

排砂ゲートを用いた沈砂池の排砂方法に関する研究

鳥取大学大学院

学生員 ○辻 貴仁

鳥取大学工学部

フェロー

道上正規

鳥取大学大学院

学生員 Md.Nasir bin Md.Noh

鳥取大学工学部

正会員

檜谷 治

1. はじめに

流れ込み式水力発電所には、一般に取水口下流に沈砂池が設置される。この沈砂池は、下流端を堰上げることにより跳水が発生し流速が小さくなるため、河川から流入する土砂を沈殿させ導水路や水槽の磨耗を防止する。通常、この沈砂池には堆積させた土砂を排出するために排砂ゲートがもうけられる。しかし、現段階では明確な排砂ゲートの設計方法は確立されていない。そのため、沈砂池内に堆積させた土砂を完全に排砂することができず、排砂作業には発電を停止し多大な労働力を要するなどの問題が発生している。そこで、本研究では排砂ゲートと同形状であるスルースゲートに関する実験を行い、その実験結果を用いて排砂ゲート設計方法の検討をする。

2. 実験の概要

排砂ゲートを用いた沈砂池の排砂には、堰上げされた水深や跳水の発生位置など様々な要因が複雑に関連しあっていると考えられる。そのため、ゲート操作により様々なに変化する流況や排砂特性を把握するために、これらの諸量とその関係について実験を行う。

実験は、まず、沈砂池の水理特性を決定する重要なパラメータである流量係数に関する実験を行う。つぎに、跳水の発生位置に関する実験を行う。そして、跳水による渦動の影響範囲をゲート近傍まで移動させれば沈砂池内の土砂を効率的に排出できることが従来の研究¹⁾からわかっているため、ゲートより最も遠い排砂可能な跳水発生位置を限界跳水発生位置とし、その限界跳水発生位置に関する実験を行う。

実験装置は、長さ800cm、幅40cm、深さ40cmの勾配可変開水路で、ゲート横幅が8cm、10cm、12cmの異なるアクリル製スルースゲートが水路に直角に設置されている。このスルースゲートはゲート開度が変化可能（最大開度10cm）でゲートは刃型に整形してある。実験装置の概形を、図1に示す。

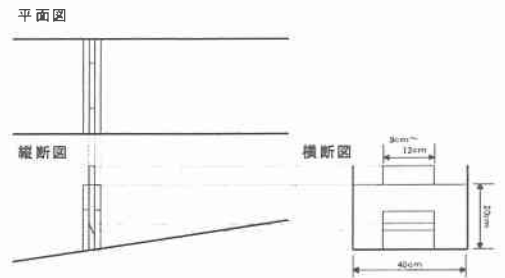


図1 実験装置の概形

実験方法は、勾配(1/15, 1/20, 1/25)を設定し、スルースゲートから越流しないように一定流量 Q を通水し、堰上げ水深 h_1 が平衡状態に達した後、計測を開始する。測定項目は水路中央で堰上げ水深 h_1 、上流側水深 h_{up} 、跳水発生位置 X 、限界跳水発生位置 X_{max} である。また、ゲート開度 a と流量 Q はパラメトリックに変化させた。測定項目の模式図を図2に示す。なお、以下の考察で用いる諸量はつぎのとおりである。

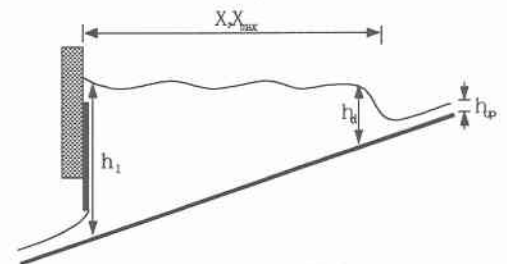
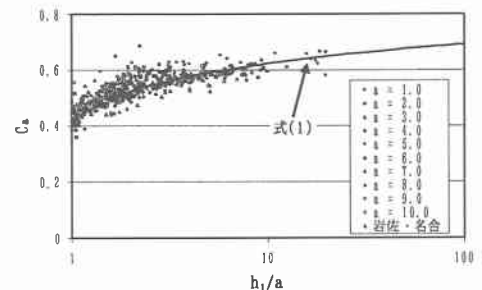


図2 測定項目の模式図

C_a : 流量係数、 h_1 : 堰上げ水深、 a : ゲート開度、 X : 跳水発生位置
 S : 河床勾配、 F_r : 上流側のフルード数、 h_{up} : 上流側水深、 X_{max} : 限界跳水発生位置、 h_d : 跳水下流側水深

3. 実験結果と考察

a) 流量係数に関して：図3に示すように、 C_a はばらつきがあるものの h_1/a との間に明瞭な関係が見てとれる。スルースゲートの通水流量を決定するにあたって、この関係は重要である。ところが、従来の研究²⁾では、 C_a と h_1/a の関係の数式化まではなされていない。そのため、この関係を式(1)の関数

