

スリットえん堤の流況を再現するための模型実験に関する研究

国土交通省北海道開発局 旭川開発建設部 塚本博紀, 野嶽秀夫(現:札幌開発建設部)
日本工営(株) 正会員 ○渡部春樹
日本工営(株) 長山孝彦 小川和彦, 杉山 実, 伊藤隆郭
北見工業大学 渡邊康玄

1.はじめに

砂防ダムのスリット部と周辺の流れは、局所流の影響が顕著であり非常に複雑であるが、現在のスリットえん堤の水通し部の設計は堰の流量公式などを用いて行われ、スリット部の流速・圧力・流体力等の水理特性は考慮されていない。一方、スリットえん堤を含む水理・河床変動計算を行う際には、スリット部や湛水域の非静水圧域の取り扱いが難しいこともあり、静水圧域と非静水圧域との境界を示す必要がある³⁾。

これらを踏まえ、本研究では、①砂防ダムのスリット部に関する計画・設計に新たな情報を反映させる、②スリットえん堤を含む水理・河床変動計算を正確に行うために静水圧域と非静水圧域との境界を示すことを目的とし、半幅模型を用いて水路実験を行い、スリット部とその周辺の水面形・圧力・流速を計測した結果をもとに、水理特性を明らかにする。

2.実験条件

水位はポイントゲージ、流速にはピトー管・プロペラ式流速計、圧力は水路側壁に計測孔を設け、ピトー管の静圧管との差圧を計測して求めた。

本実験で用いたえん堤形状や流量等の実験条件を示す。えん堤高さ H とスリット幅 B の比である H/B は 4.5 である。河床勾配は、対象えん堤周辺の平均河床勾配(1/37)を用いた。模型値換算した対象溪流の平均川幅は 1.6m、流量は計画流量を模型値換算した 60 l/s を定常的に与えた。

3.全幅模型と半幅模型の比較

本実験で採用した水理実験の一手法である半幅模型(大縮尺模型)の適合性を確認するために、全幅模型(小縮尺模型)時の水面形・流況と比較した。

図 1 に半幅模型(1/50)と全幅模型(1/80)のスリット部と周辺の水面形の比較を示す。写真 1 には半幅模型と全幅模型のスリット部と周辺の流況の比較を示す。なお、半幅模型とは流心より半分を再現した抽出模型である。

図 1 に示すように半幅模型と全幅模型の水面形は、えん堤上流部～えん堤下流部でほぼ一致していることがわかる。写真 1 の左側では袖部付近の縮流、右側にはスリット付近の縮流の状態の比較を示している。半幅模型は全幅模型で再現される袖部・スリット部の縮流が再現され、更に半幅側壁の境界層の影響が小さいことが流況写真より確認できる。

