

透水性基礎の浸透流に及ぼす境界の影響について (第2報)

北見工業大学 正員 佐渡公明

1. まえがき

ダム、せき等の水理構造物の基礎を浸透する流れは、周知のようにポテンシャル運動を行い、速度ポテンシャル中或いは流れ関数 ψ を従属変数とするラプラスの方程式になる。この二次元ラプラス方程式の解析解は古くから多くの研究者^{(1),(2),(3)}が、各種の境界条件に対し等角写像により求めている。しかしこれらは構造物より上流側浸透面(f_1)及び下流側浸出面(f_2)が夫々無限大として行われている。実際には f_1 , f_2 は有限でありA. S. Chawla⁽⁴⁾は f_1 , f_2 による揚圧力(p)、動水勾配(I)への影響を、矢板が1本で浸透層の深さ(T)が無限大の場合と有限の場合について報告している。しかし彼は浸透流量(Q)、全揚圧力(P)についてはふれていない。

前報⁽⁵⁾では矢板が2本あり、 T が有限な場合について Schwartz-Christoffel 変換の適用を示し、ついで、矢板1本で T が有限な場合について、矢板の深さ・位置、 f_1 , f_2 , T が p , I に与える影響を報告した。本論文では、前報に引続く矢板2本の場合について、各種の境界条件が p , I , Q , P に与える影響を調べ、ついで排水孔の大きさ・位置が p , I , Q , P 及び排水孔への流量 Q_d に与える影響を論じる。

従来の研究では、矢板2本の場合、古く本間仁氏の報告があるが f_1 , f_2 による影響、 I , Q , P についてはふれていない。排水孔についても丹羽義次氏の研究があるが、 p を求めるのに数値積分を使ったり、 I , Q , Q_d についてはふれていない。

2. 矢板2本の場合

2-1 Schwartz-Christoffel 変換の適用

図-1 (a)の物理平面($Z=x+iy$)は、深さ T なる透水性基礎上の水理構造物で、上下流の水位差が H 、深さ d なる矢板が2本あり、上流側浸透面 f_1 、下流側浸出面 f_2 を表わす Z 平面である。この Z 平面の浸透領域を t 平面($t=r+is$)の $s \geq 0$ なる半平面に写像する変数は、Schwartz-Christoffel 変換を用いて次式となる。

$$Z = A \int_0^t \frac{(t^2 - \alpha^2)}{(t^2 - \beta^2)\sqrt{(t^2 - 1)(t^2 - 1/m^2)}} dt + B = mA \left(\frac{\alpha^2}{\beta^2} - 1 \right) \Pi(\varphi, \frac{1}{\beta^2}, m) + mAF(\varphi, m) \dots (1)$$

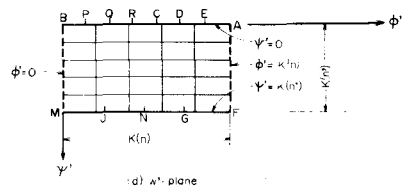
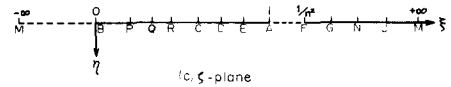
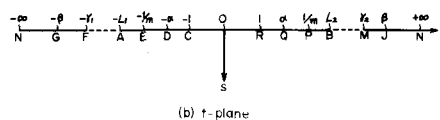
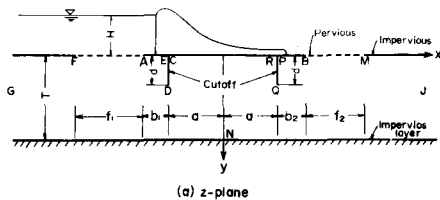


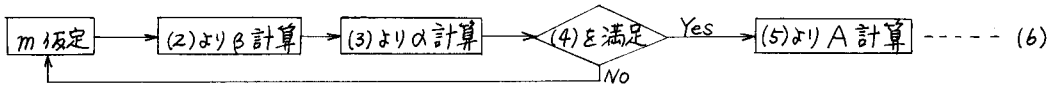
Fig.1 Schwartz Christoffel Transformations

