

低えん堤下の傾斜止水壁が浸透流に及ぼす影響について (Ⅲ)

—下方有限地盤内の浸透流量について—

中崎 昭人・篠 和夫

(農学部構築工学研究室)

On the Percolating Flow under the Dam with Inclined Sheet Piling (Ⅲ)

—On the Quantity of Seepage through Permeable Layer of Finite Depth—

Akito NAKAZAKI and Kazuo SHINO

(Laboratory of Construction Engineering, Faculty of Agriculture)

Abstract: Formerly, the authors have examined about a percolating flow problem under the floating-type dam with the inclined sheet pilings built on a permeable layer of infinite depth. This paper describes the case of the dam built on a permeable layer of finite depth. In particular, the influence of the situation and the angle of the inclined sheet pilings on the quantity of seepage under the dam are examined. Numerical computations are done about two examples of angle. Results are compared with the case of no sheet pilings. Optimal situation and the angle of the inclined sheet pilings about the quantity of seepage are pointed out.

I. ま え が き

透水性地盤上の低えん堤下を流れる浸透流の問題は、浸透流量、パイピング、堤体に働く揚圧力等に大別されよう。浸透流量とパイピングとは密接な関係にあるが、これらを抑制する目的で低えん堤下部に止水壁を設置することが多い。筆者等は、以前から透水性地盤上の低えん堤下を流れる浸透流について検討を加えてきた^{1),2)}が、ここでは、1列の止水壁が傾斜して設置された場合の浸透流に及ぼす影響を調べようとするものである。傾斜止水壁のある場合の浸透流について、半無限透水性地盤上の問題を解析的に論究したものに Polubarinova-Kochina³⁾の研究がある。本研究では、上、下流方向に無限で下方に有限な透水性地盤上に設けた低えん堤に、下流側水平面と $\pi/3$ または $2\pi/3$ の傾斜をなす止水壁が設置された場合の、写像関数による解析解を求め、その数値計算を行って、傾斜止水壁の設置位置や透水層の深さが地盤内の浸透流に与える影響を調べようとするものである。

II. 理論的解析

上、下流方向に無限で下方に有限な透水性地盤上に設けた低えん堤底面に、下流側水平面と $\pi/3$ の傾斜を為す止水壁を設置した場合について考察する。

図-1の実平面を複素平面で表わした z -平面 (図-2(1)) を t -平面 (図-2(2)) に写像すると、その関係は Schwarz-Christoffel の変換により、

$$\frac{dz}{dt} = C_1(t+1)^{-\frac{1}{2}}(t-\alpha)(t-1)^{-\frac{1}{2}}(t-\beta)^{-1} \dots\dots\dots(1)$$

となる。いま、 $t = \beta + \rho e^{i\theta}$ とおき、(1)式に代入し、 $\rho \rightarrow 0$ とすれば、

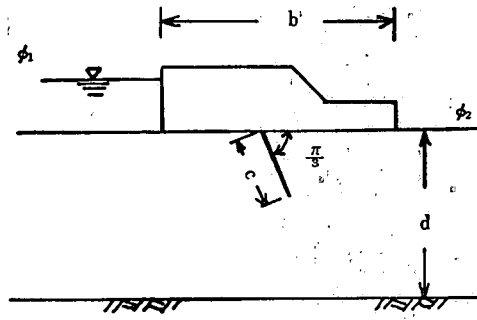


図-1 実平面

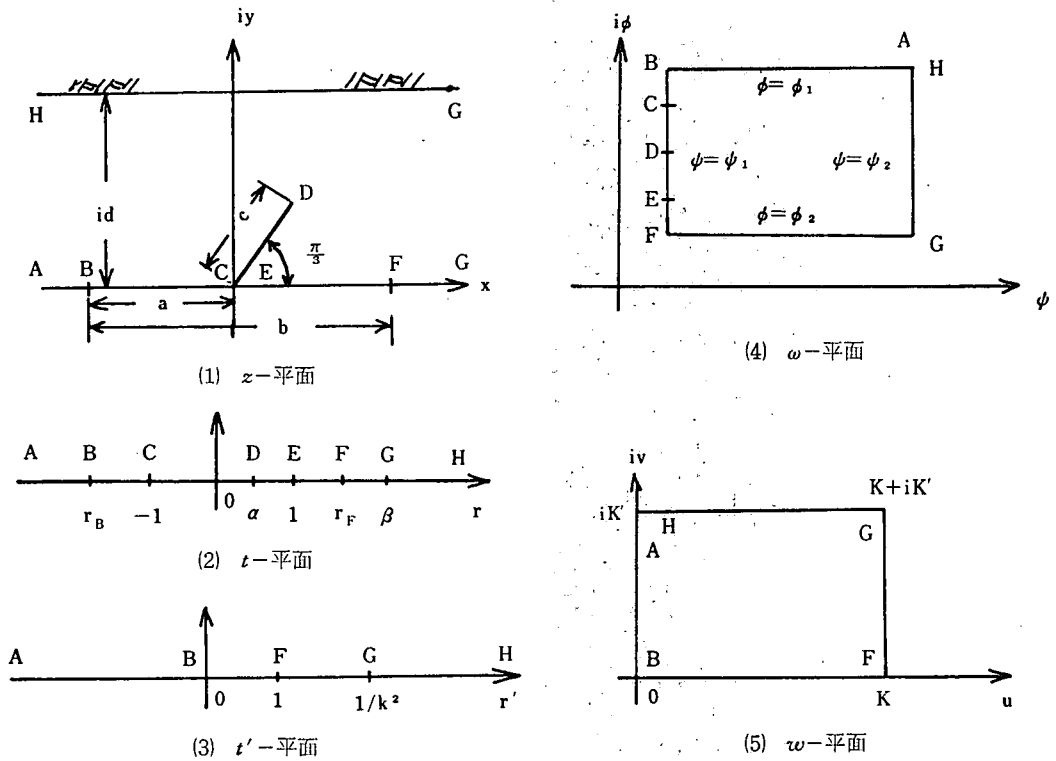


図-2 写像平面

$$dz = \frac{iC_1(\beta - \alpha)}{(\beta + 1)^{\frac{1}{3}}(\beta - 1)^{\frac{2}{3}}} d\theta.$$

