

ダム洪水吐き放流量の推定に及ぼす貯水池流動の影響について

石川工業高等専門学校 学生員 ○梶田広大
 石川工業高等専門学校 正会員 鈴木洋之
 富山河川国道事務所 池田大介

1. はじめに

ダムの洪水吐き放流量は越流水深を全水頭としたオリフィス流れとして推定される。しかし、小容量貯水池では洪水時に生じる流速が大きくなり、速度水頭分だけ放流量が過少評価される問題が指摘されている¹⁾²⁾。本稿はシミュレーションにより、この問題が確認された貯水池に起きた変化を捉えることを試みた。

2. 対象貯水池と計算概要

解析は過去に放流量誤差を確認した庄川合口ダム(総容量 708 千 m^3)とその直上流で放流量誤差が無いことを確認した小牧ダム(総容量 28739 千 m^3)を対象とする¹⁾。鈴木ら¹⁾は合口ダムで直下流の河川流量と貯水池横断面積で求まる湖内の断面平均流速で放流量を補正した。また、修正放流量で求めた流入量が上流の小牧ダム放流量と合致することを示した(図-1(a))。本研究では合口ダムの流況再現を試みた。境界条件は a)補正前後で流入量に違いが無い b)補正前後で流入量に違いが生じ始める c)補正前後の流入量の違いが急増する d)全門フリーフローとなる e)ピーク流量となる時点での補正流入量と同時刻のダム水位とした(図-1(a)(c))。あわせて、小牧ダムの流況再現を試みた。境界条件は f)合口ダムで補正前後の流入量に違いが無い g)全門フリーフローとなる h)流入量が急激に増大する i)小牧ダムピーク流量時のダム管理記録の流入量と同時刻のダム水位とした(図-1(b)(c))。貯水池形状は対象の平成 16 年 10 月洪水前の測量結果で与えた。計算は iRIC(Nays-CUBE)³⁾で行った。

3. 合口ダムでの計算結果

図-2は合口ダムでの貯水池中央部の水位で表した各流量での水面縦断面形である。合口ダムは堤高が低く、越流水深が堤高の約 3 倍となるのが特徴である。流量 453.6 m^3/s と 983.7 m^3/s では堤体から約 700m 上流まで湛水領域が存在するため、貯水池として機能するのがわかる。しかし、流量 1475.9 m^3/s では、湛水領域であった区間にも水面勾配が表れ、流量 2639.2 m^3/s では貯水池全体に河床勾配と同程度の水面勾配が形成されて貯水池機能は完全に消失する。

図-3(a)(b)に流量 453.6 m^3/s , 2639.2 m^3/s での堤体から約 1000m までの範囲の水面流速ベクトルと水深平均流速の平面分布を併記する。流量 453.6 m^3/s では堤体に近くなるほど流速が小さくなるダムによる貯留効果が見られるが、流量 2639.2 m^3/s で貯留効果は見られない。

図-4 は堤体から約 5m, 50m, 100m 上流での貯水池中央部の横断位置における流速強度(表-1 式(1))の鉛直分布である。ただし、縦軸は流速を評価したメッシュでの全水深 H で水深 h を除した相対水深 h/H で表した。また、堤体から約 5m 上流での貯水池中央部の横断