(1)式で m, A, α, β ($1 < \alpha < 1/m < \beta, B=0$) は未知数で, T, a, d が既知のとき次の (2)~(5)式を使って (6)のフローチャートより求まる。

$$\theta = \frac{1}{m \operatorname{sn}(\frac{a}{T} K', m)} \quad \dots (2) \quad \alpha = \beta \sqrt{\frac{K Z(r, m) + \frac{\pi F(r, m)}{2 K'}}{K Z(r, m) + \frac{\pi F(r, m)}{2 K'} + \theta K \sqrt{(1 - \frac{1}{\beta^2})(m^2 - \frac{1}{\beta^2})}}} \quad \dots (3)$$

$$\frac{\pi F(r, m)}{K'} \left\{ \frac{d}{a} - \frac{F(\varepsilon, m')}{K} \right\} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \frac{4 g^n}{(1 - g^{2n})} \sin \frac{n \pi F(r, m)}{K} \sinh \frac{n \pi F(\varepsilon, m')}{K} \quad \dots (4)$$

$$\frac{A}{T} = \left\{ \frac{a}{T} + \frac{2}{\pi} K Z(r, m) \right\} / m \alpha^2 \frac{K}{\beta^2} \quad \dots (5)$$



$$\left. \begin{array}{lll} m; \text{母数 } 0 \leq m \leq 1 & K, K'; m, m' \text{ 母数とする} & Z(,); \text{Zeta 関数} \\ m'; \text{補母数 } m' = \sqrt{1 - m^2} & \text{オ1種完全楕円積分} & \operatorname{sn}(,); \text{エス・エヌ関数} \\ \varphi = \sin^{-1} t & F(,); \text{オ1種楕円積分} & g = \exp(-\pi K'/K) \\ \gamma = \sin^{-1} \frac{1}{m \beta} & \Pi(, ,); \text{オ3種} & \varepsilon = \sin^{-1} \sqrt{\frac{\alpha^2 - 1}{\alpha m'}} \end{array} \right\} \quad \dots (7)$$

t 平面の $S \geq 0$ なる半平面 E , S 平面 ($S = \xi + i\eta$) の $\eta \leq 0$ なる半平面に写像する関数は図-1(b), (c)の対応に於て

$$\xi = \frac{(L_1 + \gamma_2)(L_2 - t)}{(L_1 + L_2)(\gamma_2 - t)} \quad \dots (8)$$

$$\eta^2 = \frac{(L_1 + L_2)(\gamma_1 + \gamma_2)}{(L_1 + \gamma_2)(\gamma_1 + L_2)} \quad \dots (9)$$

$L_1, L_2, \gamma_1, \gamma_2$ は (1)式を使って求めらる。

最後に S 平面の $\eta \leq 0$ なる半平面 E , w' 平面 ($w' = \phi' + i\psi'$) の長方形内に写像する関数は, 図-1(c), (d)の対応に於て, Schwartz-Christoffel 変換を用いば

$$w' = C \int_0^s \frac{ds}{\sqrt{s(1-s)(1-1/n^2)}} = \operatorname{sn}^{-1}(\sqrt{s}, n) = F(\sin^{-1} \sqrt{s}, n) \quad C = \frac{1}{2n} \quad \dots (10)$$

$w' = \phi' + i\psi'$ は, 複素速度ポテンシャル $w = \phi + i\psi$ E 次式により無次元化した複素ポテンシャルである。

k ; 透水係数 H ; 構造物上下流の水位差 Q ; Z 平面に垂直方向の単位厚さ当りの浸透流量

$$\left. \begin{array}{l} n'; \sqrt{1 - n^2} \quad K(n), K(n'); n, n' \text{ 母数とするオ1種完全楕円積分} \\ \phi' = \frac{\phi}{kH} K(n), \psi' = \frac{\psi}{Q} K(n') \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{（なお(7)式の } K, K' \text{ は繁雑のため} \\ m, m' \text{ を省略してある} \end{array} \quad \dots (11)$$

以上 Z 平面 $\rightarrow t$ 平面 $\rightarrow S$ 平面 $\rightarrow w'$ 平面とて, S 平面を介して物理平面は複素ポテンシャル平面に写像される。

