

65 スリット砂防ダム近傍の水理特性に関する研究

筑波大学環境科学研究科
筑波大学農林工学系

○田方 智
天田高白・宮本邦明

1.はじめに 従来の不透過型砂防ダムにかわりスリット砂防ダムが多く建設されている。これまでも多くのスリット砂防ダムの土砂調節機能やその効果に関する研究¹⁾がなされており、特に最近では河床変動計算を用いた研究²⁾がなされつつある。河床変動計算では精度のよい水面形計算が要求される。現段階では、堰の公式によりスリット位置での水深を与え、それを境界条件として不等流あるいは不定流計算をおこない水面形を求めることが多い(以下、一般的な方法と呼ぶ)。不等流・不定流計算では静水圧分布が仮定されているが、既往の水理学の成果からスリット近傍での圧力分布は静水圧分布からずれていることが予想される。特に、スリット砂防ダムの機能を評価する際に最も重要と思われる堆砂の初期段階においては、この影響は無視できないものと思われる。そこで本研究では、スリット近傍での静圧分布、流速分布等の水理特性を実験的に検討した。

2.実験装置および実験条件 図1に実験水路の概略を示す。水路幅50cm、長さ約15mの可変勾配水路を用い、水路勾配は1/100に設定した。水路中にアクリル板で作成したスリット砂防ダムを設置した。実験は水路中央にスリットを設置した場合と、右岸側壁位置にスリットを設置した場合の2ケース行った。そして、それぞれ表1に示すように流量を数通り変化させて、流速分布、水面形、ダム本体と右岸側壁に沿う圧力分布の計測を行うとともに流況観察をおこなった。圧力分布はマンメータ、流速分布は電磁流速計、水面形はポイントゲージを用いて計測した。

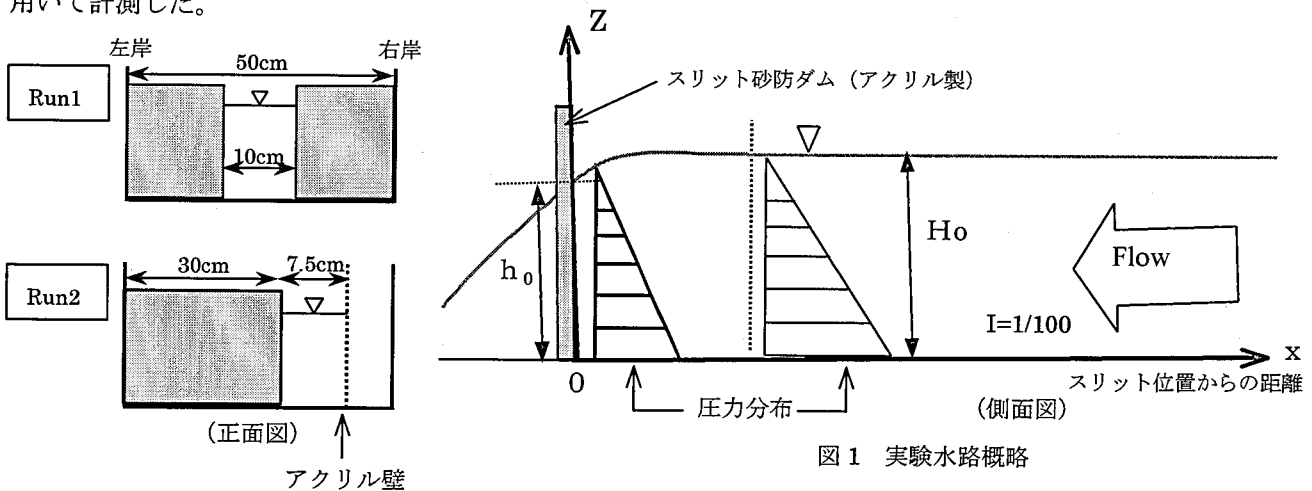


図1 実験水路概略

表1 実験ケース概要

3.実験結果および考察 図2はRun2-1のスリット位置($x=0\text{cm}$)における、右岸側壁にかかる圧力分布を示したものである。スリット位置での圧力分布はほぼ三角形分布をしているが、静水圧より低い値を示している。図3は、Run2-1における右岸近傍での、流速の流下方向成分の深さ方向分布を、スリット砂防ダム地点、それより上流10cm、50cmの位置について示したものである。同図よりスリットに近づくほど流速は急激に増加しており、特に河床に近づくほど加速が著しく、流速分布形が大きく変化することがわかる。

		水路幅 B(cm)	スリット幅 b(cm)	流量 Q(L/s)	h/b
Run1	1	50	10	32	3
	2			15.5	2
Run2	1	37.5	7.5	23	4
	2			16.8	3
	3			11.8	2

図4は右岸側壁にかかる圧力と静水圧の差(水頭)と、ダムからの距離の関係を示したものである。縦軸は圧力差を水頭で表し(ΔH_p)その地点の水深(H_0)で除して無次元化し、横軸はスリットからの距離(x)をスリット地点の水深(h_0)で除して無次元化している。 $x/h_0=1$ よりダムに近づくにつれ $\Delta H_p/H_0$ が大きくなることがわかる。また、この点(P)より上流では静水圧分布が成り立っていることになる。本実験の範囲ではスリット位置における $\Delta H_p/H_0$ の値は $h/b=4$ 、 $h/b=3$ のケースでは約0.25であり、 $h/b=2$ では約0.1であった。