半幅模型と全幅模型の比較を水面形・流況写真を用いて行ったが、半幅模型においても全幅模型と同

様の水理特性をし得るため、えん堤高さが大きくすることが可能な半幅模型を用いた実験を行った。

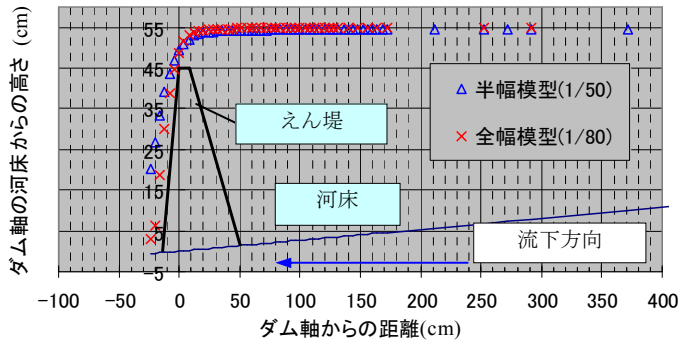


図 1 水面形の比較

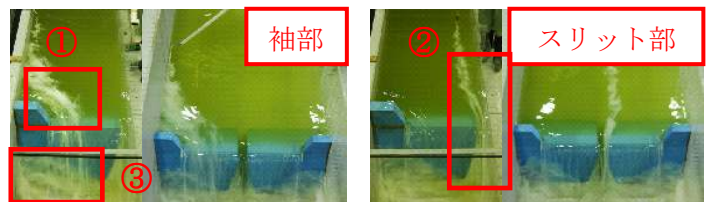


写真1 半幅模型と全幅模型の流況比較

4.スリット部とその周辺の水理特性

半幅模型(1/50)による水位・圧力・流速の測定結果を用いてスリット部とその周辺の水理特性を解析した。

図 2 に水面形・全エネルギー・ピエゾ水頭を示した。なお、全エネルギーはピエゾ水頭と最大流速時の速度水頭を足すことにより算出した。

計測した水面形とピエゾ水頭はえん堤上流部では一致しているが、ダム軸(0m)から 70cm 離れた上流の湛水域では両者の違いが明瞭である。付近より下流

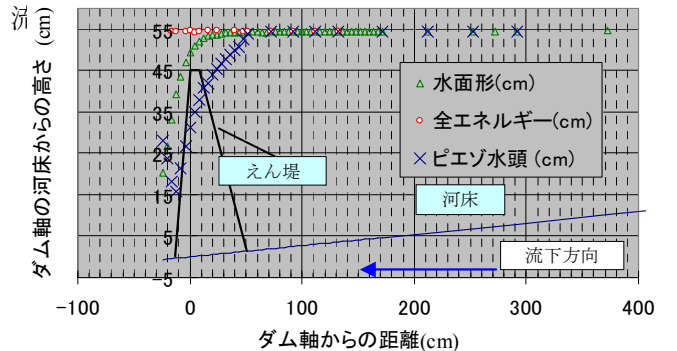


図2 水面形・全エネルギー・ピエゾ水頭の縦断分布

図 3 に計測した圧力分布を示す。比較のために静水圧分布も示した。

図4には、計測した底面圧力(ピエゾ水頭)の静水圧からのズレを H/B (えん堤高さ/スリット幅)別に示した。圧力のズレは、各断面の静水圧で基準化し、ダム軸からの距離は、えん堤高さで基準化し、ここでは無次元距離と呼ぶ。どのケースにおいても、(えん堤高さ/スリット幅)が 1.2~1.5 程度のところで静水圧とのズレが無くなっており、静水圧域と非静水圧域との境界であることが把握できる。

図3・図4で示した結果を踏まえると、無次元距離が 1.2~1.5 の値を示す所が静水圧と非静水圧との境界であるという関係性が得られた。また、図2からもえん堤高さの1.2倍~1.5倍の辺りより静水圧域と非静水圧の境界であることが確認できる。

上記の関係性を考慮すると、えん堤付近の非静水圧域の流れは高速流の縮流がみられる領域である。また、写真2からも④ではスリット部を通過する際に鉛直縮流の発生、⑥では鉛直縮流と高速流の影響による河床近傍の流速大きいことが確認できる。

解析を行う際には、ダム軸付近の支配断面や静水圧と非静水圧の境界を境界条件となれば、非静水圧域内部の計算を行わずに解析が可能となる。仮に、エネルギー保存則を適用して解析する方法³⁾を参考にするとダム軸付近でのエネルギー補正係数が必要となり、本実験では 1.17~1.33 となった。

図5は流量係数の分布を H/B (えん堤高さ/スリット幅)別に示している。流量係数は、流量を 3 l/s~60 l/s の間で作成したものである。水深は湛水域内の最大水深を適用した。水深がえん堤天端を湛水した最大水深を超えると流量係数が線形的に大きくなる。また、既往研究^{4,5)}では流量係数が 0.4 以下の値も示されたが、それとは異なる結果が得られた。