ここまでは, 二通りの写像関数の結果のみ記したが, その誘導については文献(5)参照されたい。

2-2 揚圧力, 浸透流量, 動水勾配の算定

まず構造物底辺 (図-1の4平面の実軸上) 及び矢板に作用する揚圧力を求める。(1)式はオ3種楕円積分を含んでおり, このままでは計算不能である。即ち β, m の大小関係に注意してオ1, 2種楕円積分と表わし, 次に, 引数 φ により分類すると⁽⁸⁾, Z と t 平面の写像関数は最終的に次式となる。

$$\left\{ \begin{array}{l} C-R \text{ 区間 } (|x| \leq a) \quad x = \frac{m A \alpha^2}{\beta^2} F(\varphi, m) - \frac{2}{\pi} F(\varphi, m) Z(r, m) + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{g^n}{(1 - g^{2n})} \sin \frac{n \pi F(\varphi, m)}{K} \sin \frac{n \pi F(r, m)}{K} \\ G-E, P-J \text{ 区間 } (a \leq |x| \leq \infty) \\ x = \frac{m A \alpha^2}{\beta^2} F(c_1, m) - \frac{2}{\pi} F(c_1, m) Z(r, m) + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{(1 + g^{2n})}{(1 - g^{2n})} \sin \frac{n \pi F(c_1, m)}{K} \sin \frac{n \pi F(r, m)}{K} \end{array} \right. \quad \dots (12)$$

$x = \pm a, 0 \leq y \leq d$ (矢板上で)

$$C-D, R-Q \text{ 区間} \quad y = \frac{m A \alpha^2}{\beta^2} F(c_2, m) - \frac{2}{\pi} F(c_2, m) Z(r, m) + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \frac{g^n}{(1 - g^{2n})} \sinh \frac{n \pi F(c_2, m')}{K} \sin \frac{n \pi F(r, m)}{K} \quad \dots (14)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E-D, P-Q \text{ 区画. } y = \frac{mA\alpha^2}{\beta^2} \left\{ F(c_2, m') - K' \right\} - \frac{z}{\pi} \left\{ F(c_2, m') - K' \right\} Z(\delta, m) + \frac{F(\delta, m)}{K} \\ + \frac{z}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \frac{Z\delta^n}{(1-\delta^{2n})} \sinh \frac{n\pi F(c_2, m')}{K} \sin \frac{n\pi F(\delta, m)}{K} \dots \dots \dots (15) \end{array} \right.$$

$$= \text{即ち } \varphi = \sin^{-1} r \quad c_1 = \sin^{-1} \frac{1}{m'r} \quad c_2 = \sin^{-1} \frac{\sqrt{r^2-1}}{m'r}$$

h; ピエズ水頭, p; 揚圧力, ρg ; 浸透水の単位重量とし $\phi = kH = k\left(\frac{p}{\rho g} - y\right)$ であるから

$$\frac{p}{\rho g H} = \frac{\phi}{kH} + \frac{y}{H} = \frac{\phi'}{K(n)} + \frac{y}{H} \dots \dots \dots (16)$$

(8), (10) を使て構造物底面上 ($\psi' = 0$) の p は $\frac{p}{\rho g H} = \frac{F(z, n)}{K(n)}, \quad \tau = \sin \sqrt{\frac{(L_1 + \delta_2)(L_2 - r)}{(L_1 + L_2)(r_2 - r)}} \dots \dots (17)$
 r, x 座標の対応は (12), (13) 式である。

矢板上 ($\psi' = 0$) の p は $\frac{p}{\rho g H} = \frac{F(z, n)}{K(n)} + \frac{y}{H} \dots (18) \quad r, y$ 座標の対応は (14), (15) 式である。

(1) より $d\tau/dr$ を求めて全揚圧力 P は

$$\frac{P}{\rho g HT} = \int_{-(a+b)}^{a+b} \frac{p}{\rho g HT} dx = \frac{P_{AE} + P_{CR} + P_{EB}}{\rho g HT} = \int_{-L_1}^{-1/m} f_1(r) dr + \int_{-1}^1 f_1(r) dr + \int_{1/m}^{L_2} f_1(r) dr \dots \dots (19)$$

堤踵A点に作用するモーメントは矢板の全

$$f_1(r) = \frac{A}{T} \frac{F(z, n)}{K(n)} \frac{(r^2 - d^2)}{(r^2 - \beta^2) \sqrt{(r^2 - 1)(r^2 - 1/m^2)}}$$

