

107 砂防ダムに作用する揚圧力実験

(財) 砂防・地すべり技術センター ○中野 博志
 同 上 松村 和樹
 同 上 阿部 宗平
 (株) 神戸製鋼所 嶋 文示*
 (*前 (財) 砂防・地すべり技術センター)
 パシフィックコンサルタンツ(株) 佐々木博明
 京 都 大 学 水 山 高 久

1. はじめに

本報は砂防ダムの設計において、その外力としての水圧と揚圧力との関係、さらに浸透流問題についての考え方を整理し、その設計手法の資料に資することを目的に実験的検討を行ったものである。現設計においては、砂礫基礎地盤に作用する揚圧力はダム上下流の地下水位間で直線的に変化すると単純化して想定している。本年度は、その第一段階として、砂礫基礎における不透過体である重量物（重力式ダムを想定）に作用する揚圧力について把握することを目的に基礎実験を行ったので報告する。

2. 実験概要

2.1 検討内容

本実験においては砂礫基礎（滯水層）を想定し、不透過体である重量物に作用する揚圧力の分布状態を把握することとした。基本的な条件は以下のとおりである。

- ・基礎条件：砂礫盤（礫：平均粒径 $D_{50} \approx 6.5 \text{ mm}$ 、ほぼ単一粒径を使用）
- ・水位条件：非越流状態および越流状態、
- ・構造条件：止水壁の有無

2.2 実験装置

本実験は 図-1 に示す透水実験装置（長さ 4.0 m × 幅 70 cm × 高さ 90 cm の鋼製）を用いて実施した。装置の前面は流線等の観察が容易なように透明なアクリル板（20 mm 厚）になっている。さらに、アクリル板には 15 cm メッシュで圧力計測用のマンメータを設置しており、定常浸透流を把握することができるようになっている。

不透過体（ダム）は同様に、透明なアクリル材で製作しており、長さ 78 cm × 高さ 46 cm × 幅 70 cm である。ダムの上流面および底面には 15 cm メッシュでマンメータを設置している。ダムは側面を完全に止水し、天端からジャッキを用いて完全に固定した。流量は上流側に設置した検定堰（三角堰）で計測した。また、浸透流量は下流側で実測していることから、オーバーフローした流量をその差引で把握できるようになっている。また、ダム上下流の水位調整は下流側に設置したゲートで調整できるようになっている。水位はポイントゲージを用いて、上流水位は水面勾配を考慮して流れ方向に 3 点、下流側は 1 点把握した。

