

(財) 建設技術研究所
 京都大学大学院農学研究科
 筑波大学農林工学系
 (財) 建設技術研究所
 同上

○長谷川祐治
 水山 高久
 宮本 邦明
 小田 晃
 阿部 彦七

1. はじめに 近年、流域一環での土砂管理の観点から災害を引き起こさない土砂は極力流下させるよう透過型砂防堰堤が多く採用される傾向にあり、従来より開口率(透過幅/流下幅)の小さい鋼製砂防えん堤¹⁾や開口率の大きい大暗渠砂防堰堤²⁾も考案、採用されている。開口率の小さい鋼管製のえん堤については閉塞のみならずせき上げにより土砂の捕捉が生じることが考えられる。そこで、前報では、土石流の流下区間で開口率を変化させてせき上げの発生について実験的に検討した結果、開口率が小さくなるとせき上げが発生しやすくなることが確認された³⁾。本報では前報での実験結果を用いて、せき上げの発生限界をえん堤直上流の水深と共役水深を比較することにより考察する。

2. 前報での実験条件及び結果の概要³⁾ 前報の実験では表-1の実験条件の範囲でせき上げが発生した条件(水路勾配, 開口率)に着目し、その条件より流量を増加させてせき上げが生じなくなる条件を求めている。このようにして得られた実験結果をえん堤直上流での水深 h_2 と上流の射流域での水深 h_1 との比で定義される水深比と開口率との関係で整理した結果を図-1, 2に示す。なお、表中の「設置勾配」とは、えん堤の設置位置における河床勾配を意味し、「水路勾配」とはその勾配を実験水路の河床勾配に合わせた場合を、「水平勾配」とはその勾配を水平とした場合を意味する。また、図中の Fr_1 は h_1 に対応したフルード数、 b は透過幅、 B は水路幅である。また、参考として h_2 を限界水深 h_c とした場合の水深比、限界水深比(h_c/h_1)を示している。

図-1, 2より分かるように、前報では、せき上げが生じる場合の h_2 は実験水路の河床勾配や設置勾配にほとんど依存せずほぼ開口率にのみ依存し開口率が小さいほど水深比が大きいこと、同一の開口率の条件では Fr_1 に着目すると Fr_1 が大きいほど水深比が大きくなっていることを示した。

3. せき上げの発生限界に関する考察 図-3は、設置勾配が水平勾配の場合の水路勾配10度、流量5.0 l/sの

表-1 実験条件

流量	水路勾配	設置勾配	開口率
1.0-5.0 l/s	4°, 10°	水平勾配, 水路勾配	0.08-1.00

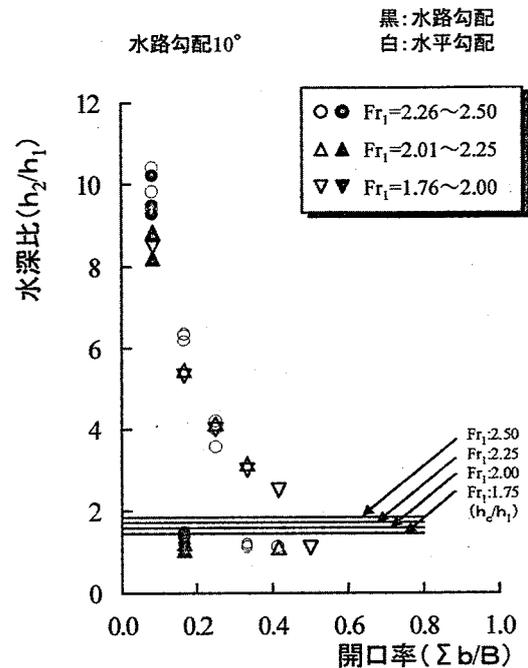


図-1 水深比と開口率の関係 (水路勾配 10 度)

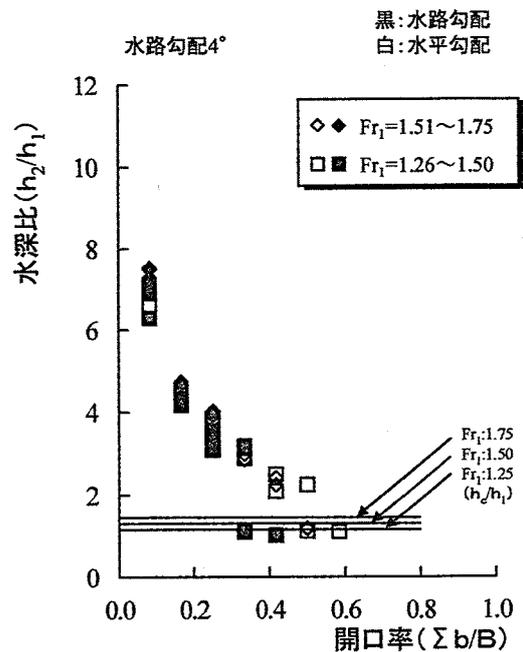


図-2 水深比と開口率の関係 (水路勾配 4 度)

場合の、開口率を4通り変えて行った実験結果を水深比と開口率の関係で整理したものである。また、図中の曲線は、 h_1 を実験結果から与え、 h_2 を式①を用いて流量係数 C を0.95として求め、水深比と開口率との関係で表したものである。

$$Q = \frac{2}{3} C \sum b \sqrt{2g} h_2^{3/2} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

ここに、 Q : 流量, g : 重力加速度, である。

この図によると、開口率が小さい条件 (図-3の点1, 2) では、実験結果と流量係数を0.95とした曲線とほぼ一致するが、点3, 4と開口率が大きくなると水深比は、曲線はもとより限界水深比をも下回るようになる。また、流量係数を一定にした計算値では、開口率を大きくすると水深比が徐々に小さくなるが限界水深比より小さくなることはない。そこで図-3の条件における水面形を調べてみる。

