

山間狭窄区間における連続する小規模発電ダム群による洪水流の貯留効果

中央大学大学院 学生会員 ○竹村 吉晴

中央大学研究開発機構 フェロー会員 福岡 捷二

国土交通省北陸地方整備局信濃川河川国道事務所 (元阿賀川河川事務所) 正会員 浅見 和人

1. 序論

河道溪谷部や山間狭窄区間には小規模な発電ダムが数多く建設されており、これらの発電専用ダムについても洪水時に空き容量があれば治水効果があることが知られている。将来の気候変化を考えると、発電ダムについても治水上の観点からその効果を調べ連携運用のあり方を検討していくことが必要と考えられる。本研究では、発電ダム堤体直上流での観測水位を解析に取り入れることで、発電ダム群のゲート操作を考慮した次元不定流解析法を構築し、阿賀野川の山間狭窄区間に適用することで、小規模発電ダム群の持つ洪水流の貯留効果について検討した結果を報告する。

2. 対象区間と小規模発電ダムのゲート操作方法

図-1 に対象区間を示す。対象区間は川幅が 100~150m 程度であり、堤高が 20~30m 程度の小規模な発電ダムが連続的に 4 基設置されている。各発電ダムでは洪水量（河川水が河道を安全に流下できる流量）が定められており、流入量が洪水量を超えている時間帯（本論文では洪水期間と定義する）では、水位一定操作（貯水池末端で水位を一定に制御する）またはフリーフロー操作（洪水がダムから自由越流）を行っている。

3. 解析方法

解析に用いた基礎式は(1),(2),(3)である。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \tag{1}$$

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} = -gA \frac{\partial H}{\partial x} - gA \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} & (x \neq x_i) \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} = -\frac{\partial}{\partial x} \int_B \left(\frac{1}{2} gh^2 \right) dy - gA \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} - \frac{F}{\rho} & (x = x_i) \end{cases} \tag{2}$$

$$F = K_p \cdot \int_B \left(\frac{1}{2} \rho g (H - H_u)^2 + \frac{1}{2} \rho g (H^2 - (H - H_d)^2) \right) dY \tag{3}$$

ここに、 Q ：流量、 A ：断面積、 H ：水位、 h ：水深、 V ：断面平均流速、 R ：径深、 B ：川幅、 ρ ：密度、 g ：重力加速度、 n ：マンニングの粗度係数、 F ：ダム堤体及びゲートから受ける力、 x_i ：ダム堤体の位置である。図-2はダムを流下する区間の解析方法を示す。河床を水平として、図の赤く囲んだ領域をコントロールボリュームとし、運動方程式を解いている。ダム堤体やゲートから受ける力は、静水圧分布を仮定して式(3)で与えている。 K_p は静水圧分布からのずれを修正するための無次元係数である。ここに、 p ：圧力、 H_d ：越流部の高さ、 H_u ：ゲート開度高さである。

計算は全ての小規模発電ダムが設置された後 (CASE1) といずれのダムも設置される前 (CASE2) の 2 条件で行っている。上流側の境界条件は解析区間の最上流に位置する新郷ダムからの放流量の時系列データ、下流側は豊実ダム上流 78.75km地点での観測水位の時系列データを与えている。地形データには近年の測量成果を用いている。無次元係数 K_p は、図-1 中○で示す各ダム堤体付近の水位観測点において、観測水位と計算水位が一致するように調



図-1 解析区間の平面図と水位観測点の位置

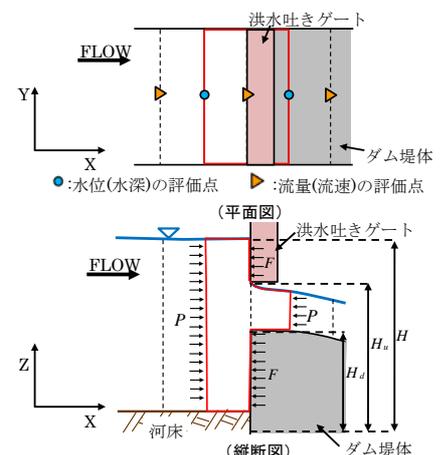
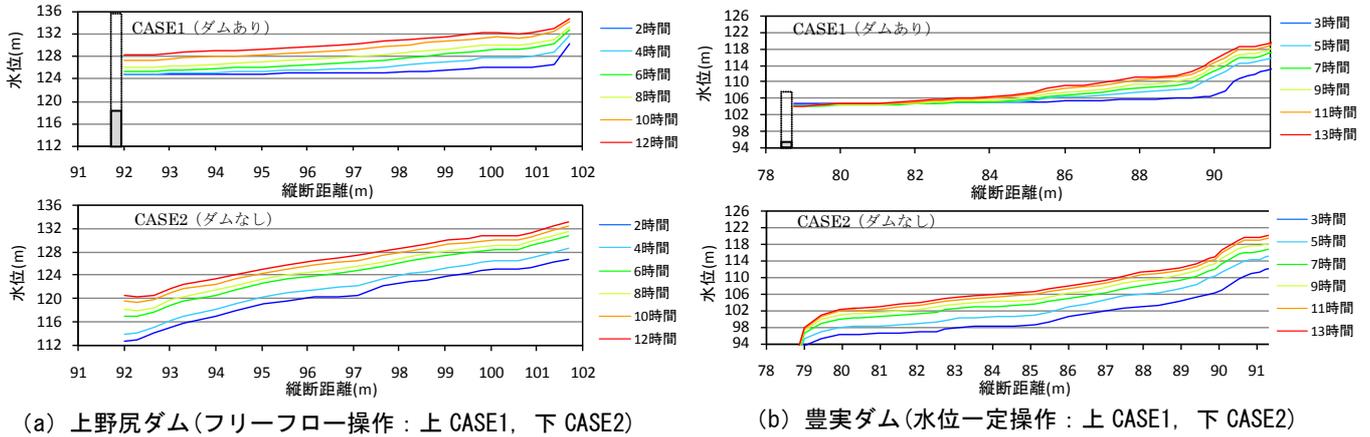