M_{CDE}, M_{PQR} も加えて

$$\frac{M_{AB}}{\rho g HT^2} = \int_{-(a+b)}^{a+b} \frac{p}{\rho g HT^2} x dx = \int_{-L_1}^{-1/m} f_2(r) dr + \int_{-1}^1 f_2(r) dr + \int_{1/m}^{L_2} f_2(r) dr \quad f_2(r) = f_1(r) \frac{x}{T}$$

$$\frac{M_{CDE}}{\rho g HT^2} = \int \frac{p}{\rho g HT^2} y dy = \int_{-1/m}^0 f_3(r) dr - \int_{-a}^{-1} f_3(r) dr \quad \frac{M_{PQR}}{\rho g HT^2} = \int_1^d f_3(r) dr - \int_d^{1/m} f_3(r) dr$$

$$\frac{M}{\rho g HT^2} = \frac{M_{AB} + M_{CDE} + M_{PQR}}{\rho g HT^2} \dots \dots \dots (20) \quad f_3(r) = f_1(r) \frac{y}{T}$$

次に単位幅当りの浸透流量Qを求める。図-1(c)のS平面で、 η 方向の流速を夫々 u^*, v^* とすれば

$$u^* = \frac{\partial \psi}{\partial \eta} = \frac{Q}{K(n)} \frac{\partial \psi'}{\partial \eta}, \quad v^* = -\frac{\partial \phi}{\partial \eta} = -\frac{kH}{K(n)} \frac{\partial \phi'}{\partial \eta} \quad \text{浸出面の } B-M \text{ 上では } u^*|_{\eta=0} = 0 \text{ であるから}$$

$$\frac{dw'}{ds} = -i \frac{\partial \phi'}{\partial \eta} + \frac{\partial \psi'}{\partial \eta} = -i \frac{\partial \phi'}{\partial \eta} = i \frac{K(n)}{kH} (v^*)|_{\eta=0} \quad \text{一方(10)より } \frac{dw'}{ds} = \frac{1}{2n\sqrt{s(1-s)(1/n^2-s)}} \text{ となり}$$

$$v^*|_{\eta=0} = \frac{kH}{K(n)} \frac{1}{2n\sqrt{s(1-s)(1/n^2-s)}} \quad \text{故に } Q = \int_{-\infty}^0 v^*|_{\eta=0} d\tau = \frac{kH}{2nK(n)} \int_{-\infty}^0 \frac{d\tau}{\sqrt{s(1-s)(1/n^2-s)}} = \frac{K(n')}{K(n)} kH \dots \dots (21)$$

最後に動水勾配Iを求める。S 浸透線に沿った距離とすれば $I = \frac{dh}{ds}$ 。今Sを底辺及び矢板に沿う

$$\psi = 0 \text{ なる浸透線とすれば } I = \frac{1}{k} \frac{d\phi}{ds} = \frac{H}{K(n)} \frac{d\phi'}{ds} = \frac{H}{K(n)} \frac{dw'}{ds} = \frac{H}{K(n)} \frac{dw'}{ds} \frac{ds}{dt} \frac{dt}{dz} \frac{dz}{ds} \dots \dots \dots (22)$$

$\frac{dw'}{ds}, \frac{ds}{dt}, \frac{dt}{dz}$ は夫々 (10), (8), (1) より求まる。動水勾配が最も問題となる構造物下流端B点での動水勾配 I_B は、

$$\left. \frac{dw'}{ds} \right|_B = i \text{ であるから結局 } I_B = \frac{iH}{2AK(n)} \frac{(t^2 - \beta^2)}{(t^2 - d^2)} \sqrt{\frac{(r_1 + L_2)(L_1 + \delta_2)(t^2 - 1)(t^2 - 1/m^2)}{(t + r_1)(t + L_1)(t - r_2)(t - L_2)}} \dots \dots \dots (23)$$

この式の分母に $(t - L_2)$ があるため、そのままでは I_B は求まらない。そこで下流側矢板のB点に一致した場合を考えると、 $b_2 = 0, L_2 = 1/m$ となり $t = 1/m$ を入れると

$$I_B = \frac{H}{2AK(n)} \frac{(1 - m^2\beta^2)}{(1 - m^2d^2)} \sqrt{\frac{2(L_1 + \delta_2)(1 - m^2)}{m(1 + mL_1)(m\delta_2 - 1)}} \dots \dots \dots (24)$$

