

砂防堰堤の底面における圧力状況の把握のための模型実験

日本工営(株) ○齋藤悠樹 松山洋平 手塚咲子 村松広久 松田悟 三池力 長山孝彦 伊藤隆郭
政策研究大学院大学 水山高久

1. はじめに

砂防堰堤の安定計算では、「砂防堰堤公式集（マニュアル）¹⁾」に示す荷重条件が適用されている。堤底上流端の揚圧力は基礎地盤の種類で異なっており、岩盤の場合は揚圧力係数： $\mu=1/3$ 、砂礫盤の場合は揚圧力係数： $\mu=1$ のように設定されている(図-1)。しかしながら、満砂した堰堤底面の圧力水頭の実態は明らかになっていない。本研究では、直線水路を用いて堰堤底面の圧力状況を再現することで、堰堤底面の水頭の把握を試みた。

2. 実験内容

2.1 実験条件

使用した実験装置を図-2に示す。実験には、長さ7m、幅0.3m、高さ0.65m、勾配1/34(1.68°)で木製(片側がアクリル製)の直線水路模型を用いた。堤高の大きい堰堤を想定して1/80の縮小模型を用いた。堰堤模型上流に堆積土砂に見立てた礫・砂($k=5.83 \times 10^{-2}$ cm/s($T=15^\circ\text{C}$))を敷き詰めた水路に上流から給水(単位幅流量43.2 m³/s:原型値)し、堰堤底面の水頭と、堰堤天端付近の水位を計測した。砂は、60%粒径が1.15 mmの川砂であり、礫は、60%粒径が17 mmの川砂である。実験は定常流で堰堤底面の4ヵ所の圧力を計測した。堰堤側面から流況把握のためビデオ撮影を行った。

2.2 実験ケース

実験ケースは、①鉛直浸透がなく、堰堤底面下からの水平浸透のみのケース、②砂からの水平浸透と堰堤底面下から浸透するケース、③砂からの水平・鉛直浸透と堰堤底面下からの浸透があるケース、④砂からの水平・鉛直浸透と堰堤底面下からの浸透があるが、鉛直浸透はケース③よりも多いケースとした(図-3)。実験では、全体が砂で充填された場合には堰堤底面の浸透がほとんど起こらなかった。そのため、透水性が非常に大きい礫(粒径17 mm)を堰堤周辺に配置することにした。ケース①では礫の場合の堰堤底面の水頭を確認するために下流水位だけの状態にした。ケース②では砂層からの浸透が堰堤底面の水頭に及ぼす影響を確認した。ケース③、④では礫からの鉛直浸透が堰堤底面の水頭に及ぼす影響を確認した。ケース③、④では流水を鉛直浸透させるために仕切り板に隙間(ケース③:幅2 mm,長さ250 mm,ケース④:幅3 mm,長さ250 mm)を設けた。また、堰堤模型上流に敷詰めた礫・砂について、各ケースの堰堤軸0mから上流30mまでは礫、ケース②、③、④では堰堤上流30mから110mまでは砂を敷詰めた。

3. 実験結果

表-1、表-2は、堰堤底面の水頭と堰堤天端付近の水位の実験値、図-4は、表-1、表-2の実験値を図示したものである。いずれも原型値での表記、表示である。

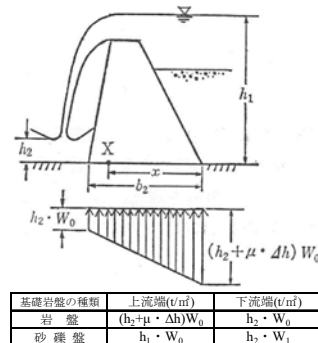
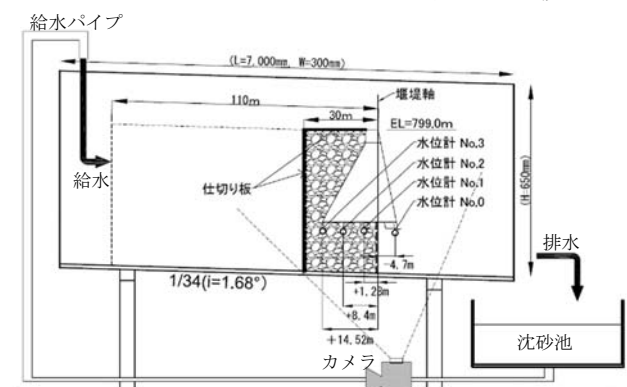
図-1 揚圧力の取扱い¹⁾

