

第II部門

貯水位低下操作時における非定常流解析

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○鈴木 崇正
 京都大学工学研究科 正会員 角 哲也

1. はじめに

近年、貯水池土砂管理の観点から一時的に貯水位を低下させる例が増えているが、水位低下途中の流れ及び土砂移動の非定常性に関する研究は少ない。

本研究の対象である蒲原大堰は、信濃川下流域に位置し、併設の中ノ口川水門とともに洪水時の流量制御、農業用水及び水道水の確保を目的としている。特徴として、毎年10月から11月にかけて鮭の遡上を促すことを目的にゲート全開による水位低下操作を行っている。本研究は、この水位低下操作中の流れ及び土砂移動について現地観測及び数値解析により検討することを目的とした。

2. 流れの解析方法

本研究では、鉛直方向の水位低下と流下方向の流速が支配的となることから、図-1に示す境界条件により次元非定常流解析を行った。解析における基礎式は次のように表される。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} = -gA \left(\frac{\partial H}{\partial x} + i_f \right) \quad (2)$$

ここに、 x :流下方向の座標軸 [m], t :時間 [s], Q :流量 [m^3/s], A :断面積 [m^2], H :水位 [m], g :重力加速度 [m/s^2], i_f :エネルギー勾配である。

上式を LeapFrog 法¹⁾と MacCormack 法²⁾を用いて差分法により解析したが、両者はほぼ一致し、以下 MacCormack 法による結果を示す。

3. 数値解析モデルの検証

(1) 現地観測結果

現地観測では、図-1に示す観測地点(尾崎)での水位及び流速を測定した。観測地点には、堰から上流に約1km離れ、比較的变化が早く、かつ分流の影響が低いと思われる尾崎を選んだ(図-2)。

各水理量の測定方法は以下のように行った。

● 水位

蒲原大堰の管理を行っている国土交通省が設置している水位計のデータを利用した。

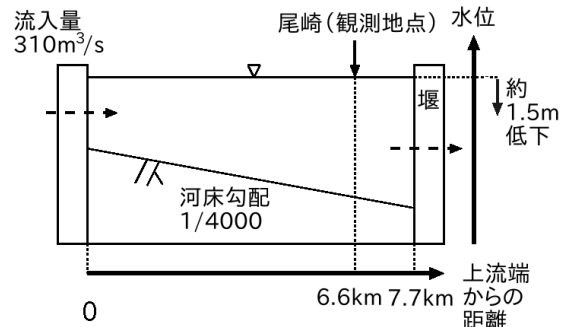


図-1 蒲原大堰の貯水池の1次元モデル

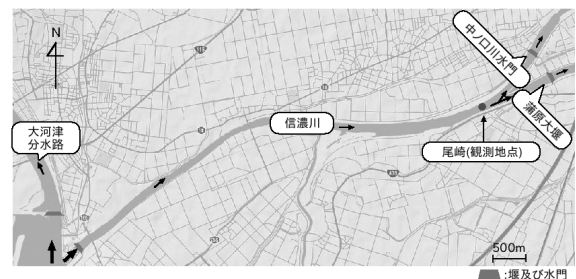


図-2 蒲原大堰の貯水池 (google map より)

● 流速

河川の中央に係留した船からプロペラ流速計をおろし、水面から1m間隔で流速を計った。データ出力は瞬間流速の20秒間の平均値に設定し、さらに3回の計測値の平均とした。

貯水位はH20.10.1の10時より低下が開始され、図-3のように変化した。図-4にこの間の水深方向の流下方向流速分布を、また図-5にこれを水深方向に平均したものを時間経過で示す。観測結果をみると、水位は急激な放流による下流域への危険性を考慮して段階的に下げていて、また正午前後で低下速度が最大値を示している。水深方向の流速分布はほぼ対数則に従っており、また、断面平均流速は水位低下速度が最大となった正午過ぎにピークを示した後少し低下して安定した。

(2) 計算条件

解析に用いた計算条件を表-1に示す。

(3) 解析結果

図-3に水位、図-5に流速の計算結果及び観測結果

を示す。観測値と比較するといずれもほぼ再現できており、特に、観測値で認められた水位低下途中の流速ピークが良好に再現されている。

次に、図-6 に上流端から 1km, 3km, 6.6km(尾崎)地点の流速の解析結果を示す。その結果、堰から遠くなる程流速のピークが小さくなることが明らかとなった。

次に、水位低下速度による非定常性の影響を検討するために、水位低下量 1.56m を異なる速度で低下させて解析をした。図-7 に下流端水位を 1 時間、3 時間、5 時間で下げた場合を示すが、水位低下速度が速い程流速のピークが大きくなることがわかった。

4. 結論

- 解析によって、貯水位低下時における蒲原大堰の貯水池の観測地点での流速及び水位の時間変化を再現することができた。
- 貯水位低下時には、湛水域内において、最終的な流速より大きな流速ピークが現れ、その値は堰に近い程、また水位低下速度が速い程大きくなることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 土木学会水理委員会水理公式集改訂委員会編. 水理公式集. 昭和 46 年改訂版. 土木学会, 1971.
- 2) 砂防学会. 山地河川における河床変動の数値計算法. 山海堂, 2000.