これを積分すれば、

$$d = \frac{C_1(\beta - \alpha)\pi}{(\beta + 1)^{\frac{1}{3}}(\beta - 1)^{\frac{2}{3}}}. \quad (2)$$

また、 $t = \rho e^{i\theta}$ とおき、同様に $\rho \rightarrow \infty$ とすれば、

$$dz = iC_1 d\theta$$

となり、結局、

$$C = -\frac{d}{\pi} \quad (3)$$

となる。これを(2)式に代入すれば

$$\alpha = \beta - (\beta - 1) \left(\frac{\beta + 1}{\beta - 1} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(4)$$

いま、

$$\zeta^3 = \frac{t+1}{t-1} \dots\dots\dots(4)'$$

とすれば、

$$\left. \begin{aligned} t+1 &= \frac{2\zeta^3}{\zeta^3-1} \\ t-1 &= \frac{2}{\zeta^3-1} \\ \frac{dt}{d\zeta} &= \frac{-6\zeta^2}{(\zeta^3-1)^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(5)$$

となり、これらを(1)式に代入すれば、

$$dz = 3C_1 \frac{(1-\alpha)\zeta^4 + (1+\alpha)\zeta}{(\beta-1)(\zeta^3-1)\left(\zeta^3 - \frac{\beta+1}{\beta-1}\right)} d\zeta \dots\dots\dots(6)$$

$$\left(\frac{\beta+1}{\beta-1} \right)^{\frac{1}{3}} = B$$

とおき、(4)式をも用いて、(6)式は、

$$z = -C_1 \int \frac{d\zeta}{\zeta-1} + C_1 \int \frac{\zeta-1}{\zeta^2+\zeta+1} d\zeta + C_1 \int \frac{d\zeta}{\zeta-B} - C_1 \int \frac{\zeta-B}{\zeta^2+B\zeta+B^2} d\zeta \dots\dots\dots(7)$$

また、 $\zeta = \xi + i\eta$, $t = r + is$ とすると、(4)' 式から、

$$\xi + i\eta = \left[\left\{ \frac{r^2+s^2-1}{(r-1)^2+s^2} \right\}^2 + \left\{ \frac{-2s}{(r-1)^2+s^2} \right\}^2 \right]^{\frac{1}{3}} \left(\cos \frac{\theta}{3} + i \sin \frac{\theta}{3} \right),$$

ここに、 $\theta = \tan^{-1} \frac{-2s}{r^2+s^2-1}$ で $-\pi \leq \theta \leq 0$ である。

よって、

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \left[\frac{(r^2+s^2+1)^2 + 4s^2}{\{(r-1)^2+s^2\}^2} \right]^{\frac{1}{3}} \cos \frac{\theta}{3} \\ \eta &= \left[\frac{(r^2+s^2-1)^2 + 4s^2}{\{(r-1)^2+s^2\}^2} \right]^{\frac{1}{3}} \sin \frac{\theta}{3} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

$\zeta = \xi + i\eta$ を用いて(7)式を実行し、整理すれば、

$$\begin{aligned} z = & -\frac{C_1}{2} \ln \left\{ (\xi-1)^2 + \eta^2 \right\} - iC_1 \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi-1} \\ & + \frac{C_1}{4} \ln \left\{ (\xi^2 - \eta^2 + \xi + 1)^2 + (2\xi\eta + \eta)^2 \right\} \\ & + i \frac{C_1}{2} \tan^{-1} \frac{2\xi\eta + \eta}{\xi^2 - \eta^2 + \xi + 1} \\ & + iC_1 \frac{\sqrt{3}}{4} \ln \frac{(2\xi+1)^4 + 2(2\xi+1)^2(3+4\eta^2) + (3-4\eta^2)^2}{(2\xi+1)^4 + 2(2\xi+1)^2(3+4\sqrt{3}\eta+4\eta^2) + (3+4\sqrt{3}\eta+4\eta^2)^2} \\ & - C_1 \frac{\sqrt{3}}{2} \tan^{-1} \frac{2\sqrt{3}(2\xi+1)}{-(2\xi+1)^2 + (3-4\eta^2)} \\ & + \frac{C_1}{2} \ln \left\{ (\xi-B)^2 + \eta^2 \right\} + iC_1 \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi-B} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -\frac{C_1}{4} \ln \left\{ (\xi^2 - \eta^2 + B\xi + B^2)^2 + (2\xi\eta + B\eta)^2 \right\} - i \frac{C_1}{2} \tan^{-1} \frac{2\xi\eta + B\eta}{\xi^2 - \eta^2 + B\xi + B^2} \\
 & - i C_1 \frac{\sqrt{3}}{4} \ln \frac{(2\xi + B)^4 + 2(2\xi + B)^2(3B^2 + 4\eta^2) + (3B^2 - 4\eta^2)^2}{(2\xi + B)^4 + 2(2\xi + B)^2(3B^2 + 4\sqrt{3}B\eta + 4\eta^2) + (3B^2 + 4\sqrt{3}B\eta + 4\eta^2)^2} \\
 & + C_1 \frac{\sqrt{3}}{2} \tan^{-1} \frac{2\sqrt{3}B(2\xi + B)}{-(2\xi + B)^2 + (3B^2 - 4\eta^2)} + C_2 \dots\dots\dots(9)
 \end{aligned}$$

