

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 (II)

— 特に揚圧力に及ぼす影響について —

中 崎 昭 人・篠 和 夫

(農学部構築工学研究室)

Studies on the Percolating Flow under the Dam with Inclined Sheet Pilings (II)

— The Effect of the Inclined Sheet Pilings on the Uplift Pressure —

Akito NAKAZAKI and Kazuo SHINO

(Laboratory of Construction Engineering, Faculty of Agriculture)

Abstract: In this paper, the percolating flow problem under [the floating-type dam with the inclined sheet pilings built on a permeable layer of infinite depth was analyzed by the conformal mapping technique. In particular, the influence of the situation and the angle of the inclined sheet pilings on uplift pressure under the dam were examined. Numerical computations were done, and the results were obtained as follows;

- 1) Total uplift pressure under the dam is decreased by setting the sheet pilings on the up-stream side of dam.
- 2) As for the case which the sheet pilings were set on the end of the up-stream side of dam, total uplift pressure slightly decreased by inclining the pilings towards the up-stream side.
- 3) Setting the pilings in the region of the center of the breadth of dam, uplift pressure is influenced by various inclinations of angle of pilings and total uplift pressure is decreased by inclining the pilings towards the down-stream side.

緒 論

透水性基盤上に設けられる低えん堤下部に、種々の目的で止水壁を設置することがしばしば行われる。また、止水壁の先端を上・下流側に移動させた、いわゆる傾斜止水壁とする場合もある。この傾斜止水壁が堤体下部をまわる浸透流に及ぼす影響のうち、浸透流量に及ぼす影響については前報¹⁾で述べた。ここでは、半無限透水性基盤上の低えん堤に設置された傾斜止水壁が浸透流に及ぼす影響のうち、特に低えん堤下部に作用する揚圧力に及ぼす影響について検討を加える。

解 析 法

Fig. 1. (1) に示されるような、半無限透水性基盤上に設けられた、止水壁を有する低えん堤の系における流れの場は、(1)式より決定される (前報¹⁾ 参照)。

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \frac{2\Delta\phi}{\pi} \tan^{-1} \frac{q+s}{p+r} + \phi_2 \\ \psi &= \frac{\Delta\phi}{\pi} \left[\ln \left\{ (p+r)^2 + (q+s)^2 \right\} - \ln (\xi_B + \xi_F) \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 p &= \left\{ (\xi + \xi_B)^2 + \eta^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \cos \left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi + \xi_B} \right) \\
 q &= \left\{ (\xi + \xi_B)^2 + \eta^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \sin \left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi + \xi_B} \right) \\
 r &= \left\{ (\xi - \xi_F)^2 + \eta^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \cos \left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi - \xi_F} \right) \\
 s &= \left\{ (\xi - \xi_F)^2 + \eta^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \sin \left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi - \xi_F} \right)
 \end{aligned}$$