図-2 実験水路と実験装置

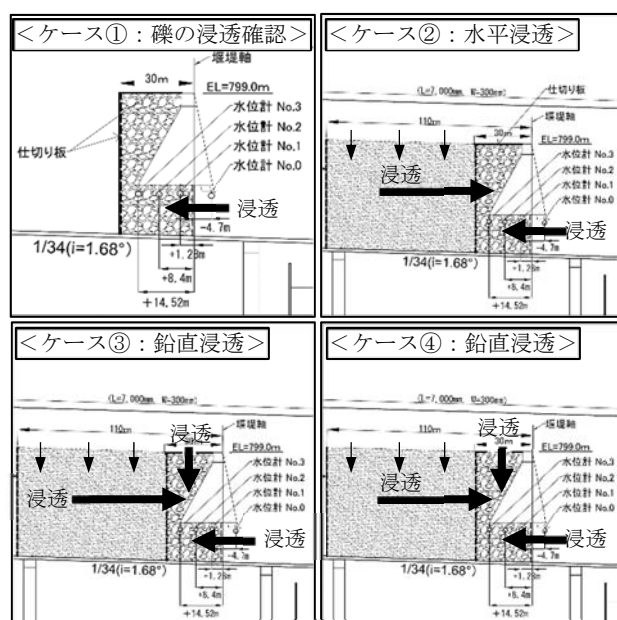


図-3 ケースごとの再現現象イメージ

3.1 ケース①

砂からの浸透を遮断した場合では、No.0～3の水頭は堰堤底面の水位程度で、4 ケースの中で最も低い水頭を示した(図-4、表-1)。

3.2 ケース②

No.0～3の水頭がケース①よりも0.9～1.8m 程度高い(図-4、表-1)。No.0の水頭はほぼ変化がなかった。また、堰堤上の越流部の水位は、ケース①とほとんど変わらなかった(表-2)。

3.3 ケース③

No.0の水頭はケース②とほぼ変わらない値を示したが、No.2～3の水頭はケース②よりもさらに1～2m 程度高い値となった(表-1)。また、式(1)により揚圧力係数を算出すると $\mu=1/10$ となった(図-4、表-1)。

$$L=(h_2+\mu\Delta h)\times W_0 \quad \text{式(1)}$$

ここに、 L ：揚圧力(t/m^2)、 h_2 ：堰堤下流側水位(m)、 μ ：揚圧力係数、 Δh ：堰堤下流側水位と堰堤上流側水位の差(m)、 W_0 ：水の単位体積重量(t/m^3)である。揚圧力係数の算出に用いた値は、ケース①～④で計測されたNo.1～3の水頭と堰堤天端付近の水位(No.1～3、+20m)の平均値($h_2=776.10\text{m}$ 、 $\Delta h=28.20\text{m}$ 、 $W_0=1.0\text{t/m}^3$)を用いた。堰堤付近の水位は、ケース②の計測値と同じである。

3.4 ケース④

ケース③よりも砂からの鉛直浸透を増量した場合では、No.1～3の水頭はケース③よりもさらに3～4m 程度高くなった。また、式(1)で揚圧力係数を算出すると $\mu=1/6$ となった(図-4、表-1)。堰堤付近の水位は、ケース②の計測値と同じである。ケース④の結果から、堤底上流端の揚圧力係数が1/3よりも小さくなることが分かった。また、図-1に示すような台形の圧力分布ではなく、堰堤底面部の圧力水頭がほぼ同じ値をとるような分布形になることが示された。