点 C の境界条件 $z = 0, t = -1$ 即ち, $r = -1, s = 0$ から, $\xi = 0, \eta = 0$ 。これを(7)式に用いば,

$$C_2 = 0 \dots\dots\dots(10)$$

を得る。また, 点 D では $z = \frac{c}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} c, t = \alpha$ であるから, $r = \alpha, s = 0, -1 < \alpha < 1$ である。よって,

$$\theta = \tan^{-1} \frac{-0}{\alpha^2 - 1} = \tan^{-1} \frac{-0}{-|1 - \alpha^2|} = -\pi$$

であり,

$$\begin{aligned}
 \xi_D &= \frac{1}{2} \left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^{\frac{1}{2}} \\
 \eta_D &= -\frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^{\frac{1}{2}}
 \end{aligned}$$

となる。ここで $\left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^{\frac{1}{2}} = A$ とおき, ξ_D, η_D を用いて, (9)式に適用すれば,

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{c}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} c \text{ から,} \\
 \frac{c}{2} &= -\frac{C_1}{2} \left\{ \frac{1}{2} \ln \frac{(A^2 - A + 1)^2 (A^4 + A^3 B + AB^3 + B^4)}{(A^2 - AB + B^2)^2 (A^4 + A^3 + A + 1)} \right. \\
 & \quad \left. + \sqrt{3} \left(\tan^{-1} \frac{\sqrt{3}}{-2A + 1} - \tan^{-1} \frac{\sqrt{3}B}{-2A + B} \right) \right\}, \\
 \frac{\sqrt{3}}{2} c &= -\frac{C_1}{2} \left\{ \frac{\sqrt{3}}{2} \ln \frac{(A^2 - A + 1)^2 (A^4 + A^3 B + AB^3 + B^4)}{(A^2 - AB + B^2)^2 (A^4 + A^3 + A + 1)} \right. \\
 & \quad + 2 \tan^{-1} \frac{-\sqrt{3}A}{A - 2} - \tan^{-1} \frac{-\sqrt{3}(A^2 + A)}{-A^2 + A + 2} - 2 \tan^{-1} \frac{-\sqrt{3}A}{A - 2B} \\
 & \quad \left. + \tan^{-1} \frac{-\sqrt{3}(A^2 + AB)}{-A^2 + AB + 2B^2} \right\}.
 \end{aligned}$$

以上の2式に(3)式を代入すると次式の様になる。

$$\begin{aligned}
 \frac{c}{d} &= \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{1}{2} \ln \frac{(A^2 - A + 1)^2 (A^4 + A^3 B + AB^3 + B^4)}{(A^2 - AB + B^2)^2 (A^4 + A^3 + A + 1)} \right. \\
 & \quad \left. + \sqrt{3} \left(\tan^{-1} \frac{\sqrt{3}}{-2A + 1} - \tan^{-1} \frac{\sqrt{3}B}{-2A + B} \right) \right\} \dots\dots\dots(10)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{c}{d} &= \frac{1}{\sqrt{3}\pi} \left\{ \frac{\sqrt{3}}{2} \ln \frac{(A^2 - A + 1)^2 (A^4 + A^3 B + AB^3 + B^4)}{(A^2 - AB + B^2)^2 (A^4 + A^3 + A + 1)} \right. \\
 & \quad + 2 \tan^{-1} \frac{-\sqrt{3}A}{A - 2} - \tan^{-1} \frac{-\sqrt{3}(A^2 + A)}{-A^2 + A + 2} - 2 \tan^{-1} \frac{-\sqrt{3}A}{A - 2B} \\
 & \quad \left. + \tan^{-1} \frac{-\sqrt{3}(A^2 + AB)}{-A^2 + AB + 2B^2} \right\} \dots\dots\dots(10')
 \end{aligned}$$

いま, $\beta (> 1)$ の値を仮定すると, (4)式によって α の値が定まり,

$$A = \left(\frac{1+\alpha}{1-\alpha} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad B = \left(\frac{\beta+1}{\beta-1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

から A, B が定まるので、これを(10式あるいは(10'式)に代入すると c/d が求まる。従って、所要の c/d になるような β を求めることができる。また、 $z = x + iy$ であるから、(9)式を用いて、 x, y は ξ, η の関数として表わすことができる。

次に、 $z = -a, b - a$ に対応する t -平面の点 B, F の座標 r_B, r_F を求める。

$a \neq 0$ のとき、 $|r_B| > 1, b - a \neq 0$ のとき、 $r_F > 1$ である。従って、

$$\theta_B = \tan^{-1} \frac{2s_B}{r_B^2 + s_B^2 - 1} = \tan^{-1} \frac{-0}{|r_B|^2 - 1} = 0$$

$$\theta_F = \tan^{-1} \frac{-2s_F}{r_F^2 + s_F^2 - 1} = \tan^{-1} \frac{-0}{r_F^2 - 1} = 0.$$

よって、(8)式より、 η_B, η_F はともに 0 であり、 ξ_B, ξ_F は次の様になる。

$$\xi_B = \left\{ \left(\frac{r_B + 1}{r_B - 1} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{|r_B| - 1}{|r_B| + 1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore r_B = -\frac{1 + \xi_B^3}{1 - \xi_B^3} \dots\dots\dots (11)$$

$$\xi_F = \left\{ \left(\frac{r_F + 1}{r_F - 1} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{r_F + 1}{r_F - 1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore r_F = \frac{\xi_F^3 + 1}{\xi_F^3 - 1} \dots\dots\dots (12)$$