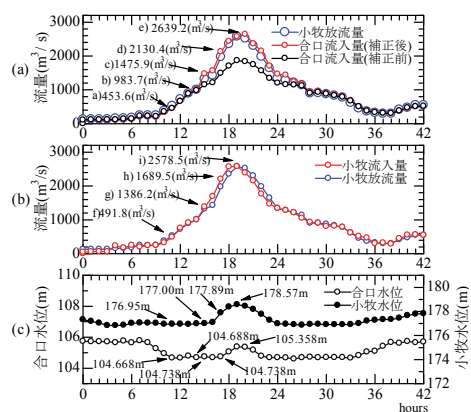


図-1 対象貯水池での平成 16 年洪水時の流入量・放流量および接近流速による補正流入量

表-1 流速強度と速度水頭の定義

$$q = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} \quad (1)$$

$$E_v = \frac{q^2}{2g} = \frac{1}{2g}(u^2 + v^2 + w^2) \quad (2)$$

q = 流速強度, $u, v, w = x, y, z$ 方向での流速
 E_v = 速度水頭

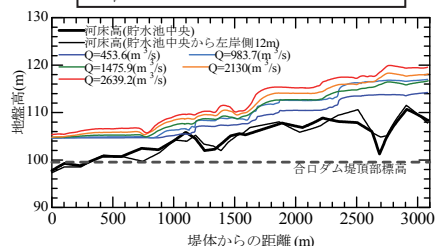


図-2 各流量規模での水面形(合口ダム)

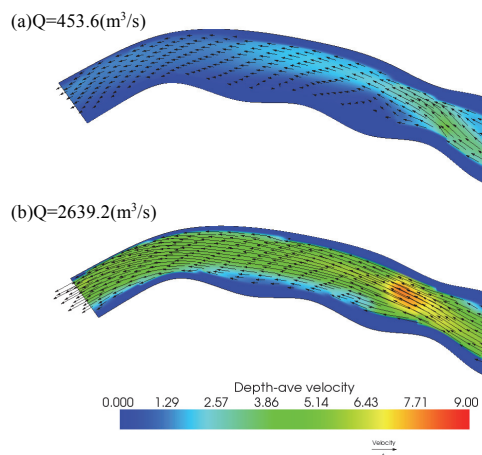


図-3 堤体付近での水面流速ベクトルと水深平均流速の平面分布(合口ダム)

位置における流量 $453.6\text{m}^3/\text{s}$ と $2639.2\text{m}^3/\text{s}$ での全水深でダム高を除して表した相対堤頂位置を示した。ダム堤頂高付近を境にして水面に向かい流速が急増する堰上流の流れが再現されている。流量 $453.6\text{m}^3/\text{s}$ では流速約 1m/s の一様に近い分布となる。図-1 から $983.7\text{m}^3/\text{s}$ 以上の流入量から誤差が生じており、この時の表面流速 2m/s が接近流速の影響が現れる閾値と考えられる。また、流量 $1475.9\text{m}^3/\text{s}$ を超過すると堤体から離れるほど流速が大きくなる傾向が顕著になる。これはダムの貯留効果の及ぶ範囲が小さくなるためであり、図-2 で流量 $1475.9\text{m}^3/\text{s}$ を境にして湛水領域に水面勾配が生じることに対応する。流量 $2130.4\text{m}^3/\text{s}$ では表面流速が 5m/s と大きくなる。この時点で全ゲートがフリーフローとなり、貯水池機能を失ったと解釈できる。

図-5は貯水池中央部の横断位置で堤体から約25m上流での水深と表面流速で評価した越流水深と速度水頭 E_v (表-1 式(2)) の大きさを流量規模毎に示した。流量が $1475.9\text{m}^3/\text{s}$ を超過すると越流水深と比べて速度水頭が顕著に増大する。すなわち、流量の増大は位置水頭(越流水深)よりも速度水頭の増大を引き起こしている。

4. 小牧ダムでの計算結果

図-6は小牧ダムの左岸から90mの横断位置の水位で表した各流量での水面縦断形である。小牧ダムは堤高が高く、合口ダムと比べて越流水深が堤高に比して小さい。河床勾配は約 $1/450$ で合口ダムの約 $1/250$ と比べて小さい。堤体から約4500m上流の位置で水面が若干変化していることから、さらに大きい流入があれば、この位置から遷移領域が始まると思われる。ただし、水面形状はピーク流量時でもほぼ水平であるため、全計算領域がほぼ湛水領域とみなして問題ない。

