

スルースゲートによる土砂排出特性に関する実験的研究

島根県庁
鳥取大学大学院

正会員 ○原 朋宏
学生員 MD.Nasir bin MD.Noh

鳥取大学 フェロー 道上 正規
鳥取大学工学部 正会員 檜谷 治
鳥取大学大学院 学生員 辻 貴仁

1. はじめに

流れ込み式水力発電所では、水圧管路や水車の磨耗を防止するため、流入水に含まれる土砂を除去する目的で取水口に近接して沈砂池が設けられる。通常、この沈砂池には排砂ゲートが設置され、ある程度土砂が堆積した場合、ゲートを開口し、堆積土砂の排出を行う。一般的に、沈砂池は図 2(a)に示すように底面の勾配は急勾配で、排水時には跳水が発生する。この跳水の位置がゲート付近にあれば土砂の排出が可能であるが、跳水の位置がゲートから離れるとゲート付近のみしか土砂が排出できない状況となる。したがって、排砂ゲートによって効率的に土砂を排出するためには、跳水の位置を適切に制御する必要がある。

昨年度の研究では、土砂を効率的に排出できる限界の跳水発生位置（ゲートからの距離）を限界跳水発生位置 $X_{\max}$ と定義し、固定床実験によって実験的に検討した結果、跳水前後の水理条件によってこの $X_{\max}$ をある程度評価できることがわかった。そこで本研究では、実際に排砂実験を行い、昨年度提案した評価法の妥当性を検証することを目的としている。

2. 実験の概要

実験装置は、長さ 800cm、幅 40cm、深さ 40cm の勾配可変開水路で、ゲート幅が 10cm の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、開度に変化可能（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 に示しているが、昨年度用いたものと同様である。

実験方法は、勾配(1/15、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あと、初期の値を計測する。その後ゲートを閉じ、スルースゲートから越流した状態で砂を 5 分に 1 回のペースで 5ℓづつ 22 回、計 110ℓの砂を上流から給砂し堆積させる。最終的な堆積形状は図 2(b)のようであり、堆砂面の先端はゲートから約 5cm である。つぎに、ゲートを開口し砂を排出させ、沈砂池内の砂の動きや跳水の発生位置、排砂量や排砂時間などを把握するために、時間毎に水面形と河床形状、跳水発生位置の測定を行なった。さらに、排砂が完了した状態で沈砂池内の残砂量を測定した。実験は各勾配において 3 通りの流量を設定し、1つの流量でゲート開度 a を種々に変化させ、排砂特性の違いを検討した。

3. 実験結果と考察

まず、堆積砂の排砂過程では、左右均等に排砂される場合と片側に出来た水みちより排砂が行われる場合の 2 通りが見られた。また、跳水の形態は図 3 に示す 2 通りが見られた。

排砂終了後の残砂形状は、排砂過程や跳水の形態などが相互に影響し合い、左右対称な残砂形状と左右非対称な残砂形状となった。

つぎに、沈砂池内の土砂は、流量一定でゲート開度を下げていくと水位が上昇し、ある開度で急激に沈砂池内に砂が残る傾向が見られた。今回の実験では、排砂可否の判断として実験終了時における沈砂池内の貯水量に対

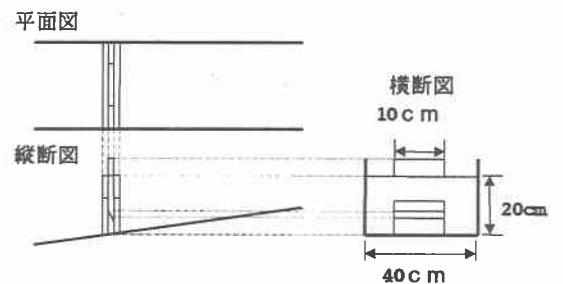


図 1 実験装置の概形

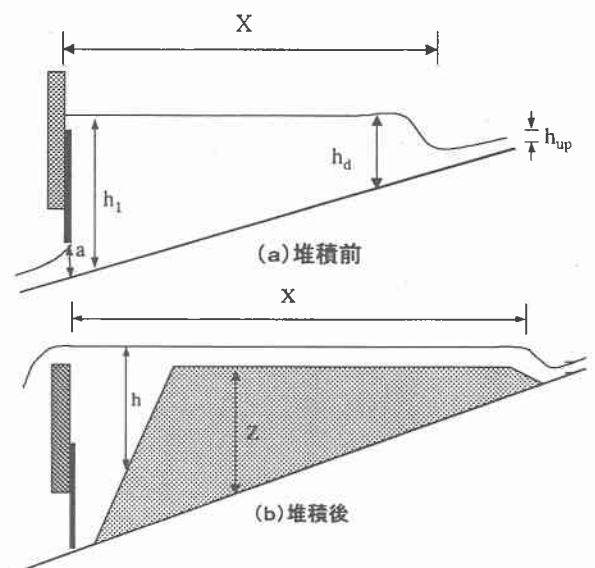


図 2 測定項目の模式図

する残砂量の割合が、20%を超えるものを排砂不可能とした。なお、昨年度の固定床実験では、流入させた土砂が 100%排砂された場合を排砂可能とし、その結果から X_{max} を評価しているが、ここでは現地での効率を考慮し、上述したような基準とした。