また、(9)式を用いて、

$$\left. \begin{aligned} -a &= \frac{d}{\pi} \left[\frac{1}{2} \ln \frac{(\xi_B - 1)^2 (\xi_B^2 + B\xi_B + B^2)}{(\xi_B - B)^2 (\xi_B^2 + \xi_B + 1)} + \frac{\sqrt{3}}{2} \left\{ \tan^{-1} \frac{2\sqrt{3}(2\xi_B + 1)}{-(2\xi_B + 1)^2 + 3} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \tan^{-1} \frac{2\sqrt{3}B(2\xi_B + B)}{-(2\xi_B + B)^2 + 3B^2} \right\} \right] \\ b - a &= \frac{d}{\pi} \left[\frac{1}{2} \ln \frac{(\xi_F - 1)^2 (\xi_F^2 + B\xi_F + B^2)}{(\xi_F - B)^2 (\xi_F^2 + \xi_F + 1)} + \frac{\sqrt{3}}{2} \left\{ \tan^{-1} \frac{2\sqrt{3}(2\xi_F + 1)}{-(2\xi_F + 1)^2 + 3} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \tan^{-1} \frac{2\sqrt{3}B(2\xi_F + B)}{-(2\xi_F + B)^2 + 3B^2} \right\} \right]. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

(13)式を満足する ξ_B, ξ_F を求めれば、(11), (12)式より r_B, r_F を求めることができる。

ここで、 t -平面の点 A, B, F, G の 4 点が t' -平面の点 A, B, F, G の 4 点に対応するように変換すれば、次式が成り立つ。

$$\frac{-\infty - 0}{-\infty - 0} \cdot \frac{\frac{1}{k^2} - 1}{\frac{1}{k^2} - 0} = \frac{-\infty - r_B}{-\infty - r_F} \cdot \frac{\beta - r_F}{\beta - r_B}.$$

$$\therefore k = \sqrt{\frac{r_F - r_B}{\beta - r_B}}.$$

また、 t -平面と t' -平面の関係は、

$$\frac{t' - 0}{t' - 1} \cdot \frac{\frac{1}{k^2} - 1}{\frac{1}{k^2} - 0} = \frac{t - r_B}{t - r_F} \cdot \frac{\beta - r_F}{\beta - r_B}.$$

ここで、 $E = \frac{\beta - r_F}{\beta - r_B}$ とおき、また、 $1 - k^2 = k'^2$ であることから、上式は、

$$t = \frac{(k'^2 r_F - E r_F) t' + E r_F}{(k'^2 - E) t' + E} \quad (14)$$

さて、 z -平面に対応する w -平面は図-2(4) のようである。

w -平面と t' -平面との関係は、Schwarz-christoffel の変換により、

$$\frac{d\omega}{dt'} = \frac{C_3}{\sqrt{t'(t'-1)\left(t' - \frac{1}{k^2}\right)}} \quad (15)$$

となる。ここで媒介平面として図-2(5)の如く w -平面をとり、

$$t' = \text{sn}^2 w \quad (16)$$

とおいて、両辺を w で微分し、これを(15)式に代入すると、

$$d\omega = 2C_3 \cdot k dw$$

となる。これを積分して、

$$\omega = 2C_3 \cdot k \cdot w + C_4 \quad (17)$$

ここで、点 B, F, G の境界条件を用いる。

点 B で、 $\omega = \psi_1 + i\phi_1$, $w = 0$ より、

$$\psi_1 + i\phi_1 = C_4 \quad (18)$$

点 F で、 $\omega = \psi_1 + i\phi_2$, $w = K$ より、

$$\psi_1 + i\phi_2 = 2C_3 \cdot kK + C_4 \quad (19)$$

点 G で、 $\omega = \psi_2 + i\phi_2$, $w = K + iK'$ より、

$$\psi_2 + i\phi_2 = 2C_3 k \cdot (K + iK') + C_4 \quad (20)$$

となる。これらを用いて C_3 , ψ_2 を求めれば、

$$C_3 = -i \frac{\Delta\phi}{2kK}, \quad \text{ここに } \Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$$

$$\psi_2 = \Delta\phi \frac{K'}{K}$$

となり、結局(17)式は、

$$\begin{aligned} \omega &= -i \cdot \Delta\phi \frac{w}{K} + i\phi_1 \\ &= -i \cdot \Delta\phi \frac{u}{K} + i\phi_1 + \Delta\phi \cdot \frac{v}{K}. \end{aligned}$$

よって、 $\omega = \psi + i\phi$ より、

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \phi_1 - (\phi_1 - \phi_2) \frac{u}{K} = \left(1 - \frac{u}{K}\right) \phi_1 + \frac{u}{K} \phi_2 \\ \psi &= \Delta\phi \frac{v}{K} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

また、 $t' = r' + is'$, $t' = \text{sn}^2 w$, $w = u + iv$ であるから、

$$\left. \begin{aligned} r' &= \frac{\text{sn}^2 u \cdot \overline{\text{dn}^2 v} - \text{cn}^2 u \cdot \text{dn}^2 u \cdot \overline{\text{sn}^2 v} \cdot \overline{\text{cn}^2 v}}{(\overline{\text{cn}^2 v} + k^2 \text{sn}^2 u \cdot \overline{\text{sn}^2 v})^2} \\ s' &= \frac{2 \cdot \text{sn} u \cdot \text{cn} u \cdot \text{dn} u \cdot \overline{\text{sn} v} \cdot \overline{\text{cn} v} \cdot \overline{\text{dn} v}}{(\overline{\text{cn}^2 v} + k^2 \text{sn}^2 u \cdot \overline{\text{sn}^2 v})^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (22)$$