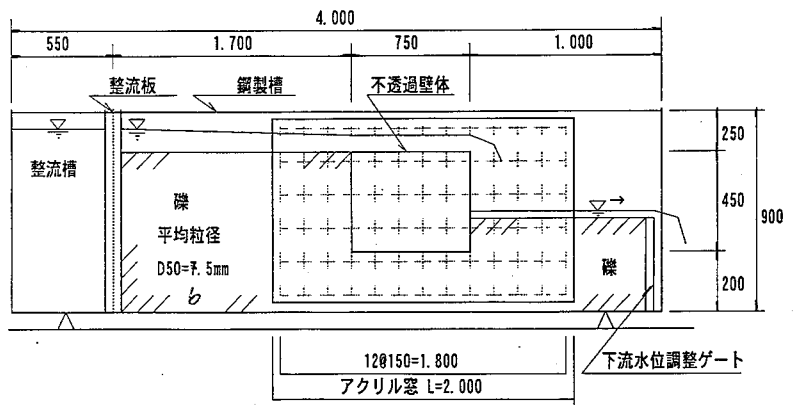


図-1 透水実験装置

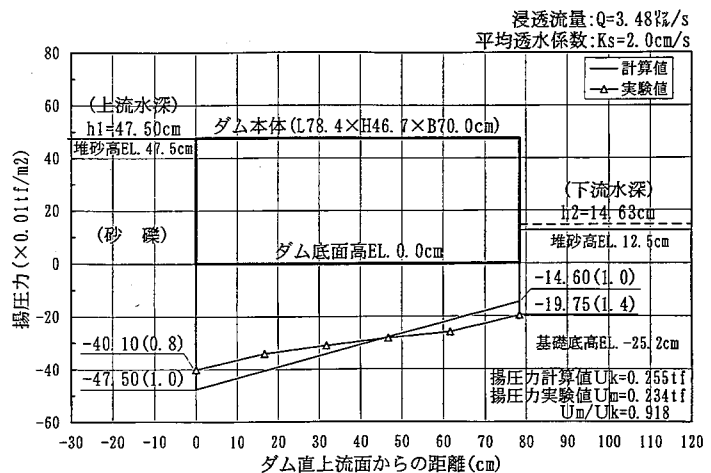


図-2 揚圧力(ダム天端水位)

3. 実験結果

図-2～図-3に非・越流状態における揚圧力の分布状態を示す。図中に示す計算値は例えば、鋼製砂防構造物設計便覧に示されているダム底面に作用する揚圧力の算定式に準じた。次式で示されている。

$$u_x = h_2 + \mu \cdot \Delta h (1 - x/L) \cdot W_0$$

ここで、 u_x : X地点の揚圧力 (tf/m^3)、 h_2 : ダム下流水深 (m)、 μ : 揚圧力係数 (砂礫基礎の場合、 $\mu=1$ 、岩着の場合、 $\mu=1/3$ が標準、本実験は $\mu=1.0$)、 Δh : $h_1 - h_2$ 、 h_1 : 上流水深 (m)、 x : ダム上流端からX地点までの浸透経路長 (m)、 L : 全浸透経路長 (m)、 $L = \text{堤底幅 } b_2 \text{ (m)}$ で示される。ただし、止水壁を設置した場合は $L = b_2 + 2d$ 、 d : 止水壁の長さ (m)、 W_0 : 水の単位体積重量 (設計では $1.2 tf/m^3$ を標準としているが、本実験では、 $1.0 tf/m^3$ とした。)

図-2～図-3に示す実験結果より、揚圧力分布状態は、計算値と比較すると、比較的上流側が低く、下流側が高くなる傾向を示しており、緩やかな曲線を描いていることが認められる。特に、上下流水深の差 (Δh) が大きくなる越流時が顕著である。

揚圧力は実験値が若干低い傾向を示しているが計算値に大差なく、ほぼ整合一致していることが認められる。

一方、図-4～図-5に止水壁を設置した場合の揚圧力の分布状態を示す。これより、ダム上下流端の揚圧力値は止水壁なしの場合に同様な傾向を示しているが、分布状態はほぼ直線的に変化していることが認められる。

全揚圧力は、明確に止水壁の効果が認められ、計算値に較べて3割以上低減していることが認められる。

4. まとめ

実験結果をまとめると次のようになる。

- ① 止水壁なしの場合、ダム底面に作用する揚圧力分布は上下流の水位差が大きくなる程、僅かに曲線的に変化するが、全揚圧力は水位から算定した計算値にほぼ整合一致している。
- ② 止水壁を設置した場合、ダム底面に作用する全揚圧力値は、計算値に較べ、3割程度低くなり明らかに効果が認められる。その分布は直線的に変化していることが認められた。

5. おわりに

今後、透水問題の解明にあたり、フローネットを作成するなどの検討を進めると同時に滞水層の透水係数および境界条件を変化させまた、有効な止水壁の長さ・位置について把握するなど、さらに実験的検討を進めていきたいと考えている。なお、本実験は鋼製砂防構造物委員会の自主研究費でとり行ったものである。