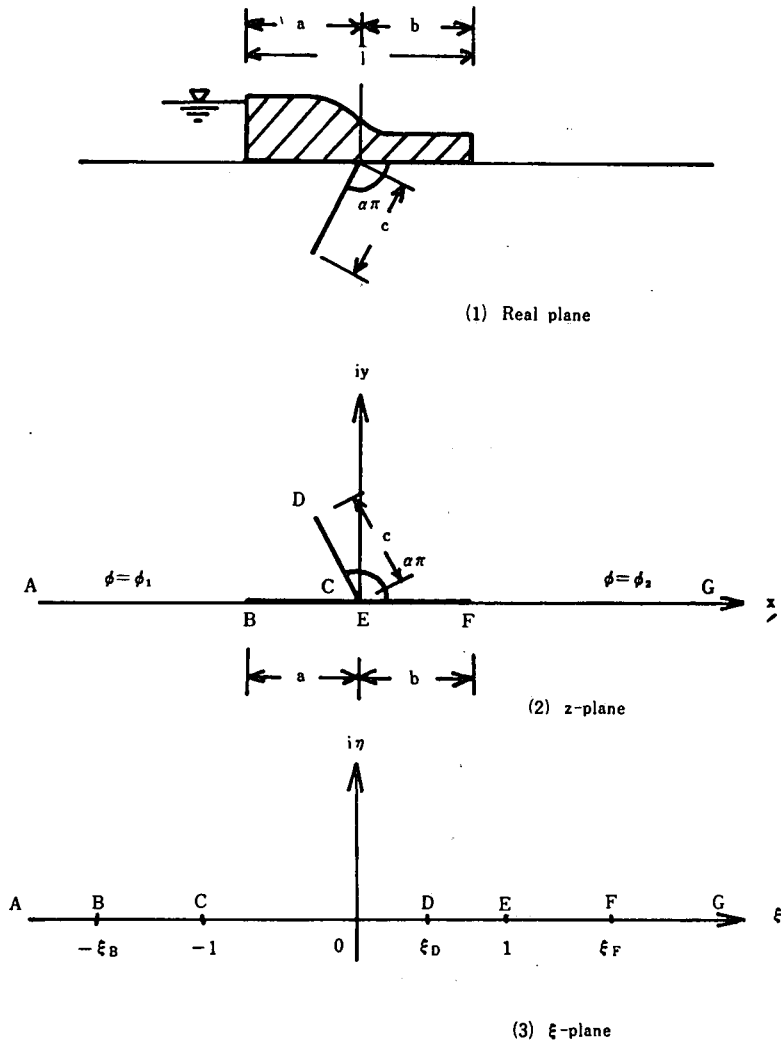


Fig. 1

Fig. 1. (2), (3)に示される z -plane と ζ -plane との関係は次式で与えられる。

$$x = \frac{c}{2(1-\alpha)^{1-\alpha} \cdot \alpha^\alpha} \left\{ (1+\xi)^2 + \eta^2 \right\}^{\frac{1-\alpha}{2}} \left\{ (1-\xi)^2 + \eta^2 \right\}^{\frac{\alpha}{2}}$$

$$\begin{aligned}
 & \cdot \cos\left\{\alpha\pi + (1-\alpha)\tan^{-1}\frac{\eta}{1+\xi} + \alpha\tan^{-1}\frac{-\eta}{1-\xi}\right\} \\
 y = & \frac{C}{2(1-\alpha)^{1-\alpha}\cdot\alpha^\alpha} \left\{(1+\xi)^2 + \eta^2\right\}^{\frac{1-\alpha}{2}} \left\{(1-\xi)^2 + \eta^2\right\}^{\frac{\alpha}{2}} \\
 & \cdot \sin\left\{\alpha\pi + (1-\alpha)\tan^{-1}\frac{\eta}{1+\xi} + \alpha\tan^{-1}\frac{-\eta}{1-\xi}\right\} \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

堤体底面に作用する揚圧力を求めるためには、Fig. 1. (2) に示される複素平面を上半平面に写像した。Fig. 1. (3) の ζ -plane 上の、 $\eta=0, -\xi_B \leq \xi \leq -1, 1 \leq \xi \leq \xi_F$ について考えれば良い。
 $-\xi_B \leq \xi < -1, \eta=0$ のとき、

$$\begin{aligned}
 \tan^{-1}\frac{\eta}{1+\xi} &= \pi \\
 \tan^{-1}\frac{-\eta}{1-\xi} &= 0 \\
 \therefore \alpha\pi + (1-\alpha)\tan^{-1}\frac{\eta}{1+\xi} + \alpha\tan^{-1}\frac{-\eta}{1-\xi} &= \pi
 \end{aligned}$$

よって

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{-c}{2(1-\alpha)^{1-\alpha}\cdot\alpha^\alpha} \left\{(1+\xi)^2\right\}^{\frac{1-\alpha}{2}} \left\{(1-\xi)^2\right\}^{\frac{\alpha}{2}} \\
 &= \frac{-c}{2(1-\alpha)^{1-\alpha}\cdot\alpha^\alpha} \left|1+\xi\right|^{1-\alpha} \cdot \left|1-\xi\right|^\alpha \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

また、 $1 < \xi \leq \xi_F, \eta=0$ のとき、

$$\begin{aligned}
 \tan^{-1}\frac{\eta}{1+\xi} &= 0 \\
 \tan^{-1}\frac{-\eta}{1-\xi} &= -\pi \\
 \therefore \alpha\pi + (1-\alpha)\tan^{-1}\frac{\eta}{1+\xi} + \alpha\tan^{-1}\frac{-\eta}{1-\xi} &= 0
 \end{aligned}$$

よって、

$$x = \frac{c}{2(1-\alpha)^{1-\alpha}\cdot\alpha^\alpha} \left|1+\xi\right|^{1-\alpha} \cdot \left|1-\xi\right|^\alpha \dots\dots\dots (4)$$

