

II-141 海水飽和地盤内部の暗きよからの淡水浸透(第二法)

九州産業大学 正員 崎山 正常

1. まえがき 本報で取扱った流れの場は水理構造物としてはその機構あるいは施工などの面でいろいろ困難な問題点もあるかと予想できるが河口埋込下の塩水浸入防止対策としてはかなり確実な効果が期待できると考えられ、いわゆるオーターカーテン工法への実用化を意図したものである。

2. 解析 図-1(A)および(B)に示すように

流れの場の諸元をとり速度ポテンシャルを Φ , 流れの間数を Ψ , x および y の負方向の流速を u および v , 透水係数を k とすると無次元量

$$X = \frac{x}{D}, \quad Y = \frac{y}{D} \quad \dots (1)$$

$$\varphi = \frac{\Phi - k(H_s + D)}{kH}, \quad \psi = \frac{\Psi}{kH} \quad \dots (2)$$

$$U = \left(\frac{u}{k}\right), \quad V = \left(\frac{v}{k}\right), \quad J_s = U^2 + V^2 \quad \dots (3)$$

のあいだには Cauchy-Riemann の条件

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial X}{\partial \varphi} = \frac{1}{J_s} \frac{\partial \psi}{\partial Y} = \frac{U}{J_s}, \quad -\frac{\partial X}{\partial \psi} = \frac{1}{J_s} \frac{\partial \varphi}{\partial Y} = \frac{V}{J_s} \\ \frac{\partial Y}{\partial \varphi} = \frac{1}{J_s} \frac{\partial \varphi}{\partial X} = \frac{U}{J_s}, \quad \frac{\partial Y}{\partial \psi} = -\frac{1}{J_s} \frac{\partial \psi}{\partial X} = \frac{V}{J_s} \end{aligned} \right\} \dots (4)$$

が成立し、したがって X および Y についての Laplace の微分方程式

$$\frac{\partial^2 X}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 X}{\partial \psi^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 Y}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 Y}{\partial \psi^2} = 0 \quad \dots (5)$$

が成立する。1), 2), 3), 4) また

$$dX = \frac{\partial X}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial X}{\partial \psi} d\psi, \quad dY = \frac{\partial Y}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial Y}{\partial \psi} d\psi \dots (6)$$

に式(4)を適用すれば

$$dX = \frac{\partial Y}{\partial \varphi} d\varphi - \frac{\partial Y}{\partial \psi} d\psi, \quad dY = -\frac{\partial X}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial X}{\partial \psi} d\psi \dots (7)$$

となるから与えられた流れの場の境界条件によって式(5)の何れか一方(すなわち X あるいは Y)を解けば他方は式(7)を積分することによって求められる。流れは Darcy 則にしたがうとすれば

図-1(A) 流れの場

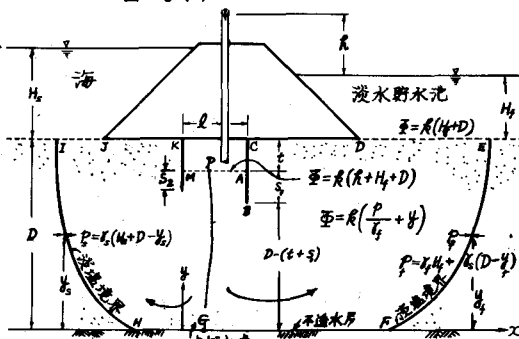
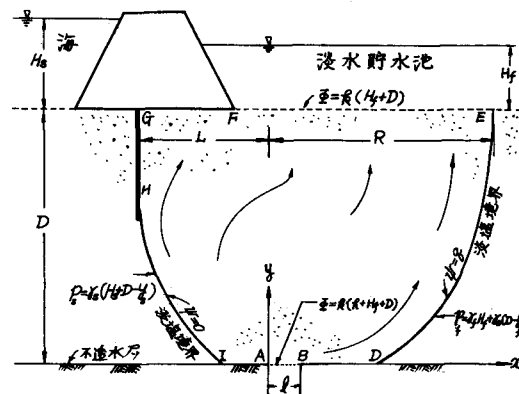


図-1(B) 流れの場



次のように

$$\Phi = k \left(\frac{p}{\gamma_f} + y \right) \quad \dots (8)$$

ここに p は流れの場の任意点の圧力であり, γ_f は淡水の単位重量である。また、海水の単位重量を γ_s として式(8)に浸塩境界の圧力条件

$$\text{貯水池側; } p_f = \gamma_f H_f + \gamma_s (D - y_f) \quad \dots (9)$$

$$\text{海側; } p_s = \gamma_s (H_s + D - y_s) \quad \dots (10)$$

を適用すると浸塩境界の速度ポテンシャルは

貯水池側; $\Phi_f = k \{ H_f + (1+\varepsilon)D \} - k \varepsilon y_f$... (11)