図-2に(16)より計算した母数mの値を示す。図-3(a), (b)に夫々矢板の深さ、位置を変えたときの揚圧力分布を示す。図-4は、 f_1, f_2 が P, M, Q, I_B に与える影響を示す。

浸透図は(1), (8), (10) を実数・虚数部に分解し、 τ 平面を基準にして求めた。紙数の関係でこれらの式、浸透図は省略する。

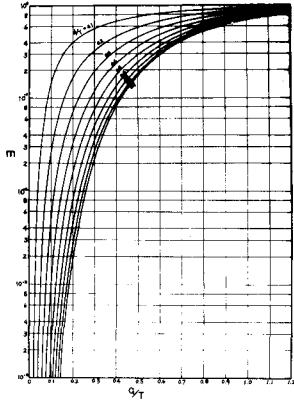


Fig.2 Value of modulus m

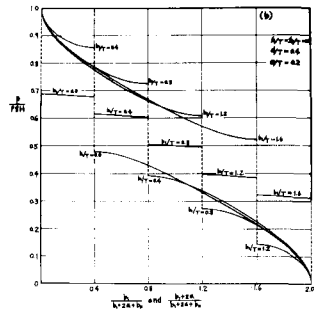
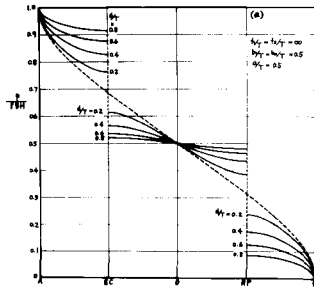


Fig.3 The uplift pressure distribution on floor. The vertical dotted lines give the pressure drops over the piling. The dotted curve gives the pressure when piling is absent.

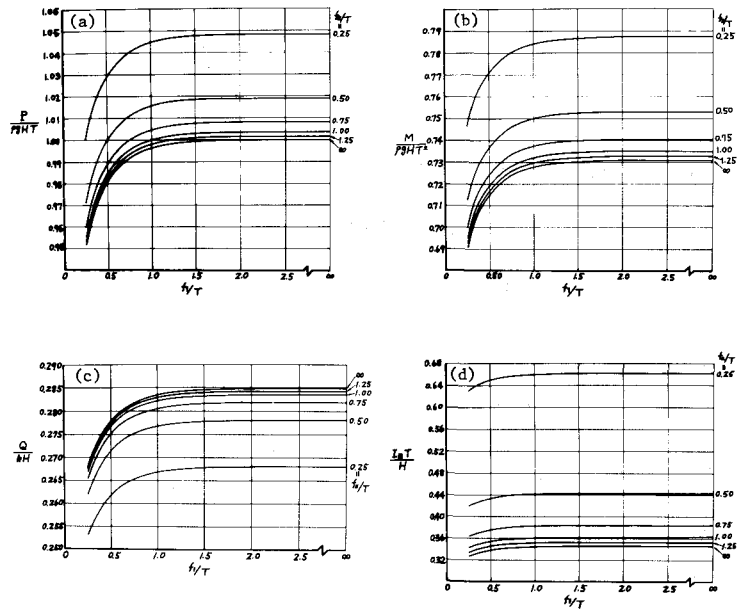


Fig.4 The effect of f_1 and f_2 ($d/T=0.4$ $b_1/T=0.5$)
 (a) Total uplift force ($a/T=b_2/T=0.5$)
 (b) Total uplift moment with respect to heel ($a/T=b_2/T=0.5$)
 (c) Seepage flux ($a/T=b_2/T=0.5$)
 (d) Exit gradient at B ($a/T=0.75$ $b_2/T=0$)

