

# ヘルショーモデルによる傾斜遮水ゾーン型フィルダムの浸潤線について

## Studies on the seepage of front core type dam by Hele-Shaw Model

角野 三好, 齊藤 神子, 吉田 長貴

MIYOSHI KADONO \*, KOUKO SAITOU \*, NAGATAKA YOSHIDA \*

### 1. はしがき

二次元の傾斜遮水ゾーン型フィルダムの浸潤線を求めるには、フィルダム設計基準で例示しているように、一般に福田の式による場合が多い。この式はサンドモデル実験によりコアの傾斜角度を変えながらコア下面以降の流線を観察して求めた大変すぐれているといわれている実験式である。また、土壌物理の観点からみると、コア下面では流れが不飽和浸透になるので、有限要素法などの数値解析では最も不飽和浸透流解析が必要とされる形式と考えられる。しかし、不飽和浸透解析を行うには水分含量 ( ) - 負圧 ( P ), - 不飽和水係数 (  $k^*$  ) などの関係を知る必要があるため、個々のダムを扱うには問題も多い。そこで、本研究は傾斜コア下面以降の浸潤線をヘルショーモデルを用いて直接可視化して得られる浸潤線や2次元 F E M の簡易解析法で求めた浸潤線と福田式の浸潤線を比較しながら問題点について検討した。

### 2. 実験方法

ヘルショーモデル実験では平行板を流れる粘性の流体模型を用いて、流速項を無視できるように板の間隔を極力狭くとることが必要である。そこで、本実験では 1.5mm 厚の亚克力板を加工し図 - 1 に示す傾斜遮水ゾーン型フィルダム模型を作成した。

本実験では、上流側に設置した上流水位 ( HU/BLH ) を一定 ( 0.8 ) とし、下流側水位 ( HL/BLH ) は 0 の場合について行った。

表 - 1 には実験で用いたダム緒元を堤体底の長さ  $BLL=33.0\text{cm}$  を元に示した。また、粘性液としてテレスソ 150 ( 粘性番号 SAE40 , 動粘度 1.5 ~ 2.3 ) の機械油を使用し、実験中の室温は 15 であった。実験は上流側から油を供給し、浸潤線の上昇が始まり浸潤線の位置が目視でほぼ安定し、併せて下流側排水量が一定となったときに実験模型が定常流になったと見なしてデジタルカメラ撮影などで測定を始めた。このときの排水量は約 25.1cc/sec であった。

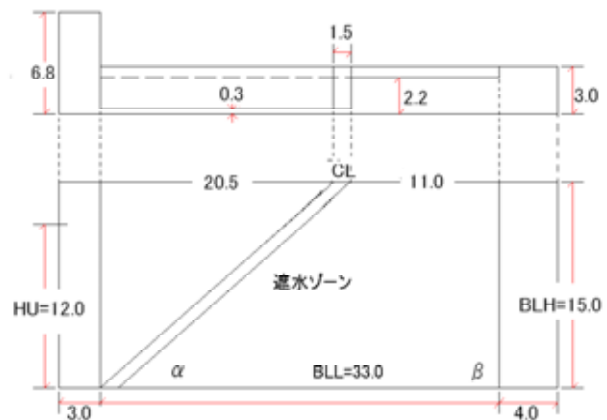


図 - 1 実験模型の記号と寸法 (cm)

表 - 1 実験のダム緒元

緒元	記号	無次元値
堤体の下底	BLL/BLL	1
堤体の高さ	BLH/BLL	0.405
上流水深	HL/BLL	0.115
コア部分の上底	CL/BLL	0.041
上流側勾配		36° 11'
下流側勾配		90° 00'

\* 弘前大学農学生命科学部 Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University ヘルショーモデル, 傾斜遮水ゾーン型フィルダム, 浸潤線

