

九州大学工学部 正 員 徳光 善治

大学院 学生員 〇平田 登基男

## 1. はじめに

アースダムの崩壊には水の作用が大きく影響する。一時的に作用する雨水や連続的に作用する浸透流が土粒子の間に浸透して、その間隙をみだしていくにしたがってせん断抵抗力が小さくなりついに崩壊を生じる。

浸透流は水を連続的に提供する。崩壊も連続的に生じ、被害も大きくなりからである。また水頭勾配が大きくなるとクイックサンドを生じパイピング現象なる特殊な崩壊を生じることもある。いずれにしてアースダムの崩壊には土粒子間の水の作用が非常に大きく影響してくる。

古くから多くの人々によつて浸透流に関する研究がなされ Darcy の公식을導入した Pavlovsky の式や Dupuit-Forchheimer の式、半理論公式として A. Casagrande の方法などがある。しかしいずれも水の流れを二次元的にとらえて導びかれたものであり三次元的解析をこころみたる研究はあまりなされていないようである。

平野部の少ない日本においてはアースダムは地理的条件などから狭い▽字型の谷に創られる事が多くこれらのダムの安定性についての検討に二次元的解析方法を適用するのは不明な点が多く問題であり、三次元的な解析を行なう必要があると思う。

よつて等者等は▽字型の不透水層面上にアースダムの模型を創つて浸透流の三次元的な動きが法面の崩壊に及ぼす影響を実験的に解析することをこころみ、二次元的解析法として提案した Pavlovsky<sup>(1)</sup>、A. Casagrande<sup>(2)</sup>の方法を用いた浸潤線と実験値との比較をもこころみた。

## 2. 実験装置および使用材料

実験装置は写真-1に示す。この装置は法長 1.25m の▽字型の谷が任意の角度で作れるようになっており谷の長さは 3.0m である。ここにアースダムの堤体をもつけた。

実験は9回程行なった。それぞれの堤体の寸法は、図-1、表-1に示す。

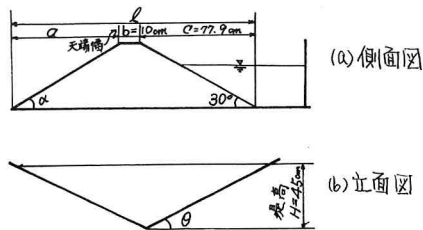


図-1 供試体寸法図

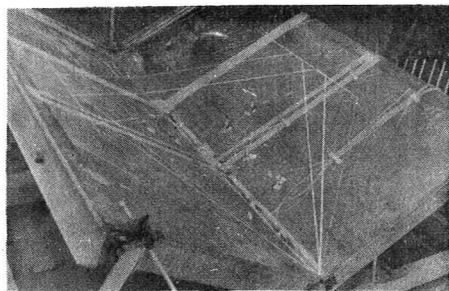


写真-1 実験装置

| 谷勾配<br>$\theta$ 度 | 下流側法面勾配 |     | $\alpha$ 度 | 法面側法長<br>$a$ cm |
|-------------------|---------|-----|------------|-----------------|
|                   | 30      | 225 | 18.5       |                 |
| 30                | A-1     | A-2 | A-3        | 77.9            |
| 25                | B-1     | B-2 | B-3        | 108.9           |
| 20                | C-1     | C-2 | C-3        | 135.0           |

表-1 供試体寸法表

堤体内の水位測定は内径4mmのガラス管とビニルパイプを用いて作ったピエゾメータを使用した。堤体に埋込んだビニルパイプの端部はガーゼと有孔鉄板で覆いパイプ内に砂のはいるのを防いだ。

水位測定点を図-2に示す。

使用材料は真比重2.64、粒度曲線は図-3に示す。

突固の試験結果より含水比を10%に調整し、堤体の密度を一定にするため10cm厚さごとに25×25×3cmのにぎり棒のついたランマ(重量約8kg)にて一定回数で突固めた。

