

貯水池における排砂ゲートによる排砂の解析

名古屋大学工学部土木工学科 寺本敦子

名古屋大学大学院 正会員 辻本哲郎

名古屋大学大学院 正会員 高木不折

1、はじめに

ダム貯水池において、今日、土砂の堆積により、さまざまな問題が引き起こされている。これらを解決するために排砂が行われるわけだが、それはダムの機能・規模を考えた適切なものが望まれる。いろいろなダム貯水池があるが、今回は、発電に伴う小規模な貯水池を対象とする。たとえば、写真1に示すような低堰堤では、ラバーダムを倒すことによって、排砂を試みようとしているが、どのような領域の土砂が排出し、排出された土砂がどのように堆積するかは明らかでない。そこで、本研究では、小規模な実験と数値解析によって、こうした排砂現象の基本的な特徴、プロセスを把握することを目的としている。

2、本研究のシナリオ

本研究では、幅が一定の水路の中間に堰がある状況を考え、堰の上流区間に堆積した砂を、出水時に堰の開口部から排出させることを想定した。室内実験との対応を考慮し、図1に示すような幅 B 、路床勾配 I_b の矩形断面水路を考え、堰の上流部と下流部の差が、 g の状況を初期条件とする。排砂は堰中央の幅 B_0 開口部から行う。堆積土砂の粒径は、 $d=0.3\text{mm}$ とした。実規模の現象では、Froude 相似で対応できると考えている。室内実験、数値解析では、 $B=60.0\text{cm}$ とした。将来的には、堰の開口部のあり方・上流部に溝をあらかじめ掘る有効性などを、検討していこうと考えている。

3、平面2次元モデルによる数値解析

水深平均された $k-\epsilon$ 乱流モデルを用いて、平面2次元流れの解析を行った。また、この流れの解析を芦田・道上式を流砂量式として用いた河床変動の解析とカップリングした。図2、3は、水路中央に幅 $B_0=12.0\text{cm}$ のゲートを設置し、段差 $g=1.0\text{cm}$ 、勾配 $I_b=1/1000$ 、流量 $Q=300.0\text{cm}^3/\text{s}$ として解析した結果である。図2は時間毎の中心軸に沿う河床変動、図3は60秒間排砂を行った後の河床・流速分布を示した図である。これらから、ゲートへの流量集中が見られ、下流では複雑な流れになっていることがわかる。また、下流部では、ゲート付近で河床低下が進み、その下

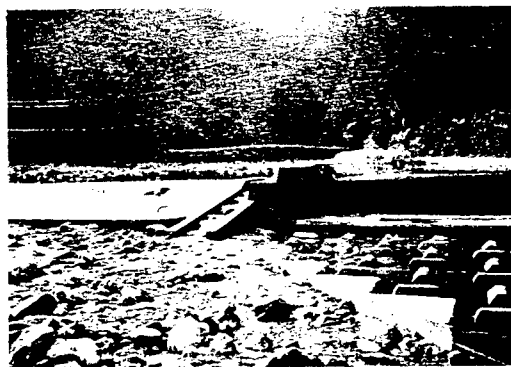


写真1: 木曽川支川板取川・白川発電所堰堤

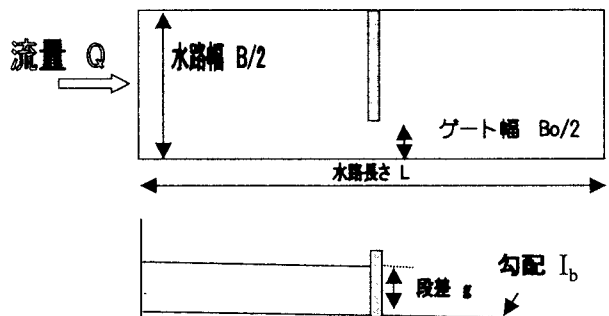
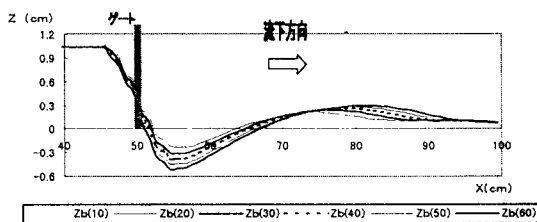


