

九州産業大学 正会員 ○崎山正常
建設省技術調査室調査官 正会員 馬場絢一
九州産業大学 正会員 細川土佐男

1. まえがき 本研究は建設省が行なっている「地下水涵養技術の開発」に関する研究の一環として行なつたもので、具体的な対象は長崎県野母崎町に建設されている野母崎地下ダムの塩水化防止を意図している。この地下ダムには現在3個の取水井があるが、海に近い井戸はかなり塩水化され、これらを有効に活用するためには何らかの塩水化防止対策が必要とされる現状にある。そこでここでは地下遮水壁を将来ほぼ完全なものに仕上げ、その安全策として淡水注入溝を設ける場合と、地下遮水壁の下部が不完全なものとして淡水注入溝を設け、いわゆるウォーターカーテンを形成させ、これによって堤内への塩水侵入を防止する場合について検討する。なお、解析は現地をかなり理想化した状態たとえば地盤を均質等方性とした状態で行なつており、注入量については互層である現状を考慮して推算したが、その結果が的確であるとは言いがたい。しかし、少なくともこれらの主要水理諸量のオーダーはうらええたものと考える。

2. 遮水壁をほぼ完全なものに仕上げる場合 この場合の安全策としての淡水注入の機構を図-1に示している。流れの場合は遮水壁より右側が堤内であり、左側は海岸である。解析の基礎微分方程式は

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = 0 \dots (1), d\Psi = -\frac{\partial \Psi}{\partial y} dx + \frac{\partial \Psi}{\partial x} dy \dots (2)$$

重 = $R_f \{ (P_f / R_f) + y \} \dots \dots \dots (3)$ であり、ここに、重：速度ポテンシャル、 Ψ ：流れの関数、 R_f ：透水係数、 P_f ：水压、 R_f ：淡水の単位重量、である。そこで上述の基礎方程式を圧力が連続的な均質地盤として解析した例は図-1のとおりである。なお、境界条件は、AB上は重 = 重₀、BD上は $\partial \Psi / \partial x = 0$ 、DE上は $\partial \Psi / \partial y = 0$ 、EF上は重 = $R_f H_f = 26.6 R_f$ 、FG上は重 = $R_f y$ 、GHIA上は重 = $R_f (H_f + h) = 31.6 R_f$ としている。また、 Ψ については、 $x = \text{const.}$ または $y = \text{const.}$ にとって式(2)を積分して求めた。

3. 遮水壁下部を不完全なものとみなした場合 この場合の淡水注入溝の機構を図-2に示している。この場合は式(1)、(2)および(3)の他に、いわゆる逆Laplaceおよび逆Cauchy-Riemannの微分方程式

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = 0 \dots (4), dx = \frac{\partial \Psi}{\partial y} dy - \frac{\partial \Psi}{\partial x} dx \dots (5)$$

が用いられる¹⁾。なお、境界条件は図-2に示すとおりであるが、特に、淡塩水境界面FGについては、 $P_f = \gamma_s (H_s - y_{fg})$ であり、これを式(3)に適用して

$$\frac{\Psi_{fg}}{R_f} = (1+\varepsilon) H_s - \varepsilon y_{fg} \text{ or } y_{fg} = \left(\frac{1+\varepsilon}{\varepsilon} \right) H_s - \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{\Psi_{fg}}{R_f} \dots (6)$$

R_f ：塩水の単位重量、 $\varepsilon = (\gamma_s - \gamma_f) / \gamma_f$ である。

$$\begin{aligned} \frac{\delta}{R_f} &= \frac{\delta}{10}, \quad R_f = 0.8 \cdot R_f, \quad R_f = 5.0 \text{ m} \\ \delta &= 1.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ m/sec} \text{ として } \delta = 4.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sec} \\ \delta &= 1.0 \times 10^{-4} \text{ cm/sec} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m/sec} \text{ として } \delta = 4.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec} \\ \delta &= 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/sec} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ m/sec} \text{ として } \delta = 4.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec} \\ \text{上記の地盤が流れの領域にほぼ1/3づつ存在するところは} \\ &\delta = \left(\frac{1}{3} \times 4.0 + \frac{1}{3} \times 0.4 + \frac{1}{3} \times 0.04 \right) \times 10^5 = 1.48 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sec} \\ &= 1.27872 \text{ m}^2/\text{day} \\ \text{延長 } B &= 60.0 \text{ m} \text{ として 注入量 } Q = 76.72 \text{ m}^3/\text{day} \end{aligned}$$