図3 流量係数 C_a と h_1/a の関係

として数式化した。適用範囲は $[1 < h_1/a < 20]$ である。

$$\frac{h_1}{a} > 1 \text{ のとき } C_a = \left\{ \log \left(\frac{h_1}{a} + 0.30 \right) \right\}^{0.1} - 0.38 \text{ ----- 式(1)}$$

- b) 跳水発生位置に関して：跳水発生後の水面をフラットとすると、その間の水深は勾配のみで決まるため、下流端から跳水発生位置までの距離 X とすると、跳水下流側水深 h_d は式(2)として表せる。

$$h_d = h_1 - SX \text{ ----- 式(2)}$$

一方、共役水深の関係より

$$\frac{h_d}{h_{up}} = \frac{\sqrt{1 + 8F_r^2} - 1}{2} \text{ ----- 式(3)}$$

式(2)と式(3)より、跳水発生位置は次式で表せる。

$$X = \frac{1}{S} \left(h_1 - \frac{\sqrt{1 + 8F_r^2} - 1}{2} h_{up} \right) \text{ ----- 式(4)}$$

跳水発生位置の実験値と式(4)を用いた計算値を比較したものを図4に示す。この図4を見ると、跳水発生位置がゲートより遠ざかっていくほど計算値のほうが若干長くなっていることがわかる。これは、式(4)では跳水発生後の水深はフラットであると仮定しているが、実際はフラットではないための誤差である。

- c) 限界跳水発生位置 X_{max} に関して：限界跳水発生位置 X_{max} は跳水長と関係が想定されるため、限界跳水発生位置を跳水直後の水深 h_d で除したものを上流側のフルード数で整理した。その結果を図5に示す。図5を見ると、勾配が小さくなるほど多少 X_{max} が長くなる傾向が見られるものの、それぞれの流況において跳水直後の水深の約10倍以下にする必要があると考えられる。よって、 X_{max} は式(5)で表す。

$$X_{max} = 10h_d \text{ ----- 式(5)}$$

3. 排砂ゲート設計方法の検討

以上の実験より得られた基本的概念をもとに、排砂ゲート設計方法を検討しフローチャートによって示すと図6のようになる。排砂時間の算定には、芦田・道上の式³⁾を用いる。

4. おわりに

本研究の結果から、沈砂池内の流れを等流状態に近づけなくとも、それぞれの流況において跳水発生位置を限界跳水発生位置より小さくするようにゲート操作を行えば土砂を排出することが可能であると考えられる。そして、図7に示すフローチャートにそって排砂ゲートを設計することにより、排砂ゲートを用いて効率的に土砂排出できることが可能であることがわかった。

参考文献

- 1) 道上正規: 排砂ゲートによる沈砂池内排砂の一次元解析、第51回土木学会中国支部研究発表会発表概要集、pp.245-246、1999
- 2) 土木学会編: 水理公式集、土木学会、pp.276-277、1971
- 3) 芦田和男、道上正規: 混合砂礫の流砂量と河床変動に関する研究、京大防災研究所年報、14号B、1971、pp.259-273

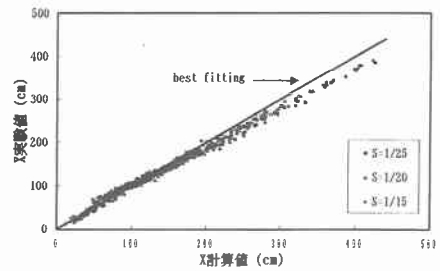


図4 跳水発生位置の実験値と計算値の比較

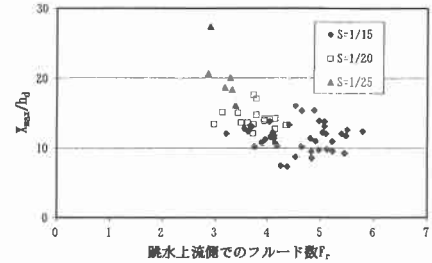


図5 限界跳水発生位置と跳水下流側水深の関係

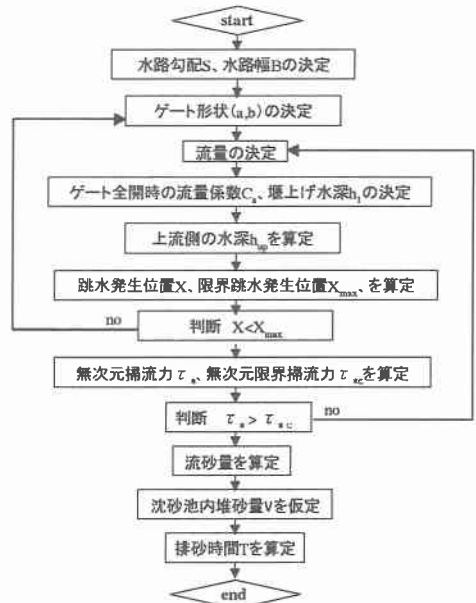


図6 フローチャート