実験後測定した堤体の乾燥密度は1.36~1.45 g/cm<sup>3</sup>である。

実内実験より求めた乾燥密度1.36~1.45 g/cm<sup>3</sup>の範囲で1.0~1.7×10<sup>-2</sup> cm/secであった。

### 3. 実験方法

アースダム堤体作成後1時間経て注水速度約0.4 1/secで注水をはじめ5~6分で完了し、その後は水位が一定となるように適時調節した。

水位測定は注水開始後から5分毎に行なった。

崩壊は目視にて観察し、写真撮影も行なった。

### 4. 実験結果および考察

実験結果を図-4, 5, 6, 7, 写真-2に示す。

図-4は下流側法尻より90cm上流のダム軸線上の浸潤線(Pavlovskyの式より求めた理論値)とポテンシャル線(実験値より求めたもの)とを示す。

理論値の計算は堤体をダム軸線に垂直な鉛直面で数片に区分して、その区分毎にPavlovskyの式を適用した。浸潤線は求めたいくつかの点をむすんだものである。

B, C, シリーズのものも、図-4のように浸潤線とポテンシャル線の両方とも中央部がくぼんだ形となった。よってこの測定線上では水の流れは二次元的であると考えて解析して

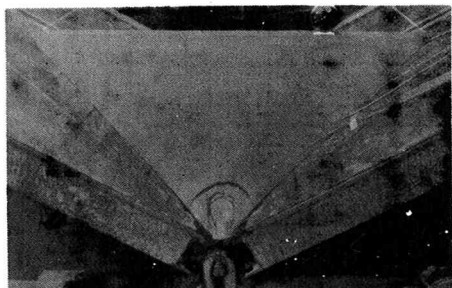


写真-2 法尻部崩壊写真

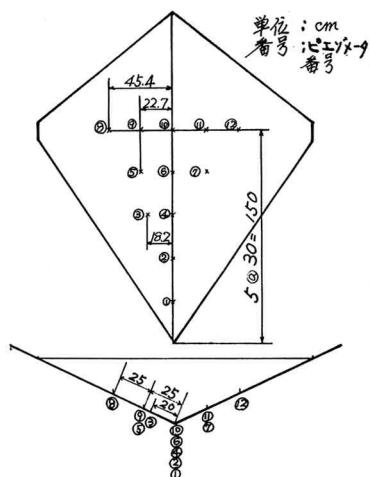


図-2 水位測定位置(C-3の場合)

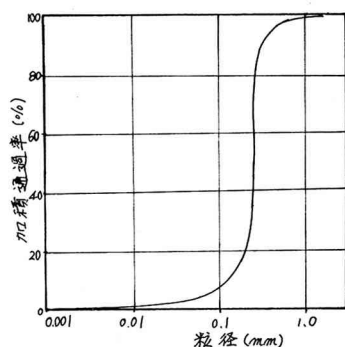


図-3 実験に用いた砂の粒径加積曲線

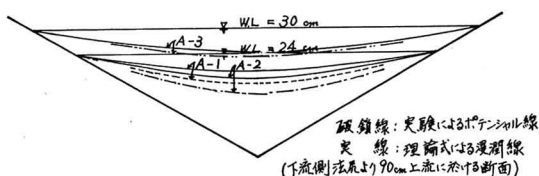


図-4 ダム軸付近の計算浸潤線と実験ポテンシャル線

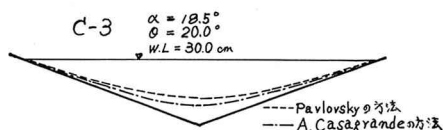


図-5 法尻部付近の計算による浸潤線

さしつかえないといえよう。

また計算浸潤線の方がポテンシャル線より大きくなつたことより、実験値が信頼出来るものであることがわかる。というのは実験より求めたポテンシャル線は堤体底部の不透水面近傍のものであり、計算による浸潤線上の点との垂直きよりの差異があるために生じたちがひであらうから。

