

九州大学工学部 正員 ○上田年比古

全 崎山 正常

1. まえがき 透水性堤体の浸透流については、これまでにもかなり多くの研究があるが、著者は一般的堤体断面の浸透流に対する基礎的研究として、まず図-2 に示すような矩形断面の堤体(以下において堤体とよぶ)の下流端の浸出面が無視できる場合について、浸透流の複素ポテンシャルによる解析をのべ、この結果を実験値と比較検討した。

2. 浸出面に対する実験とその検討 堤体断面の上下流部水位および堤体長によって浸出面がどのように変るかを調べるため図-1 に示すような装置によって実験を行った。いま図-2 に示しているように堤体 $AABB'$ に対して上流側水位を H_u 、下流側水位を H_d 、堤体長を $2L$ 、不透水層から浸出までの高さを H' とする。そこで H_u 、 H_d 、 L を種々に変えて H' を観測した。この結果を図-3 に示している。 H_u/H_d を一定にして L/H_d を種々に変えると図-3 のような曲線群がえられる。この図からわかるように L/H_d が大きくなると H_u/H_d にかかわらず H'/H_d は H_u/H_d に近ういてゆく。すなわち H_u/H_d が与えられたとき L/H_d がある値以上になると浸出面はほとんど生じなくなる。図-3 に H_u/H_d がほぼ H_u/H_d に近似するとみなされる L/H_d または H_u/L の限界点を回印で示している。これらの点を H_u/L または L/H_d と H_u/H_d との軸に対して plot すると図-4 の回印のようになりほぼ直線にならぶ。そうして浸出面をほとんど生じない堤体領域と、これを無視できなと考えられる堤体領域とに分けることができる。これを式で表わすと浸出面が無視できるとみなされる堤体長はほぼ次のようになる。すなわち

$$\left. \begin{array}{ll} 0 < H_u/H_d < 0.5 \text{ に対して} & L \geq H_u^2/2H_d \\ 0.5 \leq H_u/H_d < 1.0 \text{ に対して} & L \geq 2(H_u - H_d) \end{array} \right\} \quad \dots (1)$$

図みに、いま $H_u = 3^m$ 、 $H_d = 1.8^m$ とすると $L \geq 2.4^m$ なら

浸出面はほとんど生じない。このような堤体の例はよく見られるとこそであり、またこの場合のような堤体については浸出面を無視した解析を行っても解析結果に対する誤差は少ないものと考えられる。

3. 解析 図-2 に示す堤体断面について図示のように x 、 y 軸をえらぶと

$$z = x + iy \quad \dots (2) \quad \text{厳密な解析を行うためには } z \text{ 面には図-2}$$

に示している自由水面 AC 以下の実際の浸透断面を取扱うべきであるが、いま

図-1

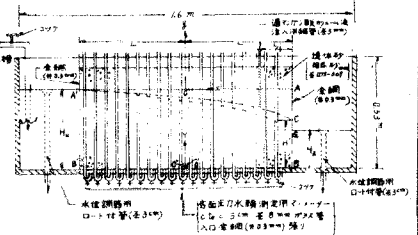


図-2



図-3

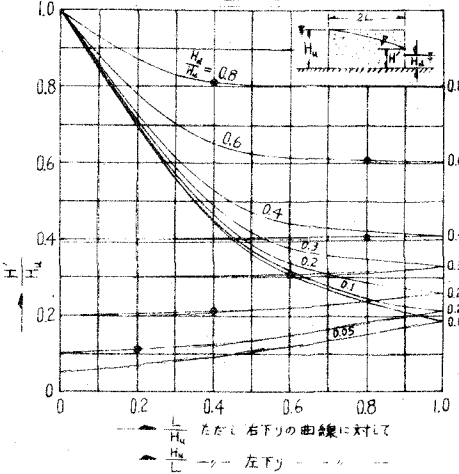
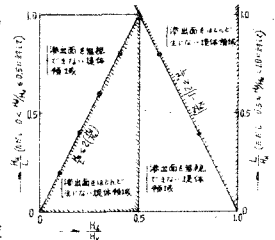


図-4



近似的に矩形 A'ABB' を有効な浸透断面と仮定し、さらに、

AA', AE 線と一本の流線と仮定する。次に z 面を z' 面とす、

$$z = z' + iy \quad \dots (3) \quad \text{と定義し複素ポテンシャルを}$$

$$w = \phi + i\psi \quad \dots (4) \quad (\phi \text{ は速度ポテンシャル,}$$

ψ は流れの関数である) として、 z および w 平面を画け

ば、図-5、図-6 および図-7 がえられる。したがって z および w 面の写像関数は Schwarz-Christoffel の定

$$理によって、 $z = N \int \frac{1}{\sqrt{(1-t) \cdot \sqrt{(m-t) \cdot \sqrt{(e-t) \cdot \sqrt{(1-t)}}}} dt \dots (5) \quad w = N \int \frac{1}{\sqrt{(1-t) \cdot \sqrt{(m-t) \cdot \sqrt{(e-t) \cdot \sqrt{(1-t)}}}} dt \dots (6)$$$