写真-1は図-3の各点に対応する水面形を示したもので、破線は水路左岸側の水面形を示している。点1と2に対応する写真では、せき上げ背水末端で跳水が生じているが、点3と4に対応する写真では、跳水がえん堤設置断面に到達していることがわかる。このような場合、えん堤直上流の水深は共役水深 h_3 と一致しているか、それ以下になっている。そこで、J.N.Bradleyら⁴⁾の勾配を考慮した共役水深に関する実験結果から本実験の Fr_1 と実験水路の河床勾配の条件に当てはまるケースを選び図-3に h_3/h_1 で示す。J.N.Bradleyらの共役水深に関する結果と本実験結果を比較すると、 $h_2 = f_1(Q, b) > h_3 = f_2(Fr_1)$ では、実験結果は式①で表される曲線とほぼ等しく、 $h_2 = f_1(Q, b) < h_3 = f_2(Fr_1)$ では、式①の曲線を大きく下回っている。このことより、 $h_2 = f_2(Q, b)$ と $h_3 = f_3(Fr_1)$ が等しくなる場合、せき上げの発生・非発生の境界の条件として与えることができると考えられる。

4. おわりに えん堤直上流の水深と共役水深を比較することで、透過型えん堤のせき上げの発生限界は、両者の関係から求めることができると考えられる。また、せき上げが発生した場合のえん堤直上流の水深は、流量係数が平均的な $C=0.5\sim 0.6$ ではなく、 $C=0.95$ と一致する。これは、実験で用いたえん堤の形状が一般的にせき上げを発生するとされるコンクリートスリットえん堤とは異なるためであり、今後、えん堤の形状の違いによる流量係数を検討し、さらにせき上げの発生限界を検討していく。

参考文献 1) 竹内大輔・飯田久雄・水山高久・小田晃 (2001) : 小経鋼板セルダムの土砂捕捉機能に関する水理模型実験, 平成13年度砂防学会研究発表概要集, 砂防学会, p.24-25, 2) 小田晃・渡部文人・柳沢今朝次郎・中谷守・水山高久・阿部彦七 (2001) : スーパー暗渠砂防堰堤の機能に関する水理模型実験—神坂上流大暗渠砂防ダムを対象として—, 砂防学会誌 (新砂防), Vol.53, No.5, p.52-56, 3) 長谷川祐治・水山高久・小田晃・阿部彦七 (2003) : 透過型砂防堰堤の堰上げ限界に関する実験的検討, 砂防学会誌 (新砂防), Vol. No.6, p.68-73, 4) J.N.Bradley M.ASCE and A.J.Peterka M.ASCE (1957) : HYDRAULICS DESIGN OF STILLING BASINS: STILLING BASIN WITH SLOPING APRON (BASIN V), Journal of the HYDRAULICS DIVISION Proceeding of the American Society of Civil Engineers, 1405-1 - 1045-32

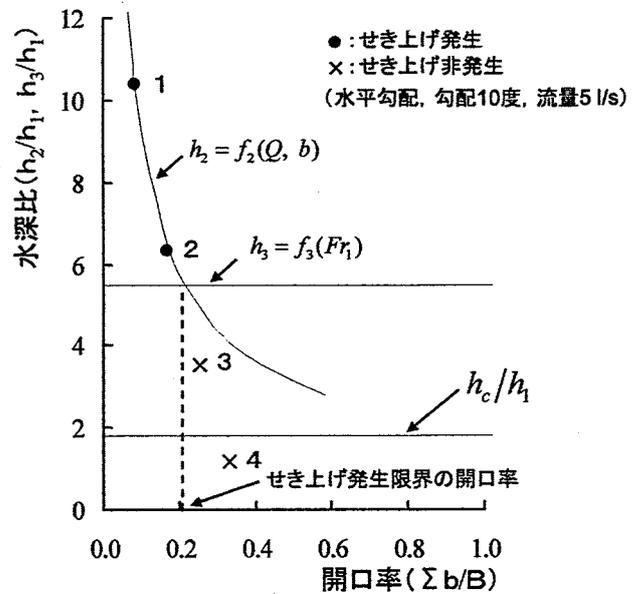


図-3 せき上げの発生限界

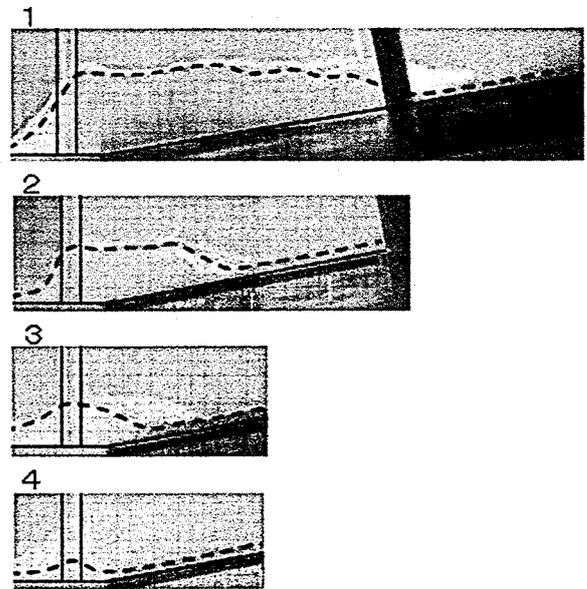


写真-1 せき上げの発生状況
(水平勾配, 水路勾配 10度, 流量 5 l/s)