+\epsilon} \right) \frac{D_0}{r_1} \left(\frac{D}{D_0} - Y_C \right) \quad \text{----- (6)}$$

$$\phi_E = \frac{r_2}{r_1} - \left(\frac{\epsilon}{1+\epsilon} \right) \frac{D_0}{r_1} \left(\frac{D}{D_0} - Y_E \right) \quad \text{----- (7)}$$

がえられ、この2式の辺々の差をとれば

$$\frac{r_1}{D_0} = \frac{\left(\frac{\epsilon}{1+\epsilon} \right) (Y_C - Y_E)}{\phi_C - \phi_E} \quad \text{----- (8)}$$

比をとれば

$$\frac{r_2}{D_0} = \frac{\left(\frac{\epsilon}{1+\epsilon} \right) \left\{ \phi_C \left(\frac{D}{D_0} - Y_E \right) - \phi_E \left(\frac{D}{D_0} - Y_C \right) \right\}}{\phi_C - \phi_E} \quad \text{--- (9)}$$

がえられる。そこでいま、流れの場に対する外的な自然条件として

$$C = \frac{D}{D_0} - \left(\frac{r_2}{D_0} - \frac{r_1}{D_0} \right) \quad \text{----- (10)}$$

なる海水位が与えられれば、式(8)および式(9)より

$$\frac{D}{D_0} = (1+\epsilon) \left[C + \left(\frac{\epsilon}{1+\epsilon} \right) \left\{ Y_E \left(\frac{1-\phi_E}{\phi_C - \phi_E} \right) - Y_C \left(\frac{1-\phi_E}{\phi_C - \phi_E} \right) \right\} \right] \quad \text{--- (11)}$$

がえられる。すなわち、与えられた暗きよ形状および大きさ、 Y_E , Y_C , X_{ABC} のもとに擬似XY平面を解析し、 ϕ および ϕ の値を知れば、式(8)により海水位と暗きよ内水頭との差 r_1/D_0 が算定され、式(10)のCの値が与えられれば、式(11)により貯水池淡水水位 D/D_0 が算定される。そこでこの D/D_0 は、淡塩境界面を所定の深さより少なくとも深くおし下げておくための許容最低淡水水位とも定義すべき水量である。次いで式(9)より貯水池淡水水位と暗きよ内水頭との差 r_2/D_0 が算定され、また、 ϕ , $\phi/(r/r_1)$ もすでに与えられているから、これらを用いて $\phi\psi$ 平面の妥当な境界条件が定まる。そうすると $\phi\psi$ 平面の中で $\nabla^2 Y = 0$ を満たすYがえられ、次いでこれに対応するXが求められる。このようにして決定された最終的なXY平面は、上に例示しているように、ほとんど所期の形状となる。

3. 砂模型実験による検討 解析結果の妥当性を写真のような砂模型実験によって検討した。取り上げた流れの場は、図示の逆U字型暗きよによるものである。淡塩境界面は、白の実線で示した理論淡塩境界面によく一致している。なお、実験の ϕ と決定された r_1 とを $\phi/(r/r_1) = 0.24$ に適用して逆算した r は、ほぼ 0.35 cm/sec となり、これはこの他のいろいろな実験でえられている r の値とほぼ一致しており、解析結果は妥当である。

4. あとがき 今後は、塩水汲み上げの機構を軸対称の井戸や純然たる3次元機構とする場合について研究を進めてゆきたいと考えている。なお本報で取り扱った流れの場の上層淡水を取り除き、淡塩境界面の圧力 ϕ_{EC} が0となる水位状態の流れの場を考えれば、これは通常の単層地下水の流れの場となる。したがって、本報で示した解析手順は、このような地下水位低下工法の設計にも、若干の書き換えを行なうだけで容易に適用することができると推論できる。

参考文献

- 1) 崎山正常ほか3名：河口貯水池下部地層への淡水注入による塩水排除について、土木学会論文報告集，第268号，pp.75～70，1977年12月。
- 2) 前掲 1) に同じ。