(3), (4)式と、 $\xi=-1, \xi=1$ で $x=0$ であることから、 ξ に対応する堤体底面の位置 x が求められる。

さらに、 $-\xi_B < \xi \leq -1, \eta=0$ のとき、

$$\begin{aligned}
 \tan^{-1}\frac{\eta}{\xi+\xi_B} &= 0 \\
 \tan^{-1}\frac{\eta}{\xi-\xi_F} &= \pi \\
 \therefore \cos\left(\frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{\eta}{\xi+\xi_B}\right) &= 1, \sin\left(\frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{\eta}{\xi+\xi_B}\right) = 0 \\
 \cos\left(\frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{\eta}{\xi-\xi_F}\right) &= 0, \sin\left(\frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{\eta}{\xi-\xi_F}\right) = 1
 \end{aligned}$$

よって、 $p = |\xi + \xi_B|^{\frac{1}{2}}$, $q = 0$, $r = 0$, $s = |\xi - \xi_F|^{\frac{1}{2}}$ となり、これより、

$$\phi = \frac{2\Delta\phi}{\pi} \tan^{-1} \frac{|\xi - \xi_F|^{\frac{1}{2}}}{|\xi + \xi_B|^{\frac{1}{2}}} + \phi_2 \dots\dots\dots (5)$$

また、 $1 \leq \xi < \xi_F$, $\eta = 0$ のとき、

$$\tan^{-1} \frac{\eta}{\xi + \xi_B} = 0$$

$$\tan^{-1} \frac{\eta}{\xi - \xi_F} = \pi$$

$$\therefore \cos\left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi + \xi_B}\right) = 1, \sin\left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi + \xi_B}\right) = 0$$

$$\cos\left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi - \xi_F}\right) = 0, \sin\left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\eta}{\xi - \xi_F}\right) = 1$$

よって $p = |\xi + \xi_B|^{\frac{1}{2}}$, $q = 0$, $r = 0$, $s = |\xi - \xi_F|^{\frac{1}{2}}$ となり、これより、

$$\phi = \frac{2\Delta\phi}{\pi} \tan^{-1} \frac{|\xi - \xi_F|^{\frac{1}{2}}}{|\xi + \xi_B|^{\frac{1}{2}}} + \phi_2 \dots\dots\dots (6)$$

となって、 ξ が $-\xi_B < \xi \leq -1$, $1 \leq \xi < \xi_F$ のいずれの範囲にある場合にも、 ϕ は同一の式から求めることができる。

なお、 $\xi = -\xi_B$ のときは $\phi = \phi_1$,

$\xi = \xi_F$ のときは $\phi = \phi_2$ である。

したがって、適当な ξ の値を与えると、その ξ に応じて(3), (4)式から x の値が定まり、同時に(5), (6)式によって ϕ の値が定まる。

ゆえに、いまの場合、 $y = 0$ であるから ϕ を圧力水頭と考えることによって堤体底面下の揚圧力分布を求めることができる。

計算結果とその考察

傾斜止水壁の設置位置とその傾斜角が、低えん堤下の浸透流、特に揚圧力に及ぼす影響を知るために、止水壁の設置位置は、上・下流端および堤体底面の10分点の11ヶ所とし、止水壁の傾斜角としては $\alpha = 1/3, 5/12, 1/2, 7/12, 2/3$ の5例を選び、それらを組み合わせて計算した。なお、堤体底面幅 l 、および止水壁の長さ c の比を $c/l = 0.25$ とし、 $l = 1.0$ として計算した。

このようにして計算された揚圧力が、止水壁の設置位置とその傾斜角によって、どのような影響を受けるかを知るために、設置位置を一定とし、傾斜角の変化による揚圧力の分布を示したのが Fig. 2~6 である。図中、 x は堤体上流端よりの距離である。

Fig. 2 と Fig. 6 において見られるように、上・下流端に止水壁を設置した場合には、傾斜角の変化による揚圧力の分布に顕著な差異は認められないが、その他の設置位置では、堤体底面中央に近づくとつれ、差異が現われる。比較のため Fig. 2~6 を用い、堤体底面に作用する全揚圧力を計算した結果を Table. 1 に示す(ここでは Fig. 2~6 以外の a/l についても示す)。Fig. 2~6 と Table. 1 より、比 a/l が0.2から0.8までの設置位置においては $\alpha = 1/3$ の傾斜角のとき、最も全揚圧力が小さく、上流側に傾くに従い、全揚圧力が大きくなる傾向のあることがわかる。