となる。従って、 w -平面上の多角形 $ABFGH$ 内の任意点の u, v の値を与えれば、(21), (22) 式によって ϕ, ψ 及び r', s' が求められ、この r', s' から (14) 式によって r, s が求められる。さらにこの r, s を用いて(8)式から ξ, η を求め、これから(9)式を用いて x, y を求めることができる。即ち、 w -平面を媒介として、 z -平面上の x, y , w -平面上の ϕ, ψ を求めることができ、ポテンシャル線と流線が描けることになる。

III. 計算結果とその考察

低えん堤の底面幅 $b=1.0$, 止水壁の長さ $c=0.25$, 止水壁と下流側水平面とのなす角を $\gamma\pi$, 透水性地盤の深さを d , 止水壁設置位置と低えん堤底面上流端との距離を a とし、 $\gamma=1/2, 2/3$ の場合について d/b 及び a/b の種々の値の組合せについて計算を行った。

1. 流線網

$a/b=0.0, d/b=0.5$ のとき、 $\gamma=1/2, 2/3$ のそれぞれの場合の流線網を図-3(a), (b)に、 $a/b=0.5, d/b=0.5, \gamma=1/2$ の場合について図-3(c)に示す。

上流端に止水壁がある場合の図-3(a), (b)より、止水壁が上流側に傾斜している場合の方が下流側に傾斜している場合よりも流線網が粗になる傾向にある。また、この図からわかることであるが、止水壁が下流端にある場合には、逆に下流側に傾斜している方が上流側に傾斜している場合よりも流線網が粗になる傾向にある。どちらの傾斜の場合にも、止水壁が中央にある場合に、流線網が最も密になる。

2. 浸透流量

止水壁の無い場合、 $\gamma=1/2, 2/3, 3/4$ の場合について、単位幅当りの浸透流量 q_0, q_1, q_2, q_3 を求め、鉛直、傾斜止水壁の場合の浸透流量の、止水壁の無い場合の浸透量に対する比、 $q_1/q_0, q_2/q_0, q_3/q_0$ を計算した。ここでは d/b を $0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0$ の5通りにつて示したのが図-4である。また、傾斜止水壁の場合の浸透流量の、鉛直止水壁の場合の浸透量に対する比 $q_2/q_1, q_3/q_1$ を示したのが図-5である。

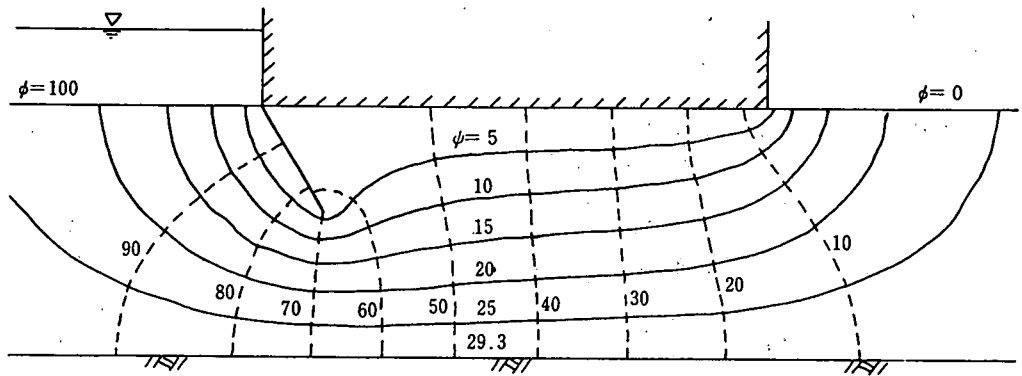
これらの図より、以下のことが指摘される。

① 止水壁の無い場合との比較

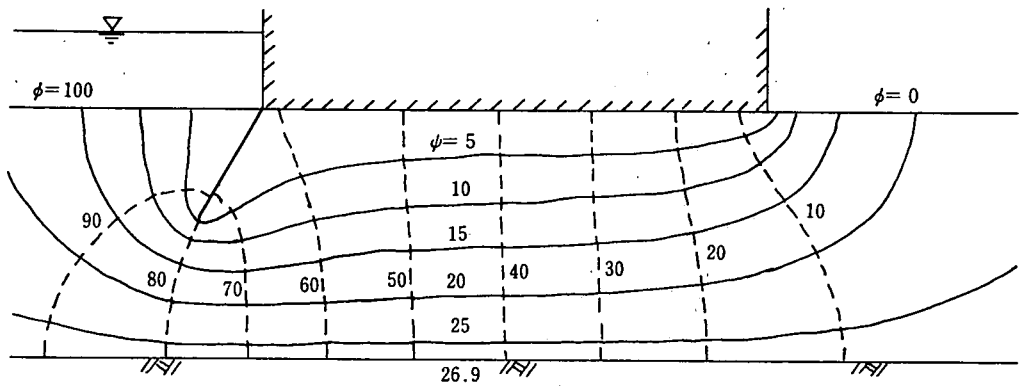
$\gamma=1/2$ では、 $a/b=0.5$ において流量比が最大となり、 $a/b=0.5$ を対称軸として、 $a/b=0.0, 1.0$ における q_1/q_0 が最小となるような変化をしている。即ち、鉛直止水壁を浸透流量抑制に用いるなら、上、下流端いずれかに設置するのが良い。

$\gamma=2/3$ では、 $a/b=0.4$ において q_2/q_0 が最大となり、 $a/b=0.8\sim 1.0$ で急激に減少している。流量が最小となるのは、下流端に設置した場合である。