崩壊は最初法尻部に、中央部が少し盛りあがり気味にしめりがありわれ、つぎに写真-2のように崩壊してくる。

図-5 に前述の方法で Pavlovsky 及び A. Casagrande の式を用いて求めた法尻表面部の浸潤線を C-3 の場合のものについて示す。これによると中央部が低くなつてゐる。しかし崩壊開始の時点で、外部から観察すると逆な結果の様に見える。

これは法尻付近では等ポテンシャル面が図-8 に示すようにダムの上流側に凸型になった球面状であると考へられる。それ故、法尻部付近では等ポテンシャル面に流線が垂直に向かうことより、流線が集中し、浸潤線も法尻表面で中央部がもりあがった曲線となつてあらわれ、アースダムは写真-2 のごとく崩壊したものと考えられる。だから前述の方法による Pavlovsky 及び A. Casagrande の式の適用は法尻部付近においては不適当である。

図-6 には B-3 の時間と浸透水伝達距離との関係、及び Pavlovsky, A. Casagrande の提案した理論式による浸潤線と実験値より求めたポテンシャル線を示す。

浸透水伝達距離は法尻部に近づくほど早くなつてゐる。

浸潤線とポテンシャル線を比較すると上流部においては浸潤線の方が高いが下流部(法尻部)付近ではポテンシャル線が高くなつてゐる。

よつてこの方法で求めた浸潤線を用いることは危険側になるので適当でないと思われる。

図-7 には V 字型谷の角度  $\theta$  の変化によるポテンシャル線の変動を調べるために A-2, B-2, C-2 のアースダムのポテンシャル線を示した。

これによると  $\theta$  が小さくなるほど法尻表面のポテンシャル線が低くなる。これは  $\theta$  が小さくなる程法尻部への流線集中密度が小さくなるためであらう。

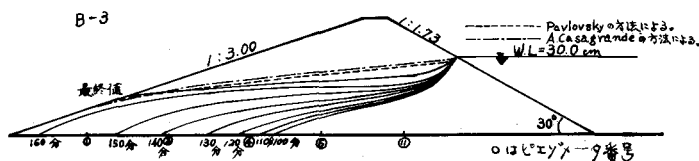


図-6 時間—浸透水伝達距離、および計算浸潤線と実験によるポテンシャル線 (B-3 の供試体の場合)



図-7 V 字型谷の角度  $\theta$  —ポテンシャル線 ( $\alpha = 22.5^\circ$  で一定)

## 5. むすび

V字型谷の不透過面に作られたアースダムの浸透流は法尻部に集中し谷の斜面角度が大きくなればなる程、浸透流の集中度が高くなり法尻部が非常に崩壊しやすくなる。

それでこの部分の補強が必要である。

またPavlovsky及びA. Casagrandeの二次的方法を用いて浸潤線と求めることは上流部では、安全側を示すので利用の可能性があるが下流部(法尻部)では危険側を示し不適当である。

また崩壊は円形状に崩壊していくなどの事がわかったが、今回は実験回数が少なくて定量的な解析までは行なえなかったが今後さらに実験研究を重ねて前述した問題を解明していきたい。

本実験を行なうにあたって多大の御協力をいただいた九州大学学生久賀富美男君に深く感謝いたします。

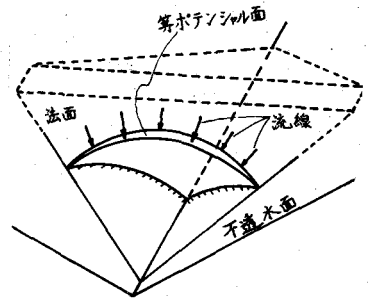


図-8 法尻部付近の等ポテンシャル面をあらわす模式図

## 参考文献

- (1) Andres Suksch and Bingham, W.F. : Technical memorandum, 383, U.S. Bureau of Reclamation
- (2) Casagrande, A. : Seepage through dams, New Engng. Water Works Assoc., (1937), 51
- (3) 土質工学ハンドブック 土質工学会編