

IV - 7

淡水注入井戸による淡塩境界面について

九州大学工学部 正会員 上田 年比古
九州産業大学 工学部 正会員 〇形尾 哲

1. まえがき

水質は、上面が水平で均一な透水性の防水層に地盤中に、井戸を設け、井戸から淡水を圧力注入した場合の淡水塩境界面について種々検討したものである。この注入された淡水の三次元軸対称な流れを厳密に解くことは困難であるから、暗きよからの淡水注入の場合に検討した近似的解析法。すなわち、淡水塩境界面より外側の海水と、同じ圧力分布をもつ淡水におきかえ、この淡水が筆直上方へ向うポアズニセル分布と同じであることから、淡水の筆直上向流も井戸からの流れと流に等しいと仮定して解析する手法を用いた。

2. 解析

水中の矢筈からの流出流れを、三次元の流入・流出変換のポテンシャル流れと見え、これにx軸方向の平行流れを加えると、速度ポテンシャルは、

$$\Phi = -\phi_0 x + \frac{Q}{4\pi} \left(\frac{1}{\sqrt{(x+a)^2 + r^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + r^2}} \right) + kT \quad \text{--- (1)}$$

ストークスの流れ関数を ψ と取くと、 $\partial\psi/\partial r = r \cdot \partial\Phi/\partial x$ より

$$\psi = \int \frac{\partial \Phi}{\partial x} r dr = -\frac{1}{2} \epsilon_0 r^2 + \frac{Q}{4\pi} \left\{ \frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2 + r^2}} - \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2 + r^2}} \right\} \quad \text{--- (2)}$$

いま、流出点のまわりで走る等ポテンシャル線群のうち、中心位置が井戸の先端 ($x=-d$) にあり、井戸の半径 R_0 と同じ半径をもつ等ポテンシャル線について考えると

$$\Phi(x=-d+k, r=0) = \Phi(x=-d-k, r=0) \quad \text{の条件より}$$

$$2\%R_0 = \frac{Q}{4\pi} \left(\frac{1}{a-d+R_0} - \frac{1}{a+d-R_0} + \frac{1}{a-d-R_0} + \frac{1}{a+d+R_0} \right) \quad \text{--- (3)}$$

$$\Phi(x=-d+r_0, r=0) = k \left\{ \frac{P}{\omega} + x \right\} = k(\Delta H + R) \quad (5)$$

$$Q = \frac{2\pi\{R_0 H - g_0(d-r_0)\}}{d-r_0} \frac{1}{a^2-(d-r_0)^2} \quad (4)$$

定常状態の炎塩境界面下端Cの座標を $(x_c, 0)$ とすると、Cは鞍点 $\left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} = 0\right)$ であることから

$$-g_0 + \frac{Q}{4\pi} \left\{ \frac{1}{(x_c - a)^2} - \frac{1}{(x_c + a)^2} \right\} = 0 \quad \text{--- (5)}$$

また、C 桌のポテンシヤルは地盤中の海水のポテンシヤル $(\Phi = \rho_0 h - \rho_0 \varepsilon x)$ と同値であり

$$\Phi(x=x_c, r=0) = R_h + R_E x_c \quad \text{とおいて整理すると}$$

$$a^2 - \frac{Q}{2\pi} \frac{a}{x_c (p_o - p_{sf})} - x_c^2 = 0 \quad \text{--- (6)}$$

とる。1. 式(3)~(6)を連立させて解くと、 a, Q, g_0, X_c の値が決定される。

次に浸塩境界面の形状は、 $\psi=0$ の流線で示される。

$$-\epsilon_0 \frac{V^2}{2} + \frac{Q}{4\pi} \left(\frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2 + r^2}} - \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2 + r^2}} \right) = 0$$