この排砂可否の判断をもとに、排砂終了時のゲートから跳水までの距離 X 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 Fr_{up} で整理し図 4 に示す。その際、図 3 に示している 2 種類の跳水の形態毎に結果を整理している。

まず、流量一定条件では、跳水の位置がゲートより離れると排砂が出来なくなる状態が発生しており、固定床実験での結果と同様な傾向を示している。また、フルード数が大きくなるにつれて排砂可能な X/h_d の範囲が小さくなる傾向にある。つぎに、跳水の特性と排砂可否の状況は関連性が高く、非対称の跳水が発生した場合、排砂が不可能な状況になりやすいことがわかる。

4. 限界跳水発生位置の算定式の適合性

昨年度の固定床実験より得た限界跳水発生位置 X_{max} の算定式は以下のとおりである。

$$X_{max} = 50 \frac{h_d}{C_b} Fr_{up}^{-2.25} \text{ ----- (1)}$$

ここに、 X_{max} :限界跳水発生位置 h_d :跳水直後の水深 C_b :水路幅に対するゲート幅の比 Fr_{up} :上流側のフルード数である。

式(1)と昨年度の実験値および本研究の実験値を整理したものを図 5 に示す。上述したように、昨年度の実験結果は 100%排砂を評価基準としているため、本研究の値が昨年度の値よりも限界値が小さくなっているが、全体的な傾向に関しては昨年度の結果とほぼ一致している。また、本研究で示した評価基準での限界跳水発生位置の値を破線で示しているが、式(1)の係数を微修正することで限界跳水発生位置 X_{max} の評価が可能であることがわかった。

5. おわりに

本研究では、水力発電所の沈砂池を対象として、通常設置されている排砂ゲートを効率的に利用する方法について検討した。排砂を効果的にするためには跳水の発生位置を制御することが重要であり、この限界跳水の発生位置を式(1)を用いて評価できることを示した。したがって、この位置以下に跳水発生位置を設定できるようにゲート操作を実施すれば、効率的な排砂が可能であると考えられる。なお、排砂特性に関係している跳水の特性に関しては、水路勾配の影響が見られたため、この水路勾配の影響について検討する必要がある。

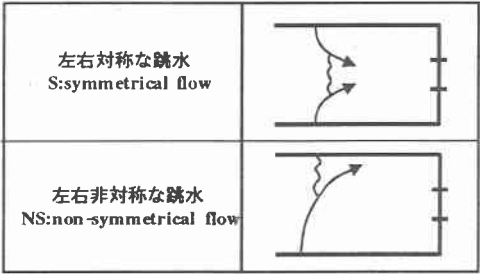


図 3 跳水の形態

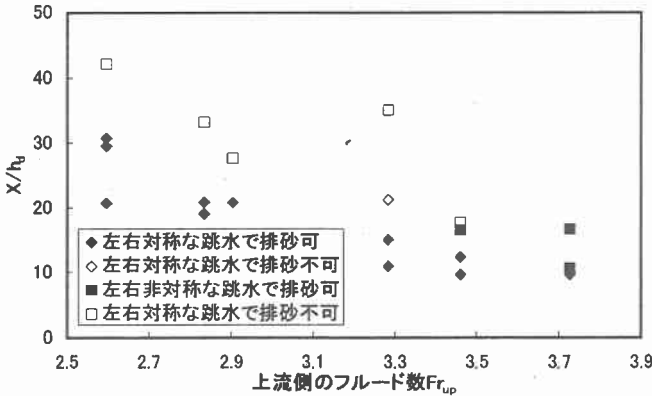


図 4 排砂の可否と跳水の形態

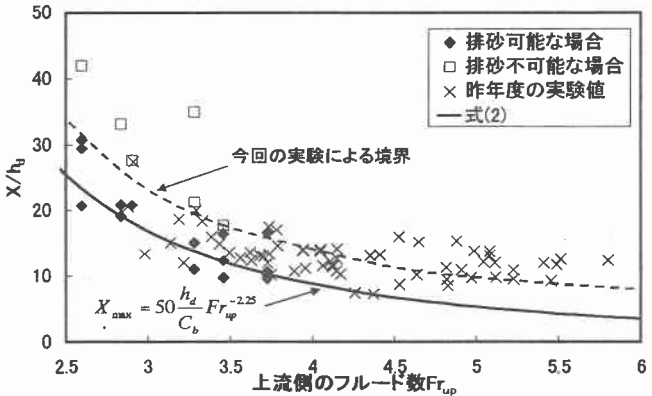


図 5 排砂の限界

参考文献 1)道上ら:排砂ゲートを用いた沈砂池の排砂方法に関する研究、第 52 回中支、pp.177-178、2000
2)Md.Nasir bin Md.Noh:EXPERIMENTAL STUDY ON SEDIMENT FLUSHING THROUGH SLUICE GATE FOR SMALL RESERVOIR、29th IAHR、pp.641-650、2000