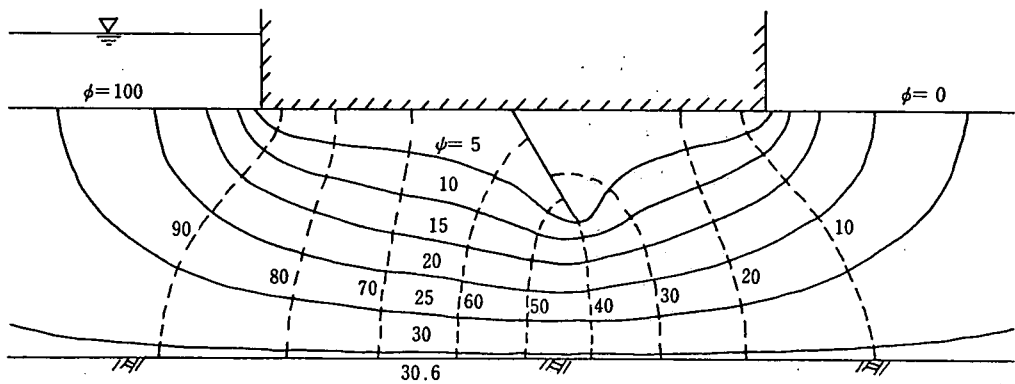
$\gamma=3/4$ では、 $a/b=0.6$ において q_3/q_0 が最大となり、 $a/b=0.0\sim 0.2$ で急激に減少している。流量が最小となるのは、上流端に設置した場合である。



(a) $\gamma = \frac{1}{3}$ $d/b = 0.5$ $a/b = 0.0$



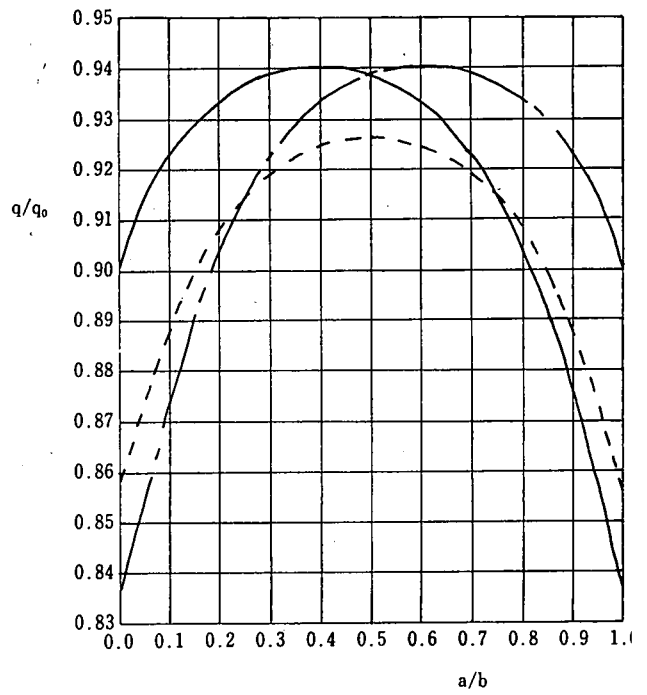
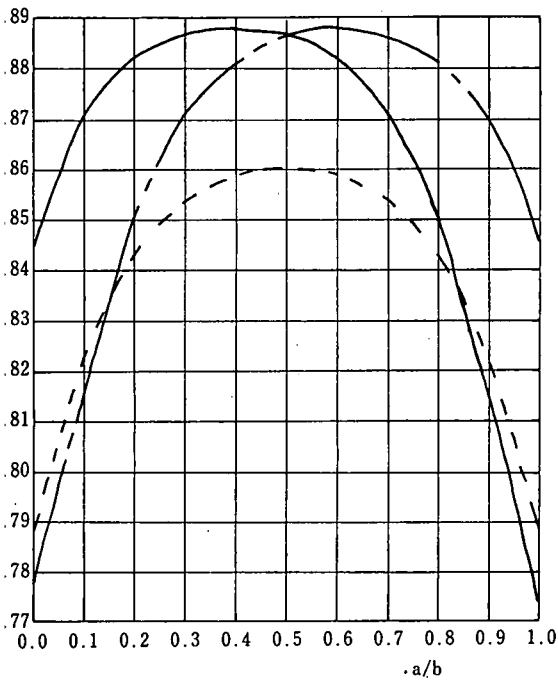
(b) $\gamma = \frac{2}{3}$ $d/b = 0.5$ $a/b = 0.0$