表-1 計算条件

	設定値
流入量	310m ³ /s
下流端水位	堰の水位データを利用
断面	長方形断面一定 (幅は 90m)
河床勾配	1/4000
マニング係数	0.033s · m ^{-1/3}
差分間隔	$\Delta x = 10\text{m}$, $\Delta t = 0.1\text{s}$

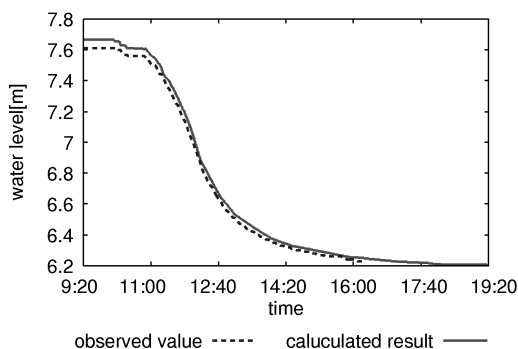


図-3 水位の観測結果及び計算結果

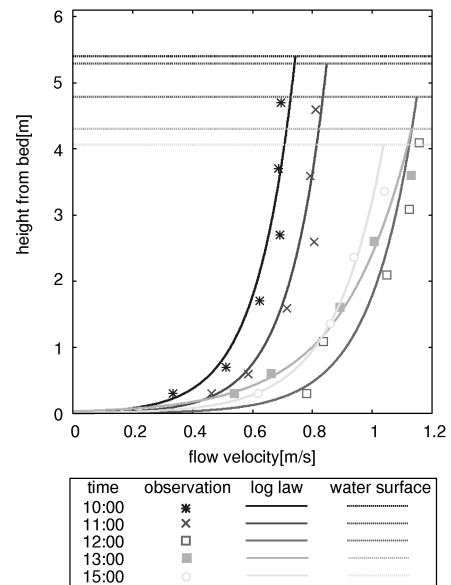


図-4 尾崎での水深方向の流速分布の変化

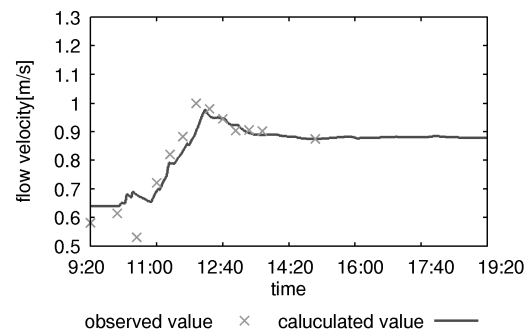


図-5 流速の観測結果及び計算結果

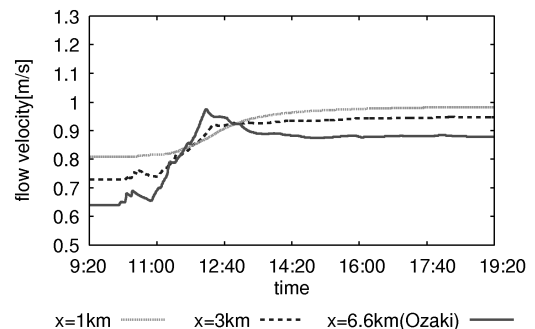


図-6 他の地点での流速

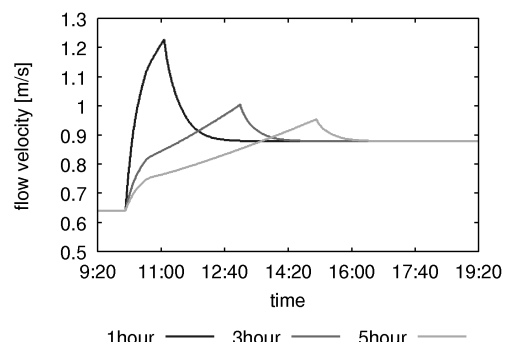


図-7 水位低下速度を変えた場合