〈参考文献〉 1)建設省河川砂防技術基準(案)設計編(Ⅱ)第3章砂防施設の設計(1985年, P. 1-6) 2)土木技術資料(1972年第14巻第2号, P. 99-104)、3)例えば、地下水と井戸とポンプ(1985年、第27巻7号)、土質工学会編：土質工学ハンドブック P. 66-105、地下水ハンドブック編集委員会編：地下水ハンドブック P. 169-198、最上武雄：透水-設計へのアプローチ、鹿島出版、等他資料

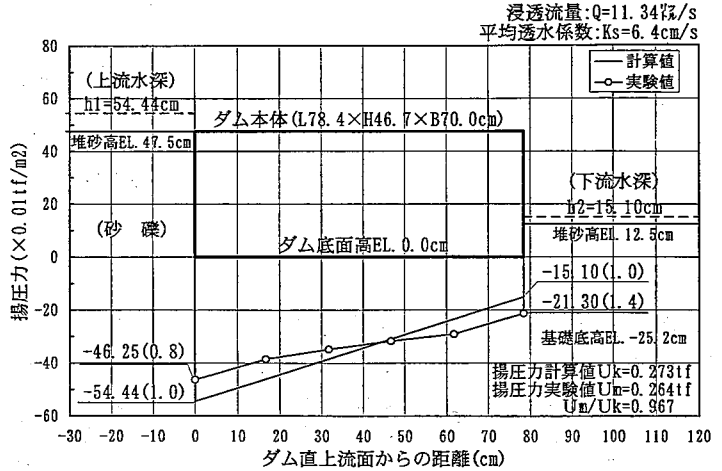


図-3 揚圧力(オ・ハ・フ)ー

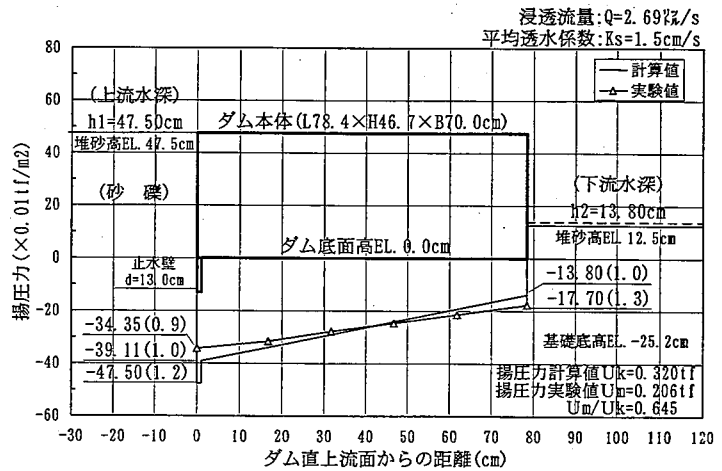


図-4 揚圧力(天端水位：止水壁)

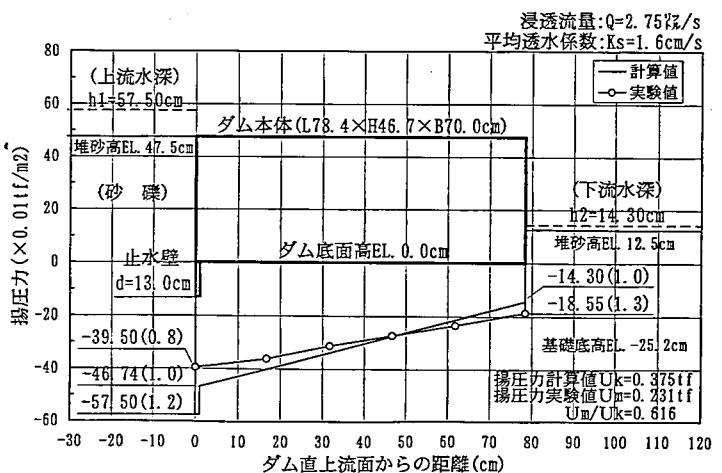


図-5 揚圧力(オ・ハ・フ)ー：止水壁