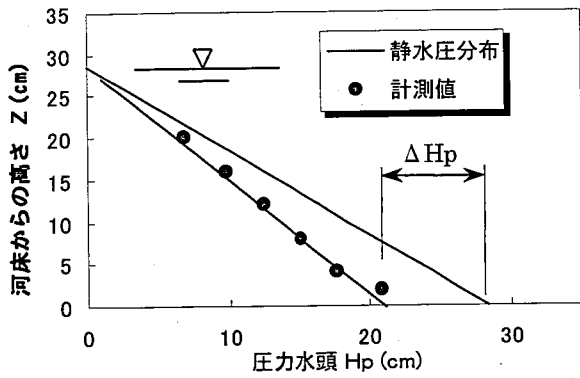


図2 スリット位置における圧力分布の静水圧分布からのズレの状況

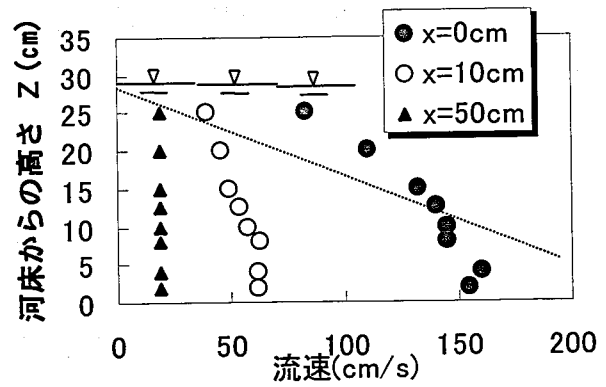


図3 流速分布状況

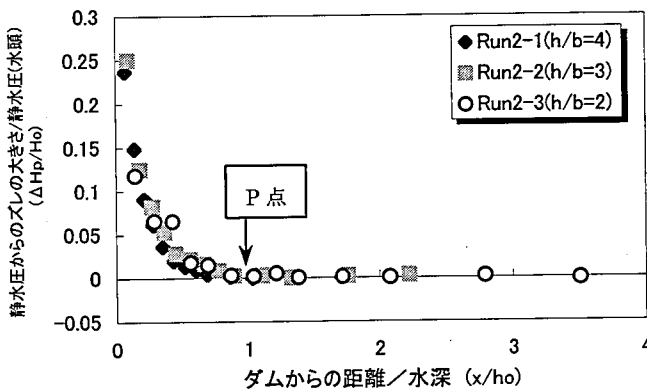


図4 ズレの大きさとダムからの距離の関係 (無次元化)

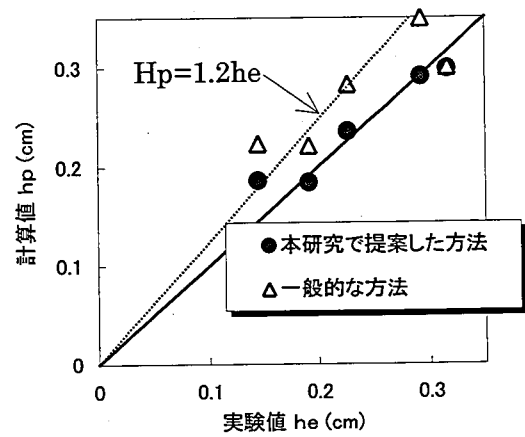


図5 計算結果と実験結果の比較

以上の実験結果からほぼ静水圧分布とみなせる P 点 ($x=h_0$) から上流域で不等流・不定流計算を実施すれば精度よく水面形を得ることができることがわかる。そのためには P 点での水深を知る必要がある。そこで、スリット近傍での圧力分布、流速分布を考慮しスリット位置の水深から P 点での水深を求めることを考える。スリット位置の水深と限界水深の間には、本実験から式(1)のような関係が得られたので、それを用いスリット位置の水深を限界水深から求める。エネルギー方程式を用いて P 点での水深を求めるが、このとき、速度水頭のエネルギー補正係数が必要となる。スリット位置での補正係数を、スリット位置における流速分布を式(2)の三角形で近似して (図3の破線) 求めると、エネルギー方程式は、式(3)で表される。

図5はこの方法と一般的な方法によって計算した P 点での水深を比較したものである。図から本研究で求めた方法がより実験値に近いこと、本実験ケースでは一般的な方法は2割ほど水深を過大に見積もることがわかる。

$$hc/h_0 = (h_0 - \Delta H_p)/H_0 \quad \dots (1) \quad u = 2U_m(h-z)/h \quad \dots (2)$$

ここに g ; 重力加速度 b ; スリット幅 B ; 水路幅 Q ; 流量 h_0 ; スリット地点での水深 hc ; スリット地点での限界水深 h ; P 点における水深

$$\left[\frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2g} \cdot \left(\frac{Q}{b \cdot h_0} \right)^2 + hc \right]_{x=0} = \left[\frac{1}{2g} \cdot \left(\frac{Q}{B \cdot h} \right)^2 + h \right]_{x=h} \quad \dots (3)$$

4. おわりに 本研究では、スリット砂防ダム近傍での水量を実験的に検討し、新たに不等流計算出発点を示し、その計算出発点(P点)での水深の求め方を提案した。この考え方をを用いることで、より精度良く水面形を求めることができる。堆砂がダム地点近傍まで進んできた場合の水面形についてはさらに検討が必要であり、今後の課題である。

参考文献

- 1) 水山高久・阿部宗平・矢島重美: スリット砂防ダムの流量係数と堆砂形状, 新砂防, Vol.42, No.4, pp28-30, 1989
- 2) 藤田正治: 砂防ダムの堆砂計算法 (その2), 砂防学会誌 (新砂防), Vol.51, No.2, pp.64-69, 1998