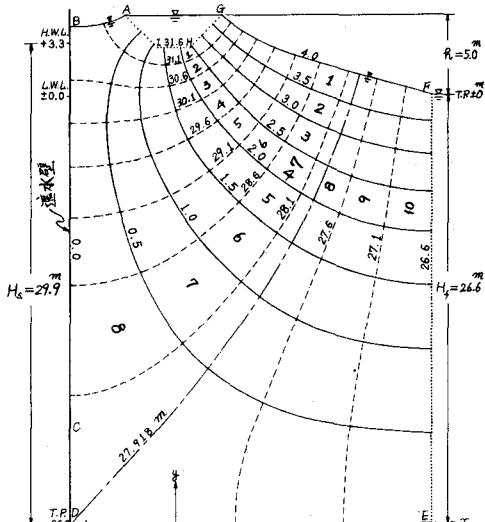


図-1 遮水壁をほぼ完全なものとみなした場合の解析図

そこで点Fおよび点Gでは

$$\begin{aligned}\frac{\rho_f}{R} &= (1+\varepsilon)H_s - \varepsilon y_F \\ \frac{\rho_g}{R} &= (1+\varepsilon)H_s\end{aligned}\quad \dots (7)$$

がえられ、また、海側の淡水池の水位 ρ_f についてはその密度特性から

$$(1+\varepsilon)(H_s - y_{DEF}) \leq \rho_f < (\rho_f - d) \dots \dots (8)$$

なる関係式がえられる。なお上式左辺の等号の成立は点Fが点Eに一致した場合の点F → Eにおける淡水と塩水との圧力のつり合い条件であり限界の状態において生じうる。また、式(4)を満たすものが求められたら、これに対応する ψ は、 $\psi = \text{const.}$ または $\Psi = \text{const.}$ に

そって式(5)を積分して求められる。 ψ ここで上述の基礎方程式を解説した一例は図-3 のとおりである。

4. 検討 図-1と図-3の例とを比較してみる

ると、注入量は図-3の場合の方が若干多いが海側の淡水は再び注入溝へ循環することができるところから図-3の機構でもさほど困難な問題は生じないものと考える。よしんば全てを海にすることとしても Q_L の値は小さい