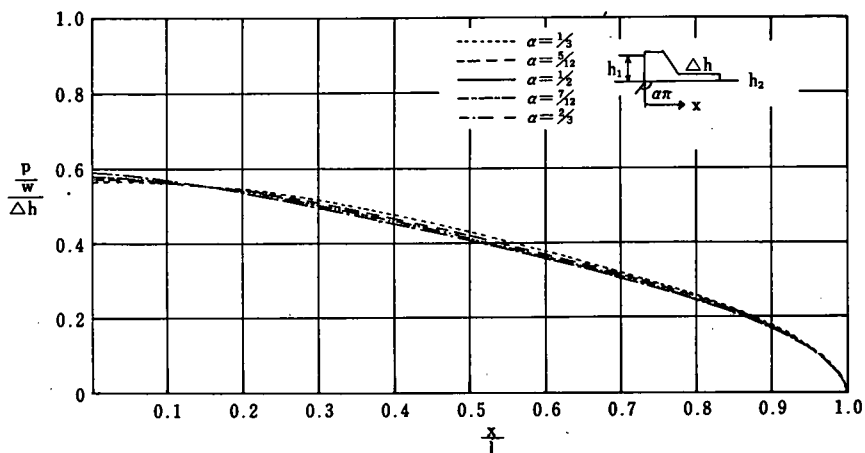


Fig. 2 Distribution of uplift pressure ($a/l=0.0$)

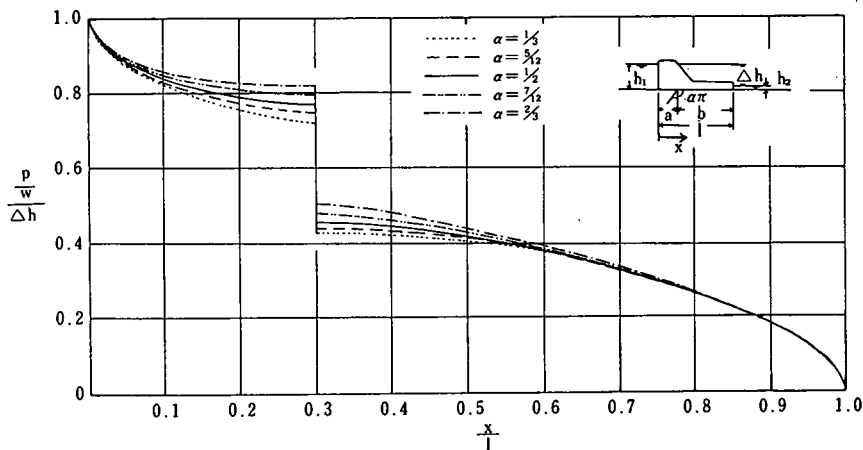


Fig. 3 Distribution of uplift pressure ($a/l=0.3$)

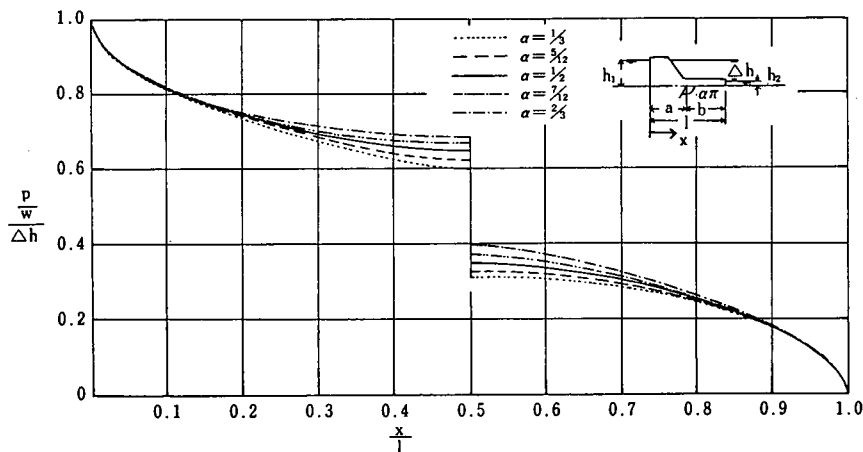


Fig. 4 Distribution of uplift pressure ($a/l=0.5$)