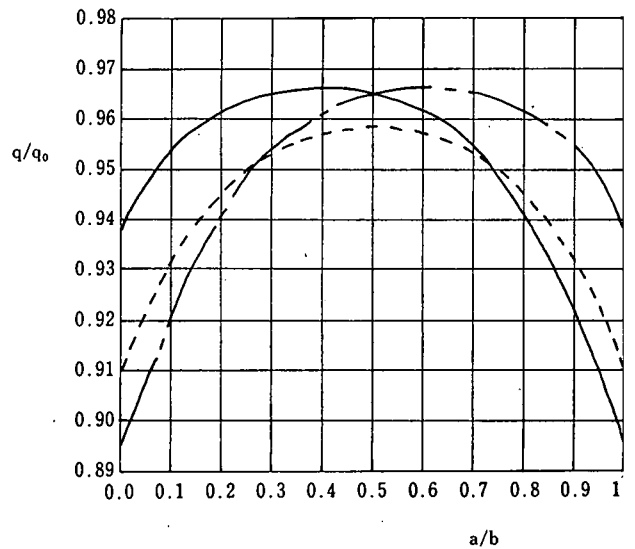
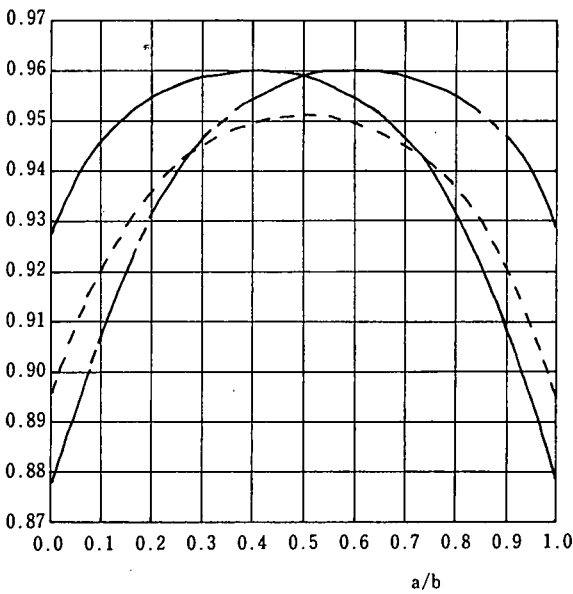
(c) $\gamma = \frac{1}{3}$ $d/b = 0.5$ $a/b = 0.5$

—— 流線
 - - - 等ポテンシャル線

図-3 流線網

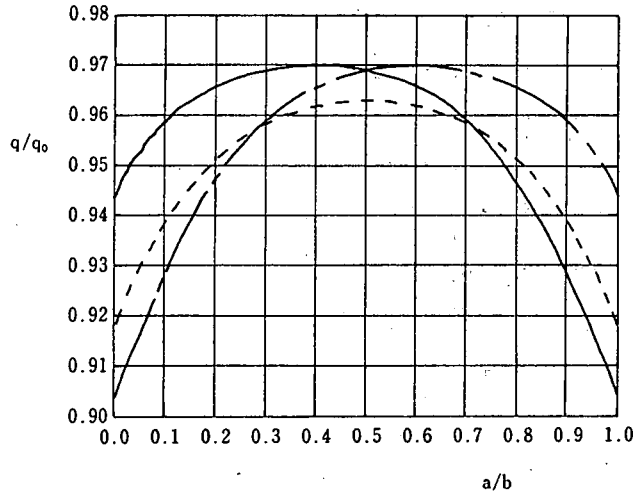


- $\gamma = \frac{1}{2}$
- $\gamma = \frac{1}{3}$
- · - $\gamma = \frac{2}{3}$



(c) $d/b=2.0$

(d) $d/b=3.0$

(e) $d/b=4.0$ 図-4 q_1/q_0 , q_2/q_0 , q_3/q_0 と a/b の関係② $r=1/2$ と $1/3$ の場合との比較

$d/b=0.5$ のとき, q_1/q_0 と q_2/q_0 が一致するのは $a/b=0.84$ であり, $a/b=0.84\sim 1.0$ では $r=1/3$ の場合の流量比 q_2/q_0 の方が q_1/q_0 より小さい。 d/b が大きくなるに従い, 両者の流量比の一致する点は上流側へ移動して行くが, $d/b=3.5$ 以上では, 一致する位置に変化が無くなり, そのときの $a/b=0.71$ である。

③ $r=1/2$ と $2/3$ の場合の比較

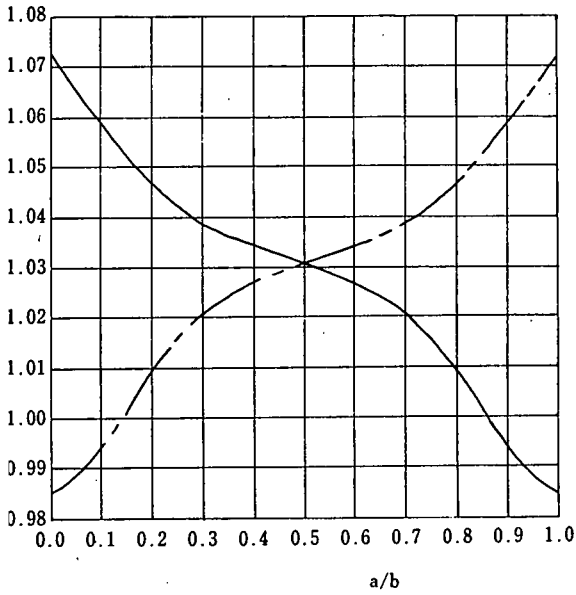
$r=2/3$ の場合は, $r=1/3$ の場合と対称的になる。 $d/b=0.5$ で, q_1/q_0 と q_3/q_0 が一致するのは, $a/b=0.16$ である。 $a/b=0.0\sim 0.16$ では, $r=2/3$ の流量比 q_3/q_0 の方が q_1/q_0 より小さい。 d/b が大きくなるに従い, 流量比の一致する点は下流側へ移動するが, $d/b=3.5$ 以上では変化が無くなり, 流量一致点は $a/b=0.29$ となる。

④ $r=1/3$ と $2/3$ の場合の比較

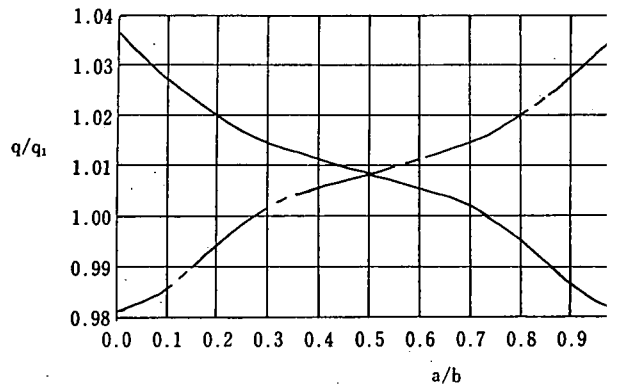
d/b の値の如何にかかわらず, $d/b=0.0\sim 0.5$ では $r=2/3$, $a/b=0.5\sim 1.0$ では $r=1/3$ の場合の流量が小さくなる。