図-2 ダムを流下する部分での解析方法の概念図

キーワード 洪水流, 河道貯留, 小規模発電ダム, ダム貯水池, ゲート操作

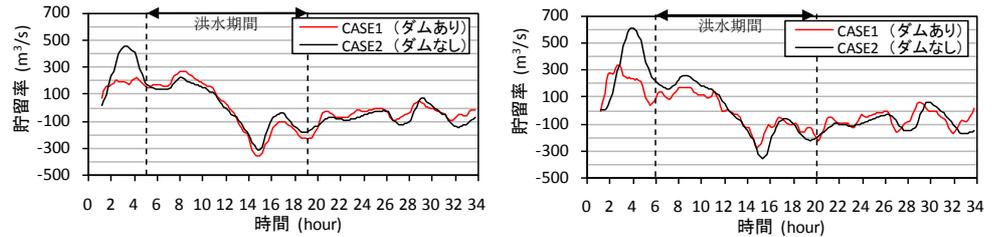
連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-2 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1611



(a) 上野尻ダム(フリーフロー操作：上 CASE1, 下 CASE2) (b) 豊実ダム(水位一定操作：上 CASE1, 下 CASE2)

図-3 CASE1(ダム有り)とCASE2(ダムなし)での水面形の時間変化((a):上野尻ダム, (b):豊実ダム)

節している。 K_p の値は 1.0～1.35 の範囲をとる。粗度係数は山地流路における粗度係数, $n = 0.04$ を全対象区間で与えている。CASE2 については, 上流側の境界条件, 粗度係数はCASE1 と同様のものを与え, 地形データは発電ダムが設置される以前のものをを用いている。



(a) 上野尻ダム貯留率(フリーフロー操作) (b) 豊実ダム貯留率(水位一定操作)

図-4 ダム貯水池の貯留率の比較 ((a):上野尻ダム, (b):豊実ダム)

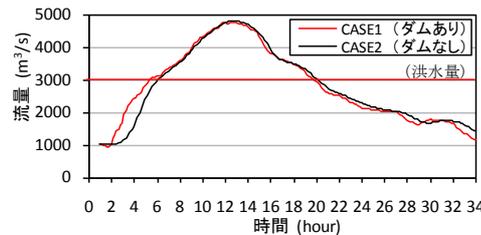


図-5 流量ハイドログラフの比較

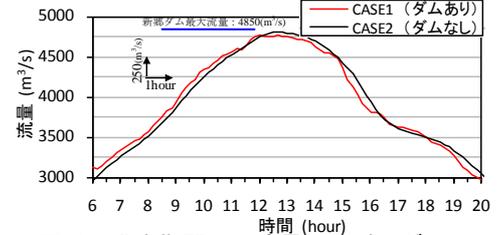


図-6 洪水期間での流量ハイドログラフの比較

4. 解析結果

図-3, 図-4にCASE1とCASE2

での増水期におけるダム貯水

池の水面形の時間変化と, ダム貯水池での貯留率の比較を示す。貯留率は貯水池の平均水位上昇率と水面積を掛け合わせて求めている。図-4から, 貯水池の流入量が洪水量より小さい時間帯(1~6時間)でダムありとダムなしでの貯留率の差が大きいことがわかる。これは, 図-3に示すように, ダムありでは貯水池に水を貯めた状態で洪水を迎えるため, ダムなしと比べ貯水池の水位上昇量がダム堤体に近づくほど小さいことが大きな原因として挙げられる。洪水期間については, 水位一定操作時では, 貯水池上流の水面形はダムなしと大きく変わらないのに対し, ダム堤体付近ではゲート操作の影響を受け水位上昇量が小さい(図-3(b))。フリーフロー操作となった場合は, 貯水池全体で水位が上昇し, 水面形は発電ダムの存在によりダムなしに比べ緩やかになる(図-3(a))。そのため, 図-4に示すように洪水期間におけるダム貯水池での貯留率は, 水位一定操作時ではダムなしと比べ小さく, フリーフロー操作時ではダムなしより大きくなる。図-5に対象区間最下流の豊実ダム地点におけるCASE1とCASE2での流量ハイドログラフの比較を示す。豊実ダム地点での流量ハイドログラフには, 対象区間に設置された貯水池群の貯留効果が積分された形で表れる。図-5に示すように, 流量が洪水量より小さい時間帯ではダムありの方がダムなしに比べて流量の伝搬が速くなるが, 流入量の増加に伴いその差は相対的に小さくなる。洪水期間の流量ハイドログラフを図-6に拡大して示す。対象区間全体でのピーク流量の低減率はダムありで約2%, ダムなしで約1%であり, ピーク流量発生時間はダムありの方がダムなしに比べ10分程度早まること分かる。

5. 結論

発電ダム堤体直上流での観測水位を解析に取り入れ, 発電ダム群のゲート操作を考慮した一次元不定流解析を構築し, 阿賀野川の山間狭窄区間に適用した。その結果, フリーフロー操作を行った場合の貯水池区間での貯留量は, 水位一定操作を行った場合の貯留量に比し大きくなり, 貯水池群の設置により下流へのピーク流量の低減率が大きくなること, 洪水到達時間が早まることを示した。