海 側; $\Phi_s = k (1+\varepsilon) (H_s + D) - k \varepsilon y_s$... (12)

ここに $\varepsilon = \frac{y_s - y_f}{y_f}$... (13)

である。式(11)および(12)を式(2)の第一式に適用すると Y に関する境界条件は図-1(A)の流束の場に対して図-2(A), 図-1(B)に対して図-2(B)のようになる。すなわち, Y に関する境界条件は確定できるので, 式(5)の第二式は解くことができ, さらにこれに対応する X は式(7)の第一式によって

$y = \text{const.}$ によって $X = \frac{\partial Y}{\partial y} dy$... (14)

$q = \text{const.}$ によって $X = -\frac{\partial Y}{\partial q} dq$... (15)

となり, さきに求められた Y の結果を用いて求めることができる。

3. 数値計算

本報では数値計算の手段として逐次加速緩和法 (Successive Over Relaxation method ... 以下SOR法と云う) を用いた。式(5)の第二式を図-3の記号にしたがって, SOR法の式で書きかえると

$$Y_{i,j}^m = (\omega/4) [Y_{i-1,j}^m + Y_{i+1,j}^m + Y_{i,j-1}^{m-1} + Y_{i,j+1}^{m-1}] - (\omega-1) \cdot Y_{i,j}^{m-1} \quad \dots (16)$$

がえられる。ただし, ω は加速定数であり, Y^m は収束計算回数 m 回目の Y の値である。式(16)で $\partial Y / \partial y = 0$ の境界条件は, たとえば図-2(A)の $\bar{AB}$, $\bar{BC}$ 境界上において

$$Y_{i,j}^m = (\omega/4) \cdot [Y_{i,j-1}^m + 2Y_{i,j}^{m-1} + Y_{i,j+1}^{m-1}] - (\omega-1) \cdot Y_{i,j}^{m-1} \quad \dots (17)$$

のようになるが, 簡単に

$$Y_{i,j}^m = Y_{i,j}^{m-1} \quad \dots (18)$$

図-2(A)

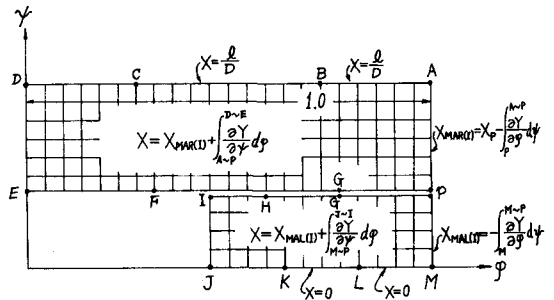
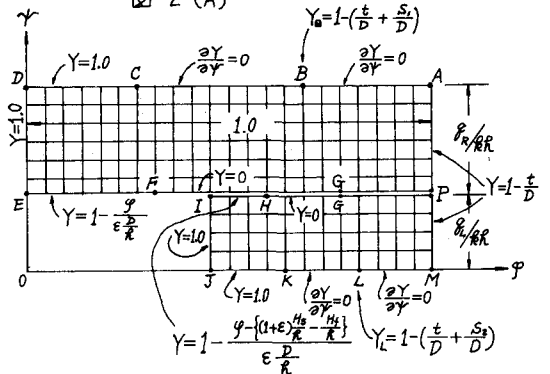
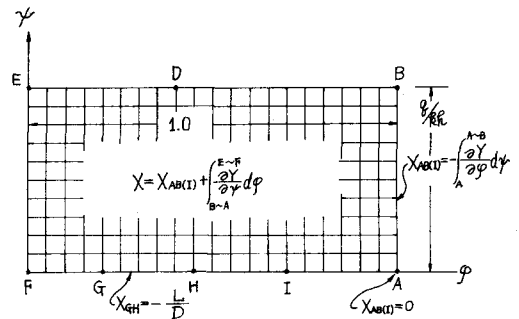
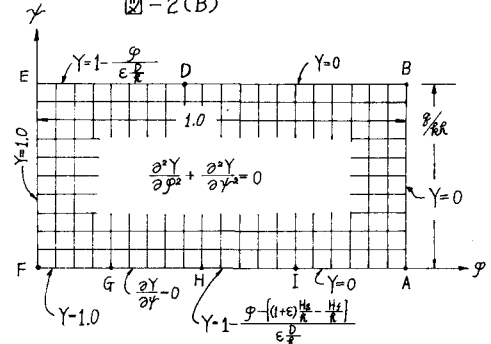