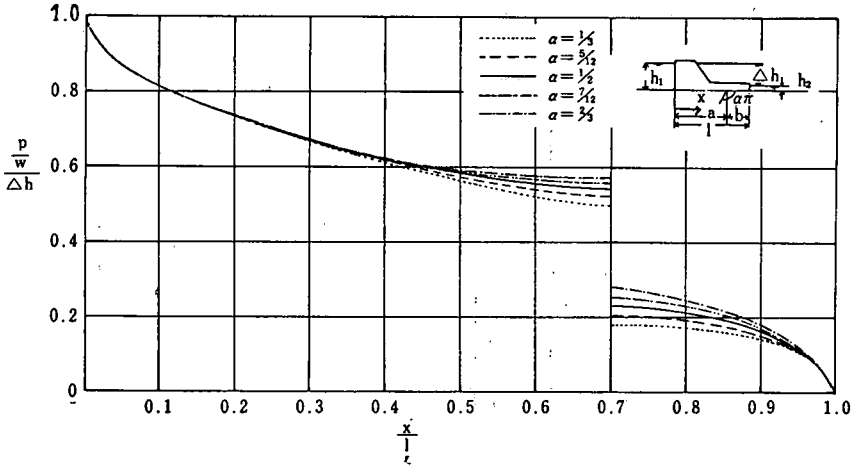


Fig. 5 Distribution of uplift pressure ($a/l=0.7$)

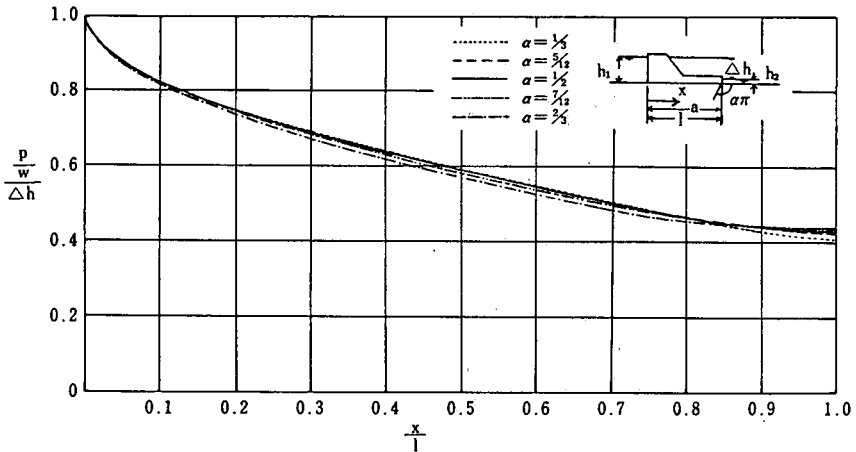


Fig. 6 Distribution of uplift pressure ($a/l=1.0$)

Table. 1 Total uplift pressure

a/l \ α	1/3	5/12	1/2	7/12	2/3
0.0	0.4017	0.3944	0.3902	0.3889	0.3900
0.1	0.4341	0.4320	0.4323	0.4348	0.4389
0.2	0.4521	0.4544	0.4590	0.4656	0.4739
0.3	0.4641	0.4693	0.4763	0.4850	0.4950
0.4	0.4735	0.4807	0.4891	0.4984	0.5081
0.5	0.4822	0.4907	0.5000	0.5095	0.5177
0.6	0.4918	0.5016	0.5109	0.5193	0.5264
0.7	0.5049	0.5150	0.5236	0.5307	0.5359
0.8	0.5261	0.5344	0.5401	0.5456	0.5479
0.9	0.5639	0.5696	0.5677	0.5681	0.5678
1.0	0.6100	0.6111	0.6107	0.6056	0.5982

また、止水壁を設けない場合の全揚圧力に対する、傾斜止水壁を設けた時の全揚圧力の比を示したのが Fig. 7 である。これより、止水壁を上流側に設置した場合に揚圧力が小さく、下流側に設置した場合に大きくなる。また、両端付近では上流側に傾斜させた場合に全揚圧力が若干小さくなる。