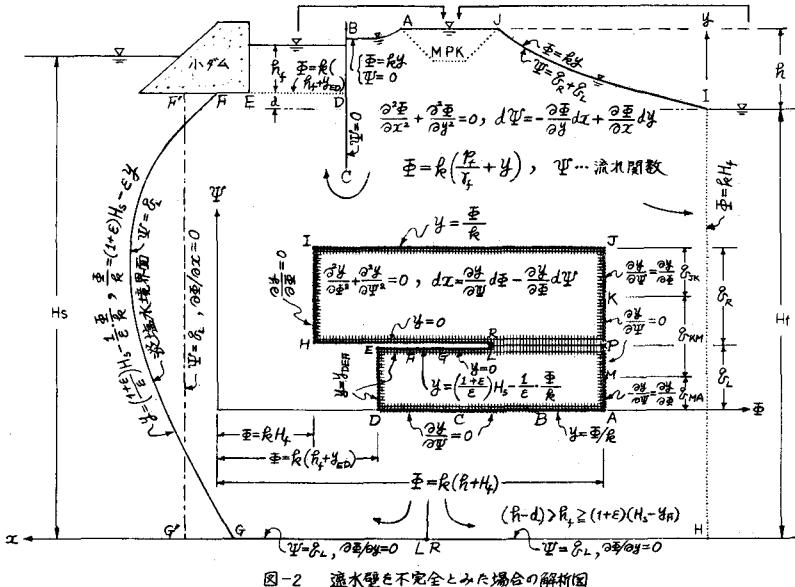


図-2 遮水壁を不完全とした場合の解析図

$\rho_f + H_s = 31.6m$, $\rho_f + y_F = 26.6m$, $H_s = 25.6m$, $H_s - y_F = 27.122m$, $\rho_f / R = 30.86m$, $\rho_f / R = 26.75m$, $\rho_f / R = 27.38m$, $y_F / R = 2.044m$, $y_F / R = 1.88m$, $y_F / R = 1.46m$, $y_F / R = 1.26m$, $y_F / R = 0.72m$, $\Sigma y / R = 4.60m$, $R = 1.0 \times 10^{-7} m^3/sec = 1.0 \times 10^{-7} m^3/sec$, $R = 1.0 \times 10^{-7} m^3/sec = 1.0 \times 10^{-7} m^3/sec$, $R = 1.0 \times 10^{-7} m^3/sec = 1.0 \times 10^{-7} m^3/sec$ なる地層が流れの領域のままで $1/2$ つに存在するものと仮定すれば $g_F + (\frac{1}{2} g x_{RF}^2 + \frac{1}{2} g y_{RF}^2) \times 10^{-7} m^3/sec + 1.3202 \times 10^{-7} m^3/sec = 2.0416 \times 10^{-7} m^3/sec + 1.2416 \times 10^{-7} m^3/sec = 0.2307 m^3/day$, $\Sigma g = 17.024 \times 10^{-7} m^3/sec + 1.4717 m^3/day$, 水路延長 $B = 60m$ とすれば $Q = 8.8B$ より

$$Q_R = 74.46 m^3/day, Q_L = 13.80 m^3/day, \Sigma Q = 88.26 m^3/day$$

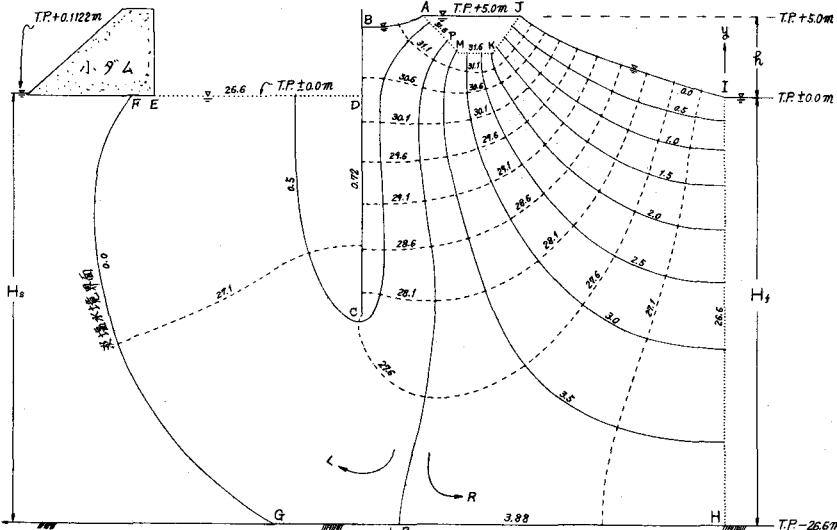


図-3 遮水壁下部を不完全なものとした場合の解析図

と云える。従って、将来とも遮水壁の水密性が期待できないか、あるいは、期待できるとしても相当高い工費が予想されることは、図-1または図-2のような淡水注入による地下ダムの塩水化防止を考えることも有意義のことであると考えている。これはまた、注入淡水量が比較的少なく推算されることからも言えると考える。なお、本解析結果またはこれと類似の調査は現地においても実施する計画である。

参考文献 1) 崎山ほか3名：河口野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、論文報告欄、pp. 75～90、1977年12月。