表-1 実験値(水頭)

水位計 No	No 3	No 2	No 1	No 0
ダム軸からの水平距離	+14 52m	+8 4m	+1 28m	-4 7m
ケース①	776 28	775 96	776 04	776 04
ケース②	777 12	776 88	777 84	776 12
ケース③	778 04	778 76	777 76	776 12
ケース④	781 92	781 28	781 16	776 12

表-2 実験値(堰堤天端付近の水位)

			No 3	No 2	No 1	No 0
ダム軸からの水平距離	30m	20m	+14 52m	+8 4m	+1 28m	-4 7m
ケース①	807 25	804 89	804 11	804 09	803 96	801 61
ケース②	806 21	804 97	804 75	804 41	803 96	801 05
ケース③	806 21	804 97	804 75	804 41	803 96	801 05
ケース④	806 21	804 97	804 75	804 41	803 96	801 05

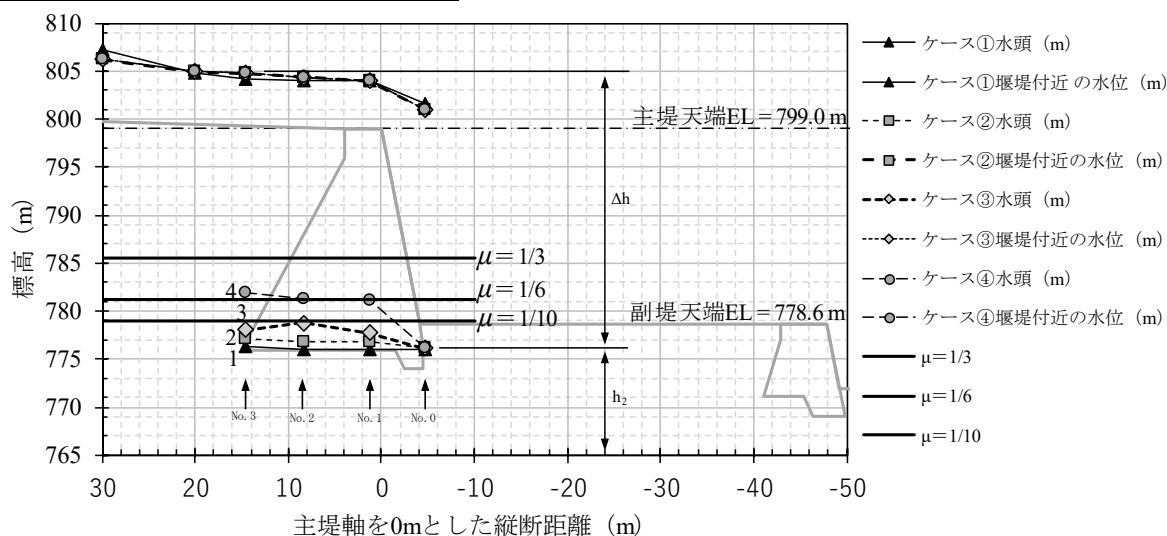


図-4 実験結果(水頭、堰堤天端付近の水位)

4. おわりに

本実験では堰堤底面の圧力状況を再現するために、堰堤底面の水頭の把握を試みた。堰堤底面の圧力状況を再現したところ、堰堤底面の水頭の上昇が大きかったケース④で $\mu \approx 1/6$ 、ケース③で $\mu \approx 1/10$ であり、揚圧力係数 $\mu=1$ 程度にはならない結果となった。加えて、図-1に示すような台形の圧力分布ではなく、堰堤底面部の圧力水頭がほぼ同じ値をとるような分布形になることが示された。今後は、堰堤底面の圧力分布と鉛直浸透の特性の関係および揚圧力分布形状や揚圧力係数の妥当性等の検討が必要であるとともに、現地計測と解析の必要性を示していきたい。

参考文献：出典

1) 社団法人 全国治水協会(1980)：改訂版 砂防設計公式集(マニュアル), p.101-102