図-2(B)



を用いても同程度の回数で収束するようである。数値計算には九州大学大型電子計算機FACOM 230-60

を用いた。図-4には図-1(A)の流場の場に対するプログラムのフローチャートを例示している。

4. 計算結果の模型実験による検討

数値計算の結果を図-5に例示しており、これらについて行なった砂模型実験の模様を写真-(A)および(B)に例示している。なお、図-5(A)に示している例は実用断面にはまだほど遠い流れのようであるが、これらは流れの場の特異点A, B, ..., Mなどの図-2のxy平面への対応点をxy平面の境界上で適当にえらびが之れは解決できる問題であり、他のパラメーターとともに、これらが水理諸量にどう影響するかは目下検討中である。

次に、砂模型実験の結果は写真-(A) および (B) に例示しているように過マンガン酸カリウムで着色された塩水部と無色の淡水部との明暗の差で淡水塩境界面は理論曲面とよく一致していることが認められよう。

5. あとがき

本報で取扱った流れの場のように自由境界面をもつような地下定常流に対しては通常の

$$\left. \begin{aligned} U &= \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial X} = \frac{\partial \mathcal{V}}{\partial Y}, \quad V = \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial Y} = -\frac{\partial \mathcal{V}}{\partial X} \\ \frac{\partial^2 \mathcal{F}}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \mathcal{F}}{\partial Y^2} &= 0, \quad \frac{\partial^2 \mathcal{V}}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \mathcal{V}}{\partial Y^2} = 0 \end{aligned} \right\} \dots (19)$$

い。末筆ながら本研究に御
協力いただいた九州大学教授

上田年比古博士ならびに九州

産業大学助手 青柳茂敏、同

職 員 道永洋一の諸氏、また

卒業論文に採用してもらった

九州産業大学昭和44年卒業生

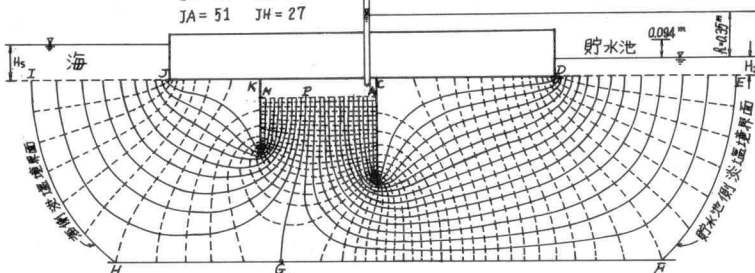
山本高志、増重哲男、鈴木理

史、中野正興の諸君に感謝申上げる。

図-5(A).

IE=16 JF=7
IK=26 JI=21
JA=51 JH=27

$$\frac{t}{D}=0.1 \quad \epsilon \frac{D}{R}=0.12 \quad (1+\epsilon) \frac{H_s}{R} - \frac{H_f}{R} = 0.4$$



参考文献

- 1) 矢野健太郎: "微分方程式通論", p. 27

東海書房, 昭和27年

- 2) Srisakdi Charnomman: "COASTAL PARALLEL

CANALS WITH INTERMEDIATE DRAINS"

Proc. of ASCE, Hy. Div, Vol 93, No. 13, 1967

- 3) Roland W. Jeppson: "SEEPAGE THROUGH

DAMS IN COMPLEX POTENTIAL PLANE"

Proc. of ASCE, IR. and Dra. Div, Vol 94

P. 23, 1968

- 4) 鈴木. 中野. 増重. 山本. 崎山: "逐次加速

法和による地下流量流の一側解"

昭和44年度土木学会西部支部 研究発表

会論文集, p. 385, 昭和45年

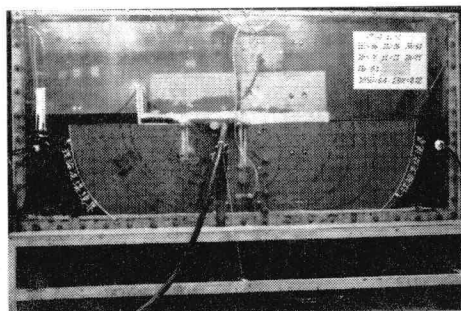


図-5(C).

M=25 JI=12 $\epsilon \frac{D}{R}=0.12$
N=50 JG=6
JD=7

$$(1+\epsilon) \frac{H_s}{R} - \frac{H_f}{R} = 0.1$$

