

九州大学工学部 正員 徳光 善治
九州大学大学院 ○学生員 平田 登基男
藤田工業(株) 久賀 富美男

1 はじめに アースダム堤体内の浸透流の動きを把握することは、漏水の問題だけでなく、堤体の崩壊に対する安全性の上からも極めて大切であり、古くから大きな関心がもたれ、研究され、数多くの浸潤線を求める方法が提案されてきている。たとえば近似理論式としては、Darcy の公式を導入して求めた、Pavlovsky の式や、Dupuit-Frccheimer の式があり、半理論公式としては A. Casagrande の方法などがあげられる。しかしいずれも水の流れを二次元的にとらえて導かれたもので三次元的解析をこころみただけのものではない。ところが地理的条件、経済性の問題により、狭いV字型の谷にアースダムが築造される場合も多く、浸透流の検討を行なうのに、二次元的解析方法をそのまま適用するのは不明瞭な点も多く、極めて危険であるといえよう。筆者等は、V字型谷の不透水層上に、均一アースダムを作り、Pavlovsky, A. Casagrande のそれぞれの方法を用いて求めた浸潤線と、実験値との比較を行なう。その適用の限界および問題点を究明し、さらに浸透流の三次元的な動き、およびそれが法面崩壊に及ぼす影響について調べるために模型実験を行なう。たのてその結果を報告する。

2 実験装置および使用材料 実験装置は縦3.0m、横1.25mの2枚の板を片側をヒンジにて結合しV字型の谷が任意の角度で作れるようになっている。谷の長さは3.0mである。この谷にゴム板を張りつけ、不透水層を作り、この上に均一アースダムの堤体をもうけた。実験は全部で9回行なった。

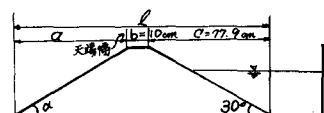
用いた堤体の寸法を図-1、表-1に示す。堤体内の水位の測定はガラス管(内径4mm)とビニールパイプを用いて作成したピエゾメータを使用した。堤体に埋込んだビニールパイプの端部は、空気および砂がパイプ内に侵入しないように工夫した。堤体作成に使用した細

谷勾配 θ 度	下流側法面勾配		α 度	法面長さ a cm
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

砂の物理的性質は、比重(G_s) 2.64、砂分 89.6%、シルト分 9.6%、粘土分 1.8%、均等係数(C_u) 2.21である。室内実験より求めた透水係数(k_{ss})は、乾燥密度(ρ_s) 1.36~1.45 g/cm³の範囲で $1.0 \sim 1.7 \times 10^{-2}$ cm/sec である。

3 実験方法 アースダムの堤体作成は、突き固め試験結果を参考に、含水比(w)を約10%に試料調整し、堤体の密度を一定に保持するために、10cm厚さごとに25×25×3cmのランマ(ニギリ棒)との重量は約8kg)にて一定回数突き固めた。堤体作成後1時間経て注水速度0.44/secで注水し、5~6分で完了、その後は水位が一定となるように、適時注水、調節した。ピエゾメータの永位測定は注水開始より5分毎に行なった。浸透水の法面への浸出点および崩壊は目視にて注意深く観察し、写真撮影も行なった。実験終了後、堤体の4ヶ所



(a) 側面図



(b) 立面図

図-1 供試体寸法図

より乾燥密度測定用の試料を採取した。求めた乾燥密度(ρ_s)は1.36~1.45ですべての堤体がほぼ均一に作成されたことを示している。

4 実験結果および考察 図-2には、Aシリーズの下流側法尻より90cm上流のダム軸線に平行な線上の浸潤線をPavlovskyの理論式より求め、実験値より求めたポテンシャル線との比較を行なったものを示す。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、それぞれに式の適用を試みた。浸潤線はそれより求めた。またポテンシャル線は測定値を結んで求めた。写真-1はA-1の場合の貯水開始後150分における、法尻部崩壊の形状を示す。図-3には、B-3の時間と浸透水伝達距離との関係、および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した。表-2には、浸透水が法尻へ到達する時間を次式より求めて実験値と比較したものである。

$t = 4.4 \sqrt{L^3 / 3gH}$, ここで γ : 有効間隙率, L : 下流側法尻より上流水面と基本放物線との交点までの水平距離, g : 透水係数, H : 上流側の水深, すなわち全水頭。

図-4にV字型谷の角度 θ とポテンシャル線との関係を示した。

これらの結果より次の事項がいえよう。本実験に用いたアースダムの浸潤線を求めるのに、前述の方法によりPavlovsky, およびA. Casagrandeの式を用いる場合、ダム軸付近の浸透流が集中しない部分においては利用可能であるが、それが集中する法尻付近では危険側を示し、不適当である。法尻へ浸透水が到達する時間は、実験値の方が計算値にくらべて非常に早い。浸透流の集中度が高いもの程、理論値と実験値との比が大きくなっており、浸透流の集中が、浸透水の流速を早め、また土粒子間のサクション、その他の影響もあって実験値が小さく出たものと思われる。法尻部への浸透流の集中度が大きいと容易に崩壊が生じ、その形状は円弧状を示す。V字型谷上に創られたアースダムは特に法尻部の安全性が問題となるので何らかの方法で浸透流の集中を防がなければならない。

4 むすび さらにこの実験を続けていき、定量的な解析まで究明していきたい。

参考文献の Ante Frankovic, Die Wasserwirtschaft, No51, 1961, p272~274.

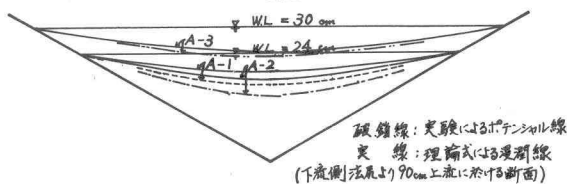


図-2 ダム軸付近の浸潤線とポテンシャル線

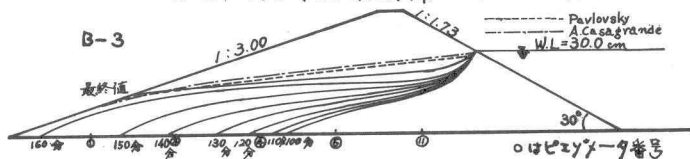


図-3 時間-浸透水伝達距離、および計算浸潤線

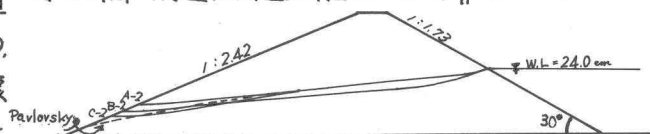


図-4 V字型谷の角度 θ -ポテンシャル線($\alpha=22.5^\circ$)

	$t_{cal}(min)$	$t_{test}(min)$	t_{cal}/t_{test}
A-1	343	85	4.04
A-2	489	115	4.25
A-3	499	115	4.34
B-1	298	90	3.31
B-2	544	150	3.63
B-3	653	160	4.08
C-1	368	115	3.20
C-2	617	175	3.53
C-3	602	150	4.01

表-2 浸透水の法尻到達時間

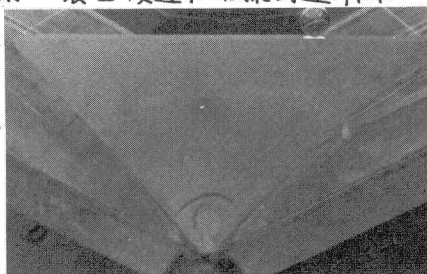


写真-1 法尻部崩壊写真