図-7に流量 $2578.5\text{m}^3/\text{s}$ での平面流速ベクトルと水深平均流速の平面分布を併記する。ピーク流量でも堤体への接近に伴って流速が低下している。また、表面流速が約 0.5m/s であり、図-3で示した合口ダムでの接近流速の影響が現れない流量での流速よりさらに小さい。これらのことから、小牧ダムではダム堤体による貯留効果が認められる。

図-8は貯水池中央部の横断位置で堤体から約50m上流で評価した速度水頭 E_v の大きさを図-5と同様に流量規模毎に示している。どの流量規模でも水頭は全て越流水深のみで定まっており、速度水頭はほとんど影響しないことが分かる。

5. おわりに

合口ダムでは大きな流速の流れが接近流速として推定放流量に影響したのに対して、小牧ダムは流速が小さく、貯水池として機能していることが確認された。ただし、厳密には合口ダム堤体への接近流速ではなく、貯水池が機能を消失して、河道となって表れた流れによる速度水頭が放流量誤差を誘発したと考えられる。

参考文献

- 1) 鈴木洋之, 谷口友梨, 河村陽一: 庄川の連続ダム群における推定流量の精度劣化要因, 水文・水資源学会誌, 24(3), pp.149-158, 2011.
- 2) 鈴木洋之, 落合厚, 須賀正志, 溝口敦子: 洪水流が小規模ダムの流量推定の精度劣化に及ぼす影響, 土木学会 論文集 B, Vol.65, No.2, pp.81-86, 2009.
- 3) iRIC ホームページ, <http://i-ric.org/ja/>

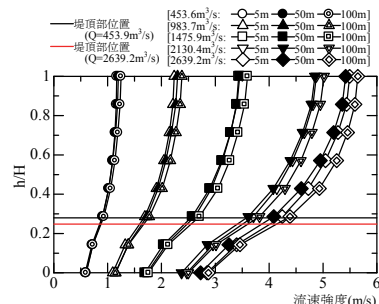


図-4 各流量規模での流速強度の鉛直分布 (合口ダム)

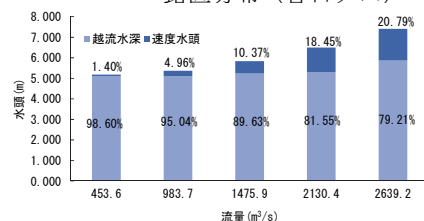


図-5 越流水深と速度水頭の構成割合 (合口ダム)

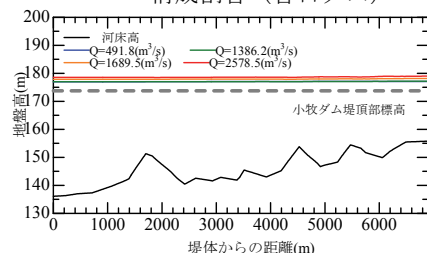


図-6 各流量規模での水面形 (小牧ダム)

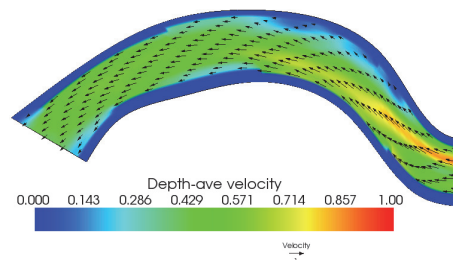


図-7 堤体付近での水面流速ベクトルと水深平均流速の平面分布 (小牧ダム)

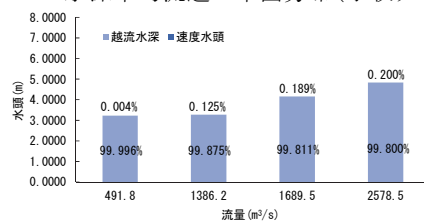


図-8 越流水深と速度水頭の構成割合 (小牧ダム)