

貯水池の水位変化を伴うダム堆砂予測計算と実験的研究

Prediction and Experimental research of the accretion sand
due to changes of the water level in the dam's reservoir

北海道大学大学院 ○学生員 井上 卓也 (Takuya Inoue)
北海道大学大学院 正 員 清水康行 (Yasuyuki Shimizu)

1. はじめに

わが国の河川は急流であることに加えて降雨量も多いため、土砂生産および流出する土砂量が多い。このような河川にダムを建設する場合、流れを遮断するため水利条件が変化し、ダム下流における河床高の低下や貯水池内での堆砂が生じる。ダム堆砂は貯水池の貯水容量を減少させ、利水および治水機能の低下につながる深刻な問題である。

本研究では沙流川二風谷ダムを例に、沖積河川の中流部にダムが建設された場合に生じる土砂輸送環境の変化を坊野ら¹⁾の研究に引き継ぎ検討したものである。

坊野ら¹⁾は出水時における連続土砂観測や河床形状・河床材料の調査結果に基づき、河床変動モデルを作成し、長期的な堆砂量予測を行っている。本研究は貯水池内に既に堆砂している土砂をゲート操作で貯水位を下げることによる排砂量を予測することを目的とする。

坊野ら¹⁾の河床変動モデルでは長期的な堆砂予測のため、流れを擬似常流・不等流と見なしている。しかしながら、本研究ではダムのゲート操作が貯水池内におよぼす影響を検討するため短期間における流れの変化を考慮する必要がある、非定常流として扱われる。

さらに、貯水位の変化やダム放流などの流れの急激な変化にも対応可能とするため、本研究では流れの計算に CIP 法²⁾を用いる。

CIP 法²⁾は基礎式中の移流項計算において計算格子間の物理量の分布を3次式にて補完することで、次時間の物理量を求める方法である。この手法によれば数値拡散を最小に抑えることができ、誤差の伝播を防ぐため、精度の良い計算が得られる。

井上ら³⁾は既に CIP 法²⁾を用いた1次元河床変動計算モデルを構築し、試行的に出水時に流入量より放流量が多くなるようなゲート操作を行った場合の河床変動計算を行っている。しかしながら、二風谷ダムで過去に上記のようなゲート操作を行っていない為、1次元河床変動計算の妥当性を検証できていない。そこで、本研究ではダム排砂模擬実験を行い、同じ条件での計算と実験を行い結果を比較することにより、モデルの妥当性の検証を行うものである。

2. 実験の概要

実験は図-1に示す水路を用いて行われた。水路の下流端から1m上流にオリフィスゲートが設置されている。河床変動計算の境界条件として、上流端流量(流入流量)とゲート地点(上流側)の水位が必要である。流入流量は上流端の水槽に設置されている圧力式水銀計で測定する。ゲート地点の水位は測定が困難であった為、ゲート上流10cmの水位を測定し、これと等しいと仮定する。下流端流量(放流流量)は下流端に設置された三角ゼキで測定する。

河床変動量は砂を4cm厚で敷き詰めた後、通水を始め、ゲートの開度が1cmで、流入流量と放流流量とが等しくなるまで、徐々に流入流量を増す。水位が安定し動的平衡状態が出来た時点で、河床高を流下方向10cm毎に中央、右側壁から2cm、左側壁から2cmの三点で計測し、三点の平均を流下方向距離毎の実験前の河床高とする。実験開始と共に開度を2cmにし、15分後に1cmに戻す。そのまま1時間通水し続け、水位が再び安定したところで実験前と同じ点を計

表-1 実験条件

	実際のダム	実験条件
流下方向距離	5800m	8m
ダムサイト水深 (ゲート近傍の水深)	11m	31.32cm (実験開始時)
平均幅	455m	31cm
勾配	1/500	1/500
粒径 (50%粒径)	0.02 ~ 1.5mm	1.5mm (7号ケイ砂)
比重	2.65	2.50
流入流量	約 500m ³ /sec (出水時)	7.32 ℓ/sec (一定)
実験時間		1時間

測し、実験後の河床高とする。下流端流量及び、実験前後の河床高は数値計算による計算結果との比較、検証に用いる。

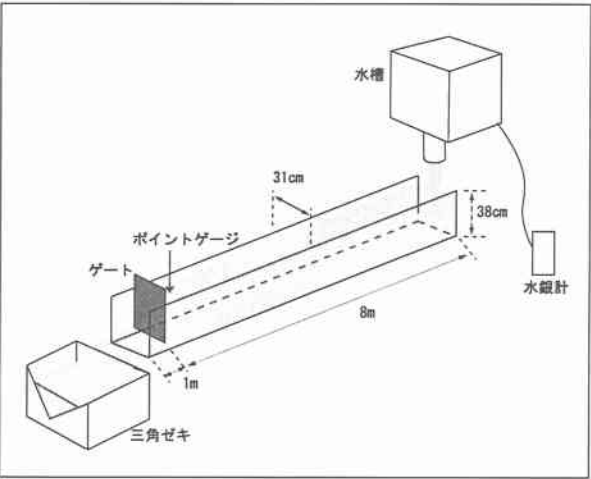


図-3 実験水路模式図

3. 実験条件

表-1は実験条件をまとめたものであるが、補足として下記の説明を加える。

一般的に河川の河床材料は混合粒径であるが、二風谷ダム貯水池内に堆積している土砂のほとんどはウォッシュロードが沈降したもので粒径分布は狭い為、本実験では単一粒径として扱った。粒径及び比重は無次元掃流力が実際のダムと近くなる様に設定した。