ここに、 M, N, m および e の値はそれぞれ境界条件によって定まる定数である。(5) および (6) 式の積分を

z 面および w 面の各境界によって実行すると次の条件式がえられる。すなわち、

$$H_0/L = K(m')/K(m), \quad M = -L/K(m), \quad N = \rho V(H_0 - H_2)/K(k), \quad g = \frac{N}{V} \cdot K(k) \quad \dots (7)$$

$$\text{ここに } m^2 = 1 - m'^2, \quad k^2 = 2(m+e)/(1+m)(1+e), \quad k'^2 = 1 - k^2, \quad v = \sqrt{(1+m)(1+e)}/2 \quad \dots (8)$$

であり、 ρ は透水係数、 g は単位巾当り流量、 $K(m)$ の標示は m を母数とする第一種完全楕円積分である。また e の値は z 面の AB 線に於て (5) 式の積分から、 $y_e = M \cdot F(\theta_e, m')$, $t_e = m'/\sqrt{1-m'^2 \sin^2 \theta_e} = e \quad \dots (9)$

(F は $F(\theta, m)$ の標示は m を母数とする第一種楕円積分である) となり H_0/L と与えらる (7) 式から m^2

($= 1 - m'^2$) が決まり、 M も決まる。また E 点の y の値 y_e が与えらる (9) 式から e に対する e の値が

決まり、(8) 式から $k^2 (= 1 - k'^2)$ および v の値も決まるから全ての未知定数が決定される。次に底面 BB 線

に於て速度ポテンシャルは次のようになる。すなわち z 面の $B'O''$ および BO' 線に於て (5) 式の積分から

$$O''B' \text{ 線に於て } \phi = -L \cdot M \cdot F(\theta, m) \quad \dots (10), \quad BO' \text{ 線に於て } \phi = L \cdot M \cdot F(\theta, m) \quad \dots (11)$$

$$\text{ただし } t = \pm \sqrt{1 - m'^2 \sin^2 \theta} / \cos \theta \quad \dots (12) \quad \text{ここで (12) 式の複号のうち (+) は (10) 式, (-) は (11) 式に対するものである。} \quad \theta (0 \sim \pi/2) \text{ とおいて変えらる。} \quad \text{次にこれらの } \phi \text{ および } \psi \text{ に対する速度ポテンシャルは } w \text{ 面の } B'O'' \text{ および } BO' \text{ 線に於て (6) 式の積分から}$$

$$O''B' \text{ 線に於て } \phi = \rho H_0 - \frac{N}{v} \{ K(k) - F(\theta, k) \} \quad \dots (13), \quad BO' \text{ 線に於て } \phi = \rho H_2 + \frac{N}{v} \cdot F(\theta, k) \quad \dots (14)$$

$$\text{ただし } \sin \theta = \sqrt{\frac{(1+e)(1-t)}{2(e-t)}} \quad \dots (15) \quad \text{と与えらる。}$$

4. 実験による検討 以上の解析による理論値と実測値との比較検討を行うため図-8 に示す断面に

ついて実験を行った。これについて行った理論値と実

測値とを同図に示している。これによると、まず底面

の圧力水頭については理論値と実測値とはよく一致し

ている。次に自由水面の実測値は底面の圧力水頭にほ

とんど一致している。したがって浸出面を無視できる

場合は底面の圧力水頭で自由水面を代表できるものと考えられる。次に流量については実験に用いた

相模砂の透水係数は $\rho = 0.35 \sim 0.40 \text{ cm/s}$ 程度であり、これをを用いて計算し理論流量と実測流量とはほぼ一致している。

5. おわりに 本解析では堤体の上面および下流側水面と部の側面と一本の流線とする大まな仮定があるが、この

仮定は実測値との比較の結果、底面の圧力水頭、および流量についてはたいして影響はなく、また自由水面は底面の

圧力水頭で充分代表しうる。したがって、この手法によって浸出面が無視できる種々の型の堤体内の浸透流について理

論的解析を進めてゆき、さらに浸出面が無視できない場合についても研究を進めてゆきたい。

図-5. z 平面 (z 平面に対するもの)

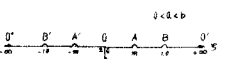


図-6. w 平面

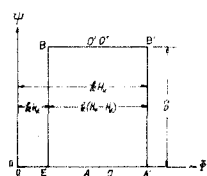


図-7. z 平面 (w 平面に対するもの)

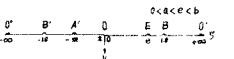


図-8. 実験による検討