### 3 . 結果と考察

図 - 2 に実験模型が定常流に達した後の浸潤線の様子をデジタルカメラで撮影した結果を示した。さらに、考察を進めるにあたり使用する記号も併せて記載した。

この傾斜遮水ゾーン型フィルダムの浸潤線は、福田秀雄<sup>1)</sup>氏の懇切丁寧な実験により求められ、設計基準で紹介されている。

福田式によるとゾーン（コア：飽和透水係数  $K_2$ ）下面以降の浸潤線はコアとそれ以降の透水ゾーンの透水係数（ $K_1$ ）から求められる。すなわち、図 - 2 の C 点からダム堤体底までの高さ  $y_0$  から  $y_1=y_0*(K_2/K_1)$  を求めて透水領域の浸潤線の高さ  $y$  を求めることを提唱している。ここで、 $k=K_2/K_1$  を透水係数比と置くと、本実験のようにコア厚を一定にすると、コア下面の浸潤線の位置 C 点は固定される。そして、図 - 2 で得られる c d f c で囲まれる領域は FEM などの飽和不飽和浸透流解析等でなければ得られない不飽和領域であり、福田式は実験値をもとに浸透流算定ですでに考慮しているものである。

しかし、福田式では  $y_1$  は一定値となり、浸潤線を求める基本式の未定定数  $y_1$  は  $k$  の変化に対して直線的に変化することになる。いま、 $K_d$  と堤体下流側のドレーンの透水係数  $K_1$  の比  $kd=K_d/K_1=20$  とし、図 - 2 で示した  $y_0$  の変化を FEM 解析結果と比較すると図 - 3 を得る。ここで  $kd=20$  としたのは FEM 解析の結果から  $kd=20$  でドレーン内部の浸潤線の位置に変化がないことが分かったからである。また、 $p_2=y_2/HU$  とすると、図 - 3 は明らかに  $kd$  の変化に対して福田式は直線的に  $p_2$  が増加し、一方 FEM では  $k$  の増加に対して  $p_2$  の変化が逓減し自然現象としての変化を再現しているものと考えられる。また同図から  $kd=0.05$  付近を境に福田式では  $p_2$  すなわち  $y_2$  の値が FEM の結果より大きくなること分かる。

従って、福田式を扱う場合、 $k$  の値に注意すること、 $p_2$  の逓減曲線を考慮することが必要と考えられる。本実験条件における  $k$  と  $p_2$  の多項式近似では  $p_2 = -5.95k^2 + 0.91k + 0.01$ 、逓減近似式では、 $p_2 = 0.005e^{(-0.005/k)}$  を得た。

<謝辞> この実験には、本研究室の葛西聡君、松浦敬寛君の協力を得ました。  
ここに感謝の意を表します。

<参考文献> 1) 傾斜心壁形フィルタイプダムの浸潤線・浸透量に関する研究

福田秀雄著：鹿島技術研究所出版部

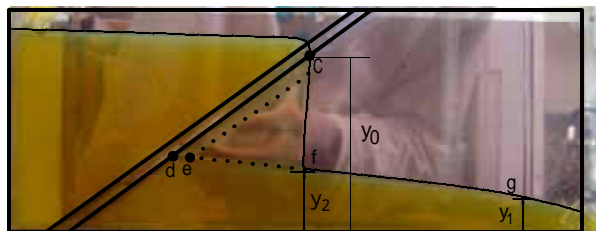


図 - 2 実験による浸潤線

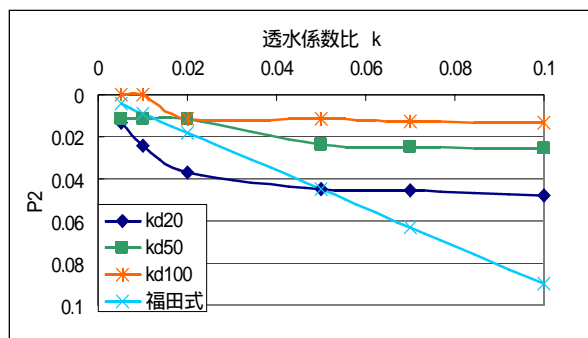


図 - 3  $k$  と  $p_2$  の関係（福田，FEM）

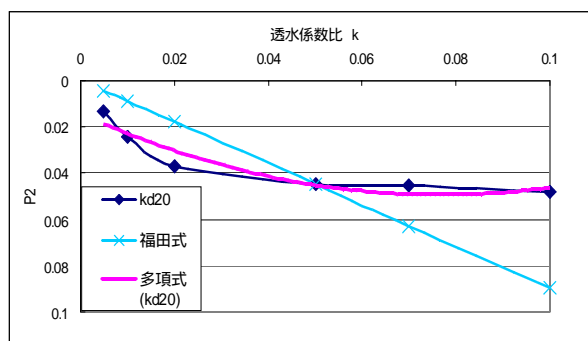


図 - 4 修正後の  $k$  と  $p_2$  の関係