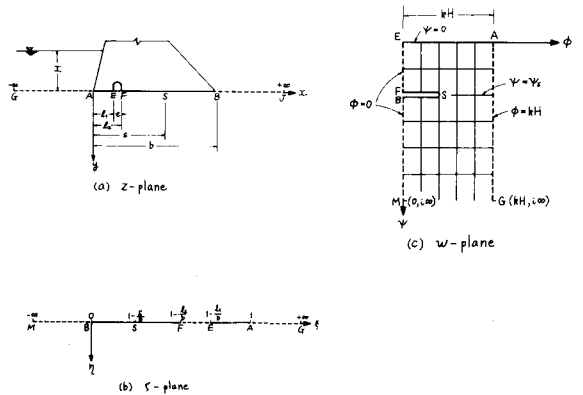


Fig.5 Schwartz Christoffel Transformations

3. 排水孔の影響

3-1. Schwartz-Christoffel 変換

図-5 の z 平面の浸透領域 ($y \geq 0$, $f_1 = f_2 = T = \infty$, $l_2 - l_1 = e$; 排水孔の大きさ, s ; よみ点の位置)

z 平面の $\eta < 0$ なる半平面に写像する変数は $\zeta = 1 - z/b$ ----- (25)

z 平面の半平面を w 平面の半無限帯板領域に写像する変数は Schwartz-Christoffel 変換を使て

$$\frac{dw}{d\zeta} = A \frac{(\zeta - 1 + \frac{e}{b})}{\sqrt{\zeta(\zeta - 1)(\zeta - 1 + \frac{e}{b})(\zeta - 1 + \frac{e}{b})}} \quad A; \text{定数} \quad \text{----- (26)}$$

3-2 揚圧力, 排水孔への流量, 動水勾配の算定

l_1, l_2, T の何れか一つでも有限になると(26)の分母の根号の中は5次式となり楕円積分では表現できず, 数値積分によらなければならない。(26)の積分を楕円積分で表わすには, $b \geq l_1 + l_2$, $b \leq l_1 + l_2$ の場合には区別される。(8)

(i) $b \geq l_1 + l_2$ の場合

(26)をE-A区画($\zeta = 1 - l_1/b \sim 1$, $w = 0 \sim kH$)で積分して, 定数Aを求めると

$$\frac{ZA}{\sqrt{l_2(b-l_1)}} = \frac{imH}{(s-l_2)K + \frac{\pi}{2}\sqrt{l_2(b-l_1)}\Lambda_0(\tau, m)} \quad \dots (27) \quad m = \sqrt{\frac{l_1(b-l_2)}{l_2(b-l_1)}}, \quad \tau = \sin^{-1} \sqrt{\frac{l_2}{b}}$$

$K = K(m)$, $\Lambda_0(\cdot)$; Heuman's ラムダ関数

全く同様に, (26)をB-S-F区画($\zeta = 0 \sim 1$, $w = i\psi_s \sim i\psi_s$)で積分してSを出し, F-E区画($\zeta = 1 - l_2/b \sim 1 - l_1/b$, $w = i\psi_s \sim 0$)で積分して, 排水孔への浸出流量 ψ_s を求めると。

$$S = l_2 - \frac{\pi}{2K} \sqrt{l_2(b-l_1)} \{ \Lambda_0(\tau, m) - 1 \} \quad \dots (28) \quad \frac{\psi_s}{kH} = \frac{2}{\pi} K' \left\{ Z(\vartheta, m') - \frac{(s-l_1)}{\sqrt{l_2(b-l_1)}} \right\} \quad \dots (29)$$

$\vartheta = \sin^{-1} \sqrt{1 - l_1/b}$, $K' = K(m')$, $m' = \sqrt{1 - m^2}$

(27), (28)を(26)に代入して最終的に揚圧力 p は, $\varphi = \sin^{-1} \sqrt{\frac{l_2(l_1-x)}{l_1(l_2-x)}}$ として

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{A-E区画 } (0 \leq x \leq l_1) \\ \frac{p}{\rho g H} = \frac{\Phi}{kH} = \frac{F(\varphi, m)}{K} + \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \frac{q^{2n}}{(1-q^{2n})} \sin \frac{n\pi F(\varphi, m)}{K} \sinh \frac{n\pi F(\tau, m')}{K} \quad \dots (30) \\ \text{F-S-B区画 } (l_2 \leq x \leq b) \\ \frac{p}{\rho g H} = \frac{F(\varphi, m)}{K} + \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{q^{2n}}{(1-q^{2n})} \sin \frac{n\pi F(\varphi, m)}{K} \sinh \frac{n\pi F(\tau, m')}{K} + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left\{ \frac{\tanh \frac{\pi F(\tau, m')}{2K}}{\tan \frac{\pi F(\varphi, m)}{2K}} \right\} \quad \dots (31) \end{array} \right.$$