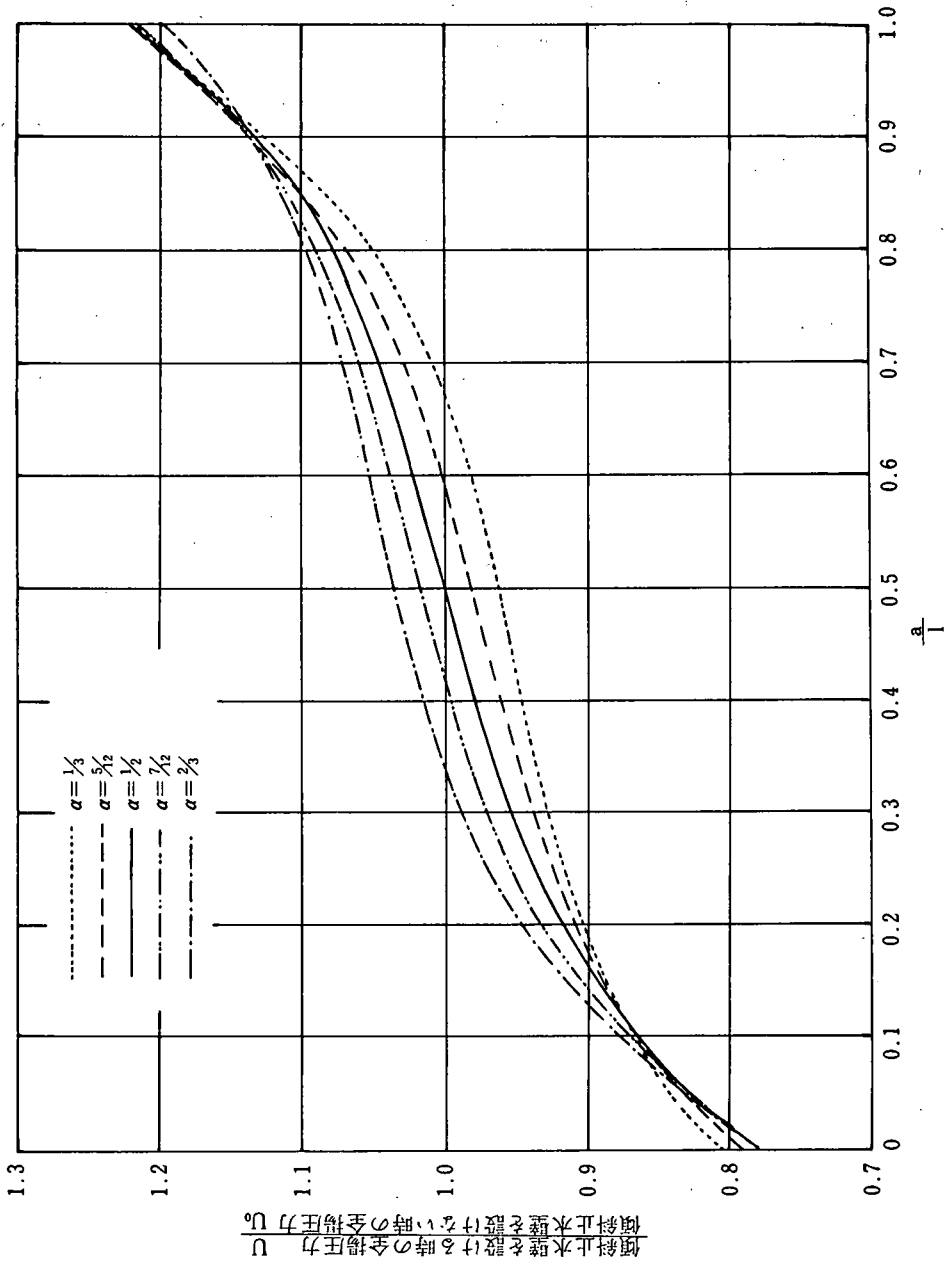


Fig. 7 Relation of U/U_0 and a/l

結 論

透水性基盤上に築造された低えん堤下部に設けられた傾斜止水壁が浸透流に及ぼす影響のうち、特に低えん堤底面に作用する揚圧力に対する影響について検討を加えた。その結果、以下の結論が得られた。

- (1) 低えん堤底面に作用する全揚圧力は、止水壁を上流側に設置することにより、軽減される。
- (2) 上流端近傍に設置した場合、堤体底面に作用する全揚圧力は、止水壁を上流側に傾斜させた場合、僅かに減少する。
- (3) 堤体底面中央付近に止水壁を設置した場合、傾斜角による揚圧力への影響が大きくなり、下流側に傾斜させた場合に全揚圧力は小さくなる。

参 考 文 献

- 1) 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) 高知大学学術研究報告 Vol. 24, 自然科学 No. 11号

(昭和50年9月30日受理)