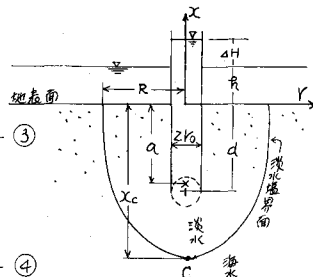


图-1

これから地表面での r の値を R とすると、

$$-\frac{80}{Z} + \frac{Q}{2\pi\sqrt{a^2+R^2}} = 0$$

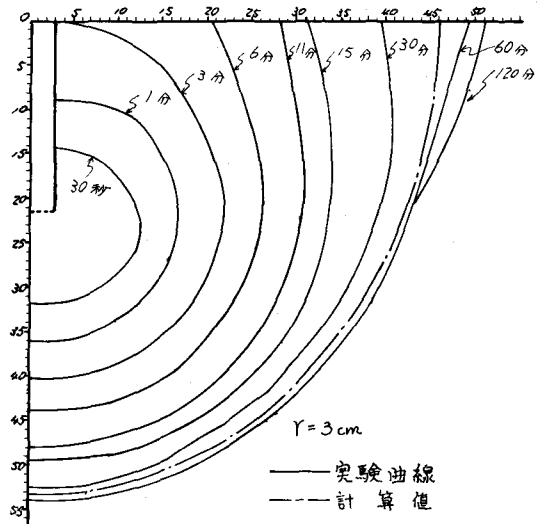
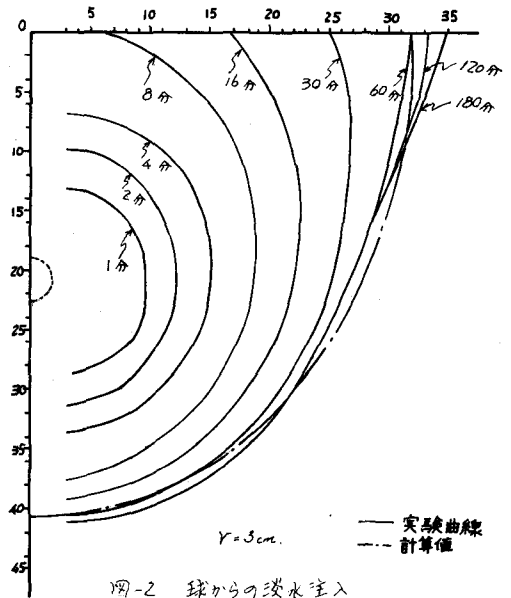
— ⑦

3. 実験結果との比較

以上の近似解析結果を数値計算し、これを扇形水槽による砂モデルの実験結果と比較すると、図-2.3のよう

なる。図-2は、井戸の代りに球を設け、球より淡水を地盤中に注入した場合について示したものである。これは図-1に示したように、解析が球状の等ポテンシャル線について行なうためであることから、最も解に近い境界条件の実験といえる。この実験結果を解析結果と比較すると、解析結果の方が曲線にふくらみのあることがわかる。また定常状態に近づくにつれ、地表面付近で多量の拡散が生じ、横方向にいくぶん伸長しているが、全体的にはよく合っているといえよう。次に図-3は図-2の球と同じ半径の井戸を設け、平らな井戸の底面から淡水を注入した場合について示したものである。この実験結果と解析結果と比較すると、深さ方向、横方向ともにあがりが大きくなっている。また曲線形状は、球の場合よりもよく合っている。ここに、球の場合には、淡水は球の全周囲から地盤中に注入されるが、井戸の場合には、井戸の底から、下方方向のみ注入される。このため、淡水境界面角部の流れは、井戸の場合実験と解析と異なり、淡水境界面の形状も大きく異なると予想していた。このことを考慮すると実験結果はよく合っており、近似解析の妥当性が確かめられたものと思う。

文末になつたが、本研究は昭和44年度文部省科学研究費の補助を受けた。ここに記して関係各位に謝意を表する。また本実験は如産大4年生、田中・岡上の両君に負う所が多い、あわせて謝意を表する。



参考文献；上田・杉屋：暗きよからの淡水注入による

淡水境界面の解析，土木学会論文報告集 No. 225，P.43～P.52，昭和49年5月

佐々木達次郎；完全流体の流体力学，P.104～P.110，金原出版，昭和29年