これらの水理特性をあわせて、最後に流況をみる。写真1の①では袖部の影響による平面縮流、②ではスリット部の影響による平面縮流が見られる。③のえん堤下流部では側壁に衝突する旋回流が発生していることが確認できた。また写真2の⑤のえん堤上部では気泡を含んだ流れも見られる。

5.おわりに

本研究により以下のことが明らかとなった。①静水圧域と非静水圧域との境界はダム軸から、えん堤高さの1.2倍~1.5倍程度上流側の湛水域にある②流量係数は大オリフィス式で通常用いる値(0.65)より低く、ほぼ一定値(0.5)をとった③スリット部・袖部では平面・鉛直縮流が発生する④えん堤直下流部には側壁に衝突する旋回流が発生する。

スリットえん堤の実験では、スリット幅が水通し幅よりもかなり小さい形状を対象としていたため、今後、スリット幅や縦断の断面の形状の流れに及ぼす影響などを検討する予定である。

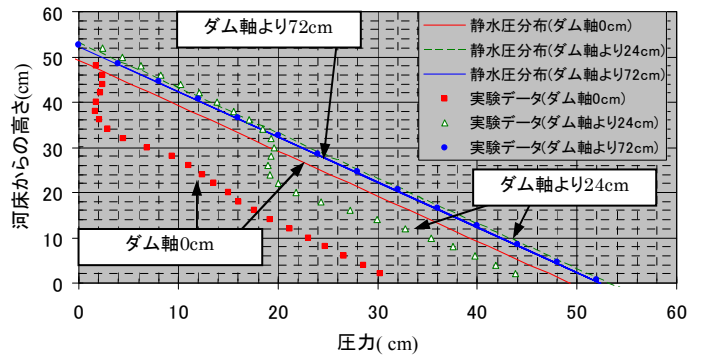


図3 圧力分布

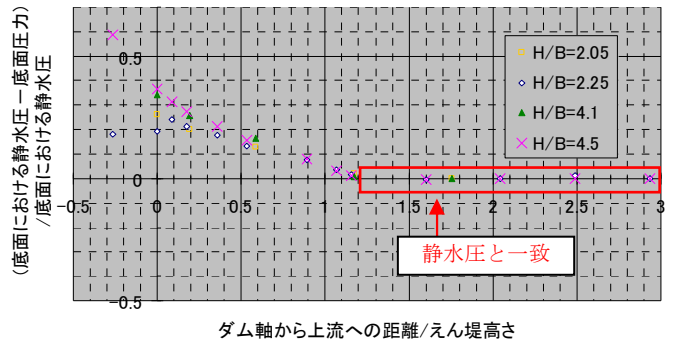


図4 底面圧力の静水圧からのズレ

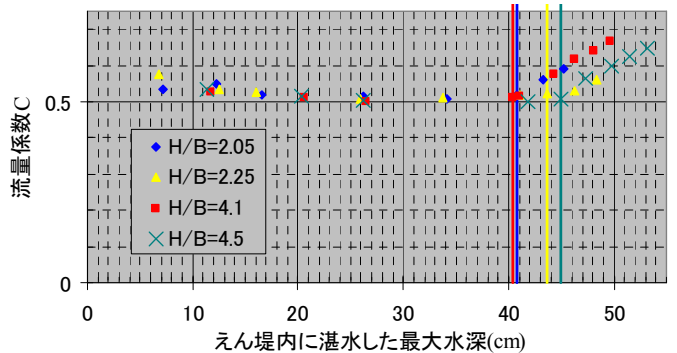


図5 水深と流量係数の関係



写真2 側壁から見たスリット部とその周辺の流況

参考文献

- 1) 石原藤次郎ら：第10回水理講演会論文集、99-104、1966
- 2) 名合宏之：土木学会論文報告集、第264号、77-86、1997
- 3) 田方智ら：平成13年度砂防学会研究発表会概要集、130-131、2001
- 4) 水山高久ら：新砂防 Vol.42 No.4(165) Nov.1989
- 5) 水山高久ら：新砂防、49、6、34-36、1997