

流水型ダム群を用いたカスケード型洪水制御方式の筑後川上流部への適用

佐賀大学理工学部 学生員 丸田慎吾 佐賀大学 正会員 押川英夫
九州大学 正会員 田井明 福岡大学 正会員 橋本彰博 九州大学 名誉会員 小松利光

1. はじめに

従来のダム群による治水の考え方は、直列に配置されている場合であっても個々のダムで計画高水流量を定め、それぞれのダムが非常用洪水吐きから越流しないように洪水処理を行うものである（以後、従来型と呼ぶ）。本研究では、直列配置された複数のダムにおいて、上流側のダムの非常用洪水吐きからの越流を許容するカスケード型洪水制御方式の実河川における洪水制御効果を検討した¹⁾。ここでは、流域に複数のダムを有する九州最大の1級河川の筑後川の上流部を対象に、1次元不定流解析に基づいてカスケード型の洪水制御効果を従来型との比較を通して検討した。



図1 筑後川上流部の計算領域

2. 数値シミュレーションの概要

解析には DHI の MIKE 11 を用いた²⁾。図1に示す筑後川本川の 89~100km（小五馬橋から杖立）、支川の津江川の 0~12.2km（合流地点から栃野）、支川の上野田川の 0~1km（合流地点から上野田）を解析区間とし、洪水の流入地点（上流端）からの流入流量以外に降雨等の流入はないと仮定した。本研究ではダム群を利用するカスケード型洪水制御方式の効果の検討を容易にするため、洪水の流入地点は津江川の栃野（下笠ダムの上流側）とした。

本研究では治水効果のみを評価するため、多目的の下笠ダムと松原ダムを治水専用の流水型ダム（ここでは“穴あき坊主”ダム）に置き換えて検討を実施した。下笠ダム、松原ダムにおいて、洪水調節容量分のみのダムとなるように、各ダムの断面形状は相似形のままで堤高を低くしている。本研究では、計算領域下流端の小五馬橋における各条件の最大流量を比較することで洪水制御効果を検討した。

3. 結果および考察

従来型の洪水制御に基づいて、（本研究における）2つの流水型ダムが越流しない限界の計画高水流量 Q_a [= Q_{ai} , 各ダムの下流河道の許容流量で添え字 i ($i=1, 2$) は上流側からのダムの番号] と上流端に流入する洪水のピーク流量 Q_p を以下のように決定した(Case1)。

上流端に流入する洪水のハイドログラフ Q_{in} は式(1)

で、本川、津江川および上野田川の合流点における実際の計画高水流量の和から、 Q_p は $4120 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

$$Q_{in}(t) = Q_b + (Q_p - Q_b) \left\{ \frac{t}{t_p} \exp \left(1 - \frac{t}{t_p} \right) \right\}^c \quad (1)$$

なお、 t_p (=60 hr) は洪水のピーク時間、 Q_b (= $10.4 \text{ m}^3/\text{s}$) は河川の平常流量、 c (=290) は洪水波形に関する定数、 t は時間である。次に、この Q_p に対して、上流側の下笠ダムで非常用洪水吐きから越流しない限界値（実質的には常用洪水吐きの断面積の調節に相当）として下笠ダムの計画高水流量 Q_{a1} = $2083 \text{ m}^3/\text{s}$ を求めた。最後に、この Q_{a1} に対して、下流側の松原ダムで非常用洪水吐きから越流しない範囲の最小値として松原ダムの計画高水流量 Q_{a2} = $1150 \text{ m}^3/\text{s}$ （実際の松原ダム下流側の計画高水流量 $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ とほぼ同じ）を求めた。

従来型の Case1 に基づく下笠ダムからの放流量 Q_s と最下流の小五馬橋の流量 Q_K 、および Q_p = $4120 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水の流入波形 Q_{in} のハイドログラフを併せて図2に示す。これより、下笠ダムからの放流量のピークは Q_{smax} = $2083 \text{ m}^3/\text{s}$ となっており、下笠ダムの Q_{a1} = $2083 \text{ m}^3/\text{s}$ と等しくなっていることが分かる。また、小五馬橋の最大流量は Q_{Kmax} = $1149 \text{ m}^3/\text{s}$ で松原ダムの計画高水流量 Q_{a2} = $1150 \text{ m}^3/\text{s}$ 以内でほぼ等しくなっている。したがって、Case1 では従来型の洪水制御が適切に行われていることが理解される。

次に Case1 の結果に基づいて、上流側の下笠ダムの

Q_{a1} を下流側の松原ダムの $Q_{a2}=1150 \text{ m}^3/\text{s}$ と等しくしたカスケード型の Case2 (具体的には, 下笠ダムの常用洪水吐きの断面積を狭める) を行った. 従来型の Case1 と同様な形式で, カスケード型の Case2 の結果を図 3 に示す. これより, 小五馬橋における最大流量 Q_{Kmax} を比較したところ, Case2 では $Q_{Kmax}=1058 \text{ m}^3/\text{s}$ となっており, Case1 の $Q_{Kmax}=1150 \text{ m}^3/\text{s}$ よりも 8.0% ピーク流量が低く抑えられており, カスケード型では洪水制御能力が強化されることが分かった. しかしながらカスケード型では, 松原ダムからの最大放流量($1059 \text{ m}^3/\text{s}$) が $Q_{a2}(=1150 \text{ m}^3/\text{s})$ 以下で洪水制御能力 (すなわち, 貯水容量) にまだ余裕がある. そこで, カスケード型の貯水容量を最後まで使用するように, 2 基のダムで同一の Q_a を下流の松原ダムで越流しない限界まで小さくした (Case3). その結果として得られた $Q_{a1}=Q_{a2}=495 \text{ m}^3/\text{s}$ のケースを図 4 に示す. Case3 の Q_{Kmax} は $493 \text{ m}^3/\text{s}$ ($\approx Q_{a2}$) で, Case1 の $1150 \text{ m}^3/\text{s}$ と比較して, 本条件ではピーク流量が 57% 小さくなることが分かった.