⑤ d/b による流量比の変化

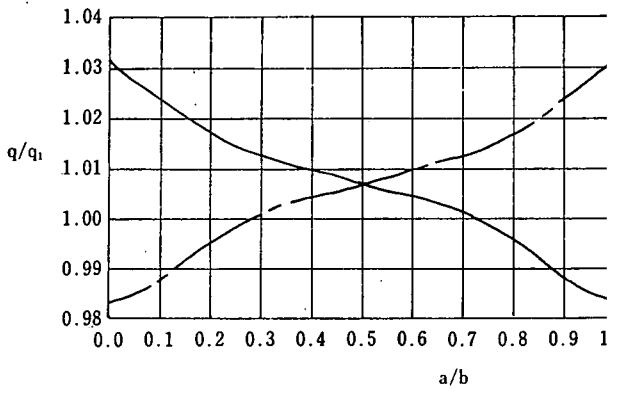
d/b が大なる程, 止水壁の設置位置にかかわらず, 流量比が 1.0 に近づいて行く。また, 止水壁の設置位置の変化による流量比変動の範囲も d/b が大なる程小さくなって行く。例えば, $d/b=4.0$ のとき, 流量比の変化する範囲はほぼ 90~97% であるが, $d/b=0.5$ では 78~89% となる。即ち, 止水壁の傾斜の仕方に関わりなく, d/b が小なる程, 止水壁設置位置により浸透流量に及ぼす影響が大となる。



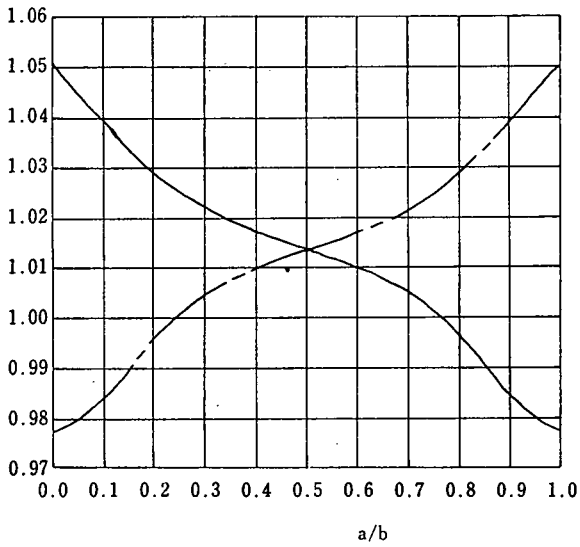
(a) $d/b=0.5$



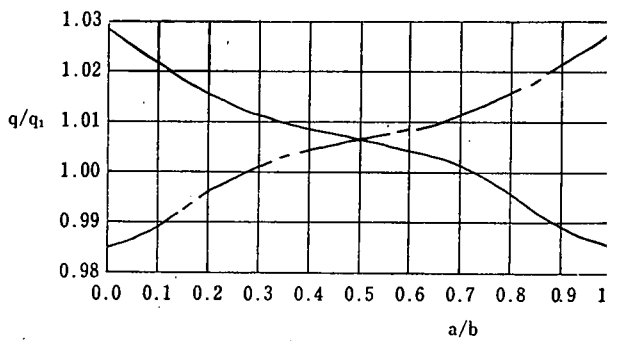
(c) $d/b=2.0$



(d) $d/b=3.0$



(b) $d/b=1.0$



(e) $d/b=4.0$

—— $\gamma=1/3$
 - - - $\gamma=2/3$

図-5 $q_2/q_1, q_3/q_1$ と a/b の関係

IV. 結 論

上, 下流方向に無限で, 下方に有限な透水性地盤上に設けられた低えん堤底面に傾斜止水壁がある場合の浸透流量について, 止水壁の設置位置, 透水性地盤の深さ, 止水壁の傾斜角をパラメータとして, 数値計算を行った。ここで行った計算は, 止水壁の長さ $C=0.25$ の1例ではあるが, この結果を要約すれば次の様である。

浸透流量の抑制を目的として傾斜止水壁を設ける場合, 本研究例からは,

① $\gamma=1/2$ の傾斜止水壁を, 低えん堤底面の下流端に設ける。

② $\gamma=2/3$ の傾斜止水壁を, 低えん堤底面上流端に設ける。

のいずれかが有効である。

本研究は, 現在四国土木の宮本博次君に多大の労をとらせた。記して謝意を表する。

なお, 本研究では止水壁の長さを堤体幅の $1/4$ に限定して行なったものであり, 止水壁の長さによる浸透流への影響は今後の課題としたい。本計算は, 高知大学計算センターの FACOM 270-30を使用した。

参 考 文 献

- 1) 中崎, 篠: 止水壁が浸透流に及ぼす影響について 農土学会論文集 No. 65 pp. 27-32, '76
- 2) 中崎, 篠: 低えん堤下の傾斜止水壁が浸透流に及ぼす影響について (I) 高知大学研報 Vol. 24 No. 自然科学 11, pp. 93-104 '75
- 3) Polubarinova-Kochina P. Y.: Theory of Ground Water Movement, Princeton Univ. Press '62

(昭和54年9月19日受理)

(昭和54年12月21日発行)