4. 数値計算の計算条件

水路8mを10cm間隔に分割して計算を行う。境界条件

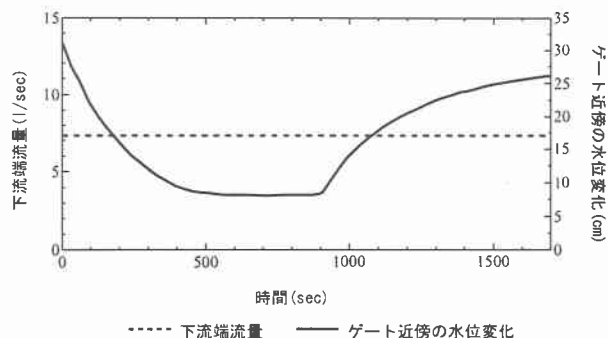


図-2 境界条件

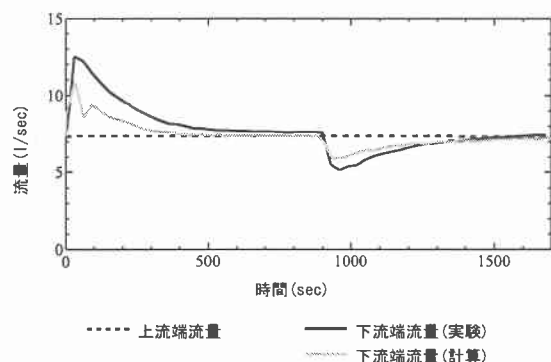


図-3 流量比較

として、実験結果から得た流入流量を上流に、同じく実験結果から得たゲートの水位時間変化を下流端に与える(図-2)。初期河床形状は2章で説明した実験前の河床高を用いる。

5. 実験結果と計算結果の比較、検証

図-3の下流端流量の比較、図-4の河床変動の比較を見ると、実験結果と計算結果が一致してるとは言い難い。これは実験において、写真-1のようなリップルが形成されてしまった為、粗度が上がり流砂を抑制した結果と考えられる。また、リップルの形成により10cm間隔の測定では河床変動を把握できない事にもよる。

河床変動の計算結果においては、ゲート付近で発散の兆しが見られ、更に長時間計算を続けると計算が止まるという問題も生じた。

一方、下流端流量は計算値が実験値に比べて小さくなっているが、良好な再現結果が得られた。計算結果と実験結果のズレは河床形状が異なる為と考えられる。しかし、河床

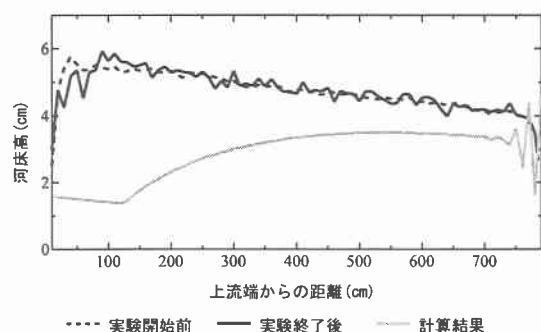


図-4 河床変動比較

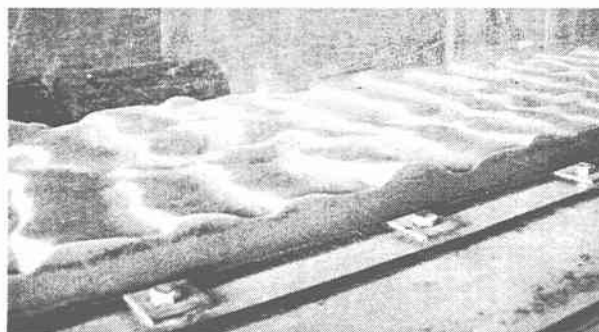


写真-1 リップル(通水終了後)

変動と水の流れは相互関係にあり、流量を再現しきれていない事が河床変動を再現できない原因の可能性もある。

6. おわりに

今回の実験において、勾配、流入流量、粒径、河床形状などの実験条件は、無次元掃流力、フルード数が実際のダムに近くなる様に設定した。今後は、実際のダムの再現性は低くなるが、リップルの形成されない条件下で実験を行い、ゲート放流を伴う河床変動計算の検証を行う予定である。

謝辞：本研究の推進にあたって北海道開発局室蘭開発建設部沙流川ダム建設事務所、二風谷ダム管理所、事業所、開発土木研究所河川研究室などの非常に多くの方々の協力により実施されたものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 坊野聡子：“ダムを含む沖積河川の土砂輸送について”、水工学論文集、第43号、pp.581-586、1999。
- 2) Yabe, T and Aoki, T: “A universal solver for hyperbolic equations by cubic-polynomial interpolation I. One-dimensional solver, Comp. Phys. Comm., Vol66, pp219- 232、1991.”
- 3) 井上卓也：“貯水池の水位変化を伴うダム堆砂予測計算”、土木学会北海道支部論文報告集、第56号(B)、pp.100-105、2000。