(ii) $b \leq l_1 + l_2$ の場合

$$S = l_1 + \frac{2K}{\pi} \sqrt{l_2(b-l_1)} \Lambda_0(\vartheta, m) \quad \dots (32)$$

ψ_s (29)式

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{A-E区画} \\ \frac{p}{\rho g H} = \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left\{ \tan \frac{\pi F(\varphi, m)}{2K} \tanh \frac{\pi F(\vartheta, m')}{2K} \right\} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \frac{q^{2n}}{(1-q^{2n})} \sin \frac{n\pi F(\varphi, m)}{K} \sinh \frac{n\pi F(\vartheta, m')}{K} \quad \dots (33) \\ \text{F-S-B区画} \\ \frac{p}{\rho g H} = \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{q^{2n}}{(1-q^{2n})} \sin \frac{n\pi F(\varphi, m)}{K} \sinh \frac{n\pi F(\vartheta, m')}{K} \quad \dots (34) \end{array} \right.$$

流線図は(25), (26)を実数・虚数部に分け, 描いてあるが粗数の関係が省略する。なお浸透流量 Q は ∞ である。

流線図を見ると流線が最も密になり, 動水勾配が最大になる位置が, 排水孔の両端E, Fであることが分かる。

計算は省略するが浸出面(E-F, B-J)の動水勾配は $I = -\frac{A}{ik} \frac{(s-x)}{\sqrt{-x(l_1-x)(l_2-x)(b-x)}}$ $\dots (35)$

となりE, F, B点は特異点となる。そこで排水孔に於る平均動水勾配 $\bar{I}_{EF}$ と, $x=b$ から $x=b+e$ 間の平均動水勾配 $\bar{I}_{Be}$ を求めると, $\sigma = \sin^{-1} \sqrt{\frac{e l_2}{b(b-l_1)}}$, $q' = \exp(-\pi K'/K)$ として

$$\bar{I}_{EF} = \frac{2HK'}{\pi e} \left\{ \frac{(s-l_2)}{\sqrt{l_2(b-l_1)}} + Z(\tau, m') \right\} \quad \dots (36) \quad \Omega_4 = \frac{1}{2} \log_e \frac{\sin \frac{\pi}{2K'} \{ F(\tau, m') + F(\sigma, m') \}}{\sin \frac{\pi}{2K'} \{ F(\tau, m') - F(\sigma, m') \}}$$

$$\bar{I}_{Be} = \frac{2H}{\pi e} \left\{ \frac{(s-l_2)}{\sqrt{l_2(b-l_1)}} F(\sigma, m') + F(\sigma, m') Z(\tau, m') - \Omega_4 \right\} \quad \dots (37) \quad + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{2q'^{2n}}{(1-q'^{2n})} \sin \frac{n\pi F(\tau, m')}{K'} \times \frac{\sin \frac{n\pi F(\sigma, m')}{K'}}{\sin \frac{n\pi F(\sigma, m')}{K'}}$$

図-6(a)には e/b を一定にし l_1/b を変化させたときの揚圧力分布を, 同図(b)には逆に

$l_1/b = 0.15$ に固定し, e/b を変化させたときの揚圧力分布を示す。図7~図10には, $P, M, \psi_s, \bar{I}_{EF}, \bar{I}_{Be}$ の e/b のパラメータのもとに l_1/b の関数として図示した。 P_0, M_0 は排水孔が無いときの値で $P_0 = 0.5 \rho g H b$, $M_0 = 0.1895 \rho g H b^2$

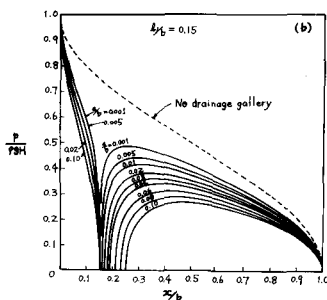
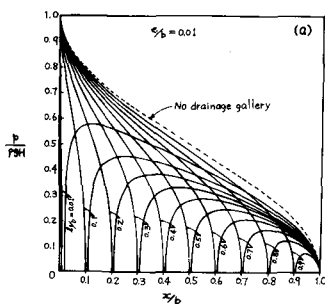