最後に Case4 として, これまでのケースと同じ大きさのダムの堤体を用いた場合で流入量のピーク [式(1)の Q_p] のみを大きくしていき, 下流の松原ダムが越流しない限界の洪水波形を求めたカスケード型 (制御可能な限界の超過洪水) の結果を図 5 に示す. この時の Q_a は 2 つのダムで同一の $1150 \text{ m}^3/\text{s}$ であり (Case2 と同じ), Case3 が Q_a で最適化されたのに対し, Case4 は Q_p で最適化された結果となる. 図 2 の従来型では $Q_p=4120 \text{ m}^3/\text{s}$ であるのに対し, 図 5 のカスケード型では $Q_p=4865 \text{ m}^3/\text{s}$ となっており, 洪水の制御手法 (ここでは常用洪水吐きの大きさ) を変えることにより, 本条件では 18% 大きな超過洪水まで制御可能となっている.

4. おわりに

本研究により, 複数のダムが直列に配置された場合, 従来の考えに基づいた非常用洪水吐きからの越流を積極的には許容しないダム群と比較して, 上流側のダムで非常用洪水吐きからの越流を許容するカスケード方式を用いることで, 一般的にはより重要となる下流側の洪水制御能力が顕著に強化されることが, 実河川の筑後川の上流部において示された.

謝辞: 本研究の一部は, JSPS 科研費 JP17K06581, および文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) の支援のもとに実施された. ここに記して謝意を表します.

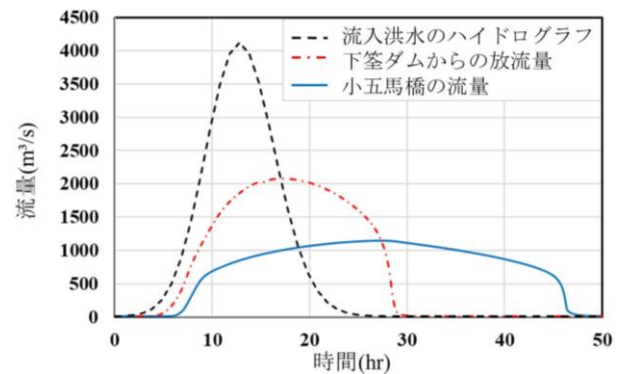


図 2 従来型の流量の時系列 (Case1)

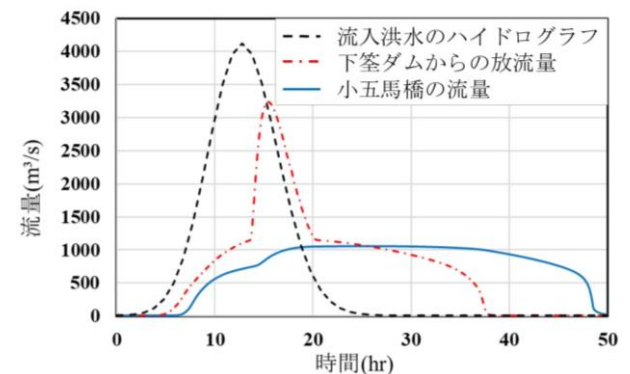


図 3 カスケード型の流量の時系列 (Case2)

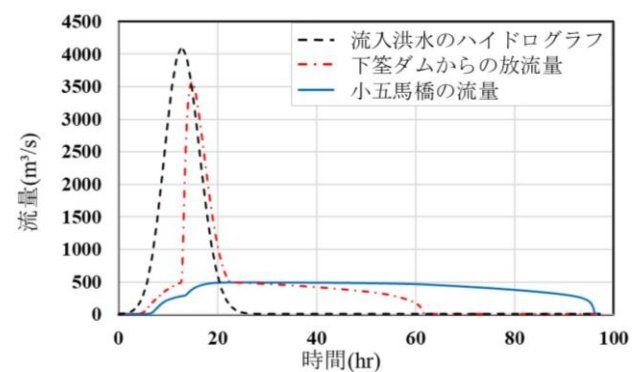


図 4 最適化されたカスケード型の流量の時系列 (Case3)

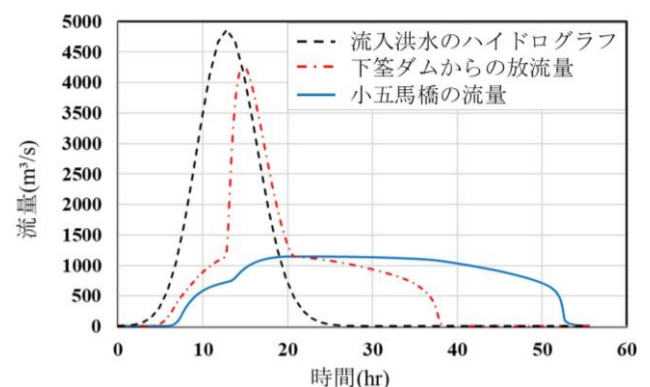


図 5 超過洪水に対するカスケード型の流量の時系列 (Case4)

参考文献

- 1) 押川英夫, 小松利光: カスケード方式に基づく直列配置されたダム群の洪水制御機構, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.70, No.4, pp.I_1555-I_1560, 2014.
- 2) DHI: MIKE 11 Reference Manual, 524p., 2009.