図1: 研究で想定された水路の状況

図2: 中心軸における河床 Z_b (時間 s) の移り変わり

流に砂が堆積、河床上昇が進んでいる。

4. 実験

排砂ゲートからの土砂の排除は、単純なものに思えるが、実際には流れとしてはかなり複雑で、また、ゲート付近の河床変動があまりに急なため、解析は相当困難である。そこで、実験により実際の砂の排砂、堆積、流れの状況の把握を試みた。図1の水路の上流側に段差 $g=4.0\text{cm}$ でほぼ均一な粒径 0.3mm の砂を敷詰める。実際のダムでは、写真1にも見られるように、ゲートを出たところに水叩きがあることを想定し、ゲート付近の洗掘を防ぐため、下流側は移動床とせず、かわりに底面粗度として砂を接着させた OHP シートを敷いた。下流の水深を保つため、下流端で堰上げを行い、流量 Q を約 50、100、150、200、300 cm^2/s の5 ケースについて、上流からの給砂を行わず水を流した。実験結果の一部を図5、6に示す。これは、ゲートの幅 $B_0=12.0\text{cm}$ のときのものである。実験によっても、ゲート周辺に、流量が集中し、そこでの洗掘が顕著である。流量が多ければ排砂される砂も多い。図6に示したように、流量が小さい場合は、ゲートのすぐ下流で堆積する。図5に示されるように、そこから排出された砂の先端が安息角を保ちながら崩れることによって前進し、同時に先端の盛り上がった K_{max} の上流部の河床が平坦になるように砂の堆積が進む。それから、砂が下流に運ばれるようになり、このころより縦の堆積から、横へと広がっていくこととなる。最終的にある程度排砂されると河床がほぼ安定してしまう。

5. 最後に

本文では、規模の小さなダム貯水池の排砂を単純化して、数値解析と室内実験で検討した。両者の整合比もまだ充分でないがこうした手法で問題の基本的枠組みは把握できそうである。また、予備的な実験の検討により、排砂実験の前に溝を掘っておくだけで、排砂、堆積の形が全く変わることがわかった。これは、効率のよい排砂に対して大きく関わってくると思われる。本研究はこうした排砂技術の検討に役立つものと考えている。

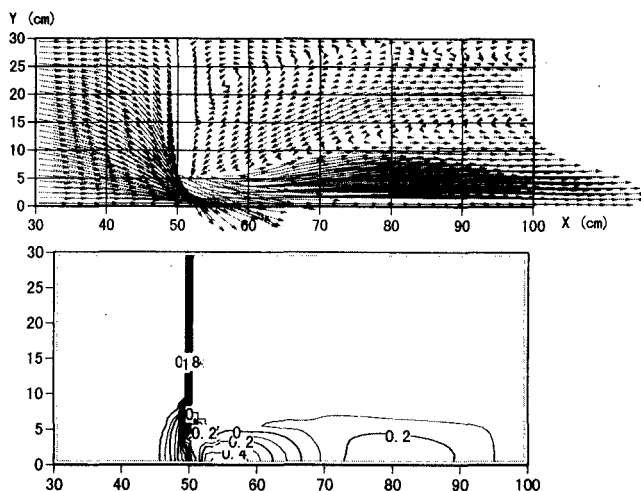


図3：流速分布（上）と河床コンター（下）

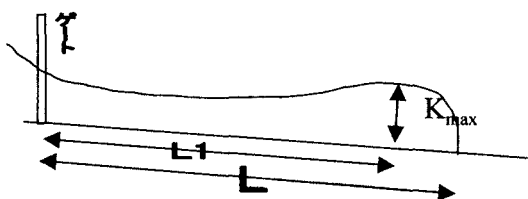


図4：排砂形状と記号の定義

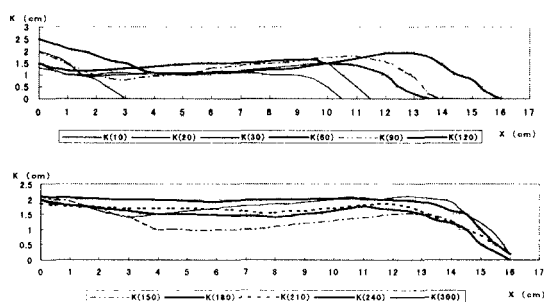


図5：中心軸における時間毎の排砂された砂の堆積形状

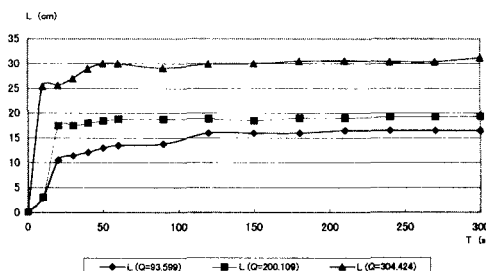


図6：先端長さLの時間変化