Fig.6 Uplift pressure distribution on floor
(a) $e/b=0.01$ (b) $l_1/b=0.15$

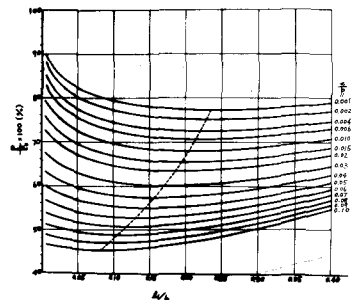


Fig.7 Total uplift force ($P_0=0.5\gamma gHb$)

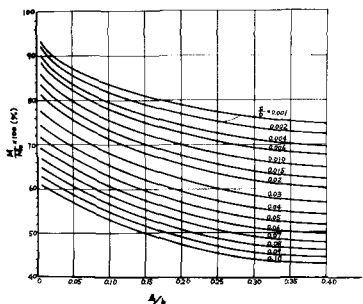


Fig.8 Total uplift moment
($M_0=0.1875\gamma gHb^2$)

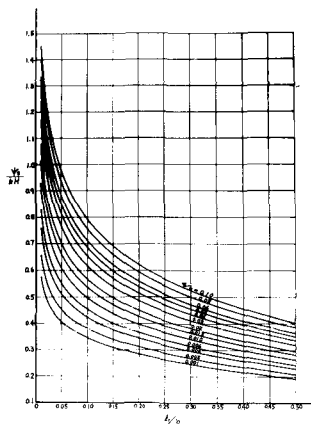


Fig.9 Seepage flux to drainage gallery

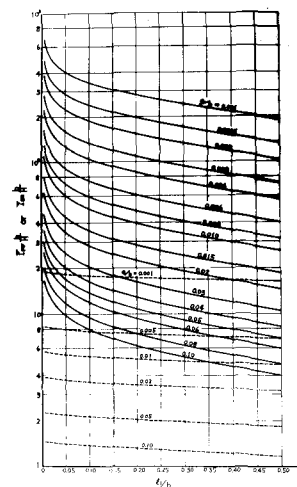


Fig.10 Mean hydraulic gradient

4. あとがき

排水孔がある場合と矢板二本の場合について、楕円積分を駆使することにより、 p , P , M , Q , I 等の水理量を明らかにした。本論文では楕円積分で解析的な処理が可能の問題を扱ったが2次元問題に限られるのが欠点である。本文では記さなかったが、矢板二本の場合次のような事実がある。

右表のような Case A, B の透水性基礎があったとすると、両者の浸透流量は等しくなり、両者の全揚圧力の和は $\gamma g H b$ (b : 底辺長) である。

	a/T	d/T	b_1/T	b_2/T	f_1/T	f_2/T
Case A	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6
Case B	l_1	l_2	l_4	l_3	l_6	l_5

これから更に、同一透水性基礎で $b_1/T = b_2/T$, $f_1/T = f_2/T$ のときは、 d/T , a/T の如何にかかわらず $P = P_0$ となる。

参考文献

- 1) Muskat, M.; The Flow of Homogeneous Fluid through Porous Media, Edwards, 1946
- 2) Polubarinova-Kochina, P. Ya.; Theory of Ground Water Movement, Princeton Univ. Press, 1962
- 3) Weaver, W.; Uplift Pressure on Dams, J. Math. Phys., vol. 11, No. 114, 1932
- 4) Chawla A. S.; Boundary Effects on Stability of Structures, J. A. S. C. E. Hy 9, 1972
- 5) 佐渡公明; 透水性基礎の浸透流に対する境界の影響について, 土質工学会道支部技術報告資料第15号, 1975
- 6) 本間仁, 浜田徳一; 浸透性基礎の地下水流と揚圧力について, 土木学会誌, 昭19, 30巻2号
- 7) 丹羽義次; 揚圧力に関する研究, 土木学会誌, 昭26, 36巻, 9号
- 8) P. F. Byrd, M. D. Friedman; Handbook of Elliptic Integrals for Engineers and Sciences, Springer-Verlag