

令和2年7月豪雨を対象とした下笠ダムによる筑後川上流の治水効率の最適化

佐賀大学大学院理工学研究科

学生会員 ○片山晴登

佐賀大学教育研究院

正会員 押川英夫

1. はじめに

環境への負荷や公共事業費の削減等の観点から、今後の洪水災害に対する治水適応策として既存ダムの有効活用は現実的である。本研究では、下笠ダムと松原ダムのダム2基が直列配置されている筑後川上流域において、令和2年7月豪雨時の実績降雨をベースとした数値シミュレーションにより、既存ダムを有効活用した際の治水効果について検討した。具体的には、直列配置されたダム群におい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¹⁾を考慮して、上流側の下笠ダムの計画最大放流量を変更することによる治水効率の変化を調べた。



図1 解析区間

2. シミュレーションの概要

DHIのMIKE11²⁾を用いてダムの治水効果を考慮した1次元不定流解析を行った。図1に示すように、筑後川本川の88~100km(小五馬橋から杖立)、支川の津江川0~12.2km(合流地点から栃野)、支川の上野田川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(各上流端)からの流入量以外に降雨等の流入はないと仮定した。上流端の境界条件に相当する流量については、行政機関から提供された観測所の実測値とiRIC³⁾のSRM(Storage Routing Model)を利用した流出解析を併用して、令和2年7月豪雨時の流量ハイドログラフ(以後、実績洪水と呼ぶ)を適切に再現した。

3. 下笠ダムの最適な計画最大放流量の検討

現在の下笠ダムの計画最大放流量 $350 \text{ m}^3/\text{s}$ を含め⁴⁾、任意に設定した下笠ダムの計画最大放流量 Q_S に対して、下流側の松原ダムで非常用洪水吐きからの越流が発生しない限界の上流端のピーク流量 Q_p を試行錯誤的に求めた。その際、簡単のために異常洪水時防災操作(但し書き操作)は無視した上で、上流端のハイドログラフで $200 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の流量を洪水として引き伸ばすことで Q_p を求めている。なお、下流側の松原ダムの計画最大放流量は現在と同じ $Q_M=1100 \text{ m}^3/\text{s}$ で、各ダムの治水容量も現在と同じ(下笠ダム 5130 万 m^3 、松原ダム 4580 万 m^3)とする⁴⁾。横軸を下笠ダムの計画最大放流量 Q_S 、縦軸を実績洪水のピーク流量 Q_{p0} で無次元化した Q_p/Q_{p0} とした結果を図2に示す。その際、3箇所の上流端で同様に引き伸ばしを行うことから、厳密には各上流端の Q_{p0} および Q_p の値はそれぞれ異なるものの、引き伸ばし率に相当する Q_p/Q_{p0} は全て同じ値となる。結果的に上流側の下笠ダムで非常用洪水吐きからの越流が生じた場合は、全てカスケード方式となる¹⁾。

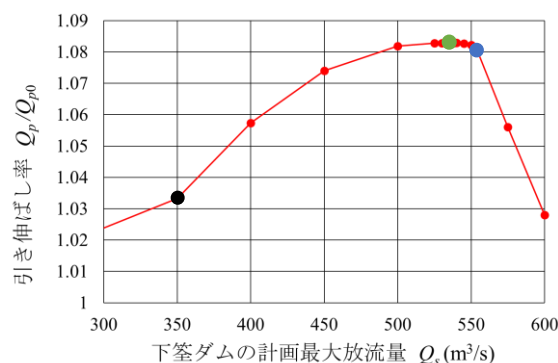
図2 下笠ダムの計画最大放流量 Q_S と制御可能な限界の洪水 Q_p/Q_{p0} の関係

図2の $Q_S=350 \text{ m}^3/\text{s}$ の $Q_p/Q_{p0}=1.033$ の結果(●)より、現在の下笠ダムの操作方法($Q_{S0}=350 \text{ m}^3/\text{s}$)でも実績洪水より3.3%大きな洪水まで制御可能であったことが分かる。但し、この条件は下笠ダムから越流が生じていることからカスケード方式である¹⁾。一方、 $Q_S=553 \text{ m}^3/\text{s}$ の $Q_p/Q_{p0}=1.081$ の結果(●)では、松原ダムだけでなく上流側の下笠ダムも満水となっており、本条件が各ダムで非常用洪水吐きからの越流を許容しない従来型の洪水制御の限界となる¹⁾。従って、 $Q_S \geq 553 \text{ m}^3/\text{s}$ の条件は全て従来型となる¹⁾。図2の $Q_S=535 \text{ m}^3/\text{s}$ の結果(●)において、 Q_p/Q_{p0} はキーワード 筑後川、洪水制御、下笠ダム、令和2年7月豪雨、計画最大放流量、カスケード方式

連絡先 〒840-8502 佐賀市本庄町1 佐賀大学 SE-3-213 TEL 0952-28-8685

最大値 1.083 を取っていることが分かる。従って、 $Q_S=535 \text{ m}^3/\text{s}$ を計画最大放流量とすることにより、実績洪水と比較して 8.3% 大きな洪水まで制御可能であったことになり、この条件が実績洪水に対する最適な下笠ダムの操作方法ということになる。また、計画最大放流量を $Q_{S0}=350 \text{ m}^3/\text{s}$ から $535 \text{ m}^3/\text{s}$ に変更することで、 Q_p/Q_{p0} が 1.033 から 1.083 まで増加していることから、下笠ダムの操作方法の変更で洪水制御能力が 4.8% 強化されることになる。

4. 下笠ダムの実用的な計画最大放流量の検討

対象領域中の支川による流域分割を示した図3と本章の計算条件を示した表1から分かるように、令和2年7月の実績降雨のCase0では西側ほど降雨強度が大きかった。しかしながら、実用的な下笠ダムの計画最大放流量を求めるためには降雨分布に応じた各流域上流側からの流入量について考慮する必要がある。そこで図3の栃野、上野田、杖立の三つの流域平均降雨をCase0から変更し、表1に示すように対象流域全体の総雨量が実績洪水時と一致するように補正を行った上で、対象流域内の降雨強度を揃えた場合(Case1)と栃野と上野田の流域平均降雨を反転させた場合(Case2)について検討を行った。

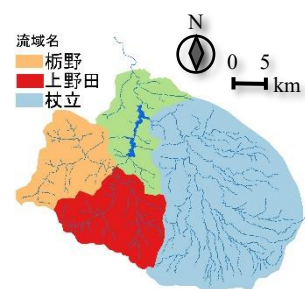


図3 流域の位置

表1 支川毎の流域平均の総雨量 (mm)

	栃野	上野田	杖立	対象全体
Case0	943	874	652	745
Case1	745	745	745	745
Case2	553	742	800	745

降雨とそれに伴う流量を除いて既述した方法と同様な条件の下、任意に設定した下笠ダムの計画最大放流量 Q_S に対して、下流側の松原ダムで非常用洪水吐きからの越流が発生しない限界の上流端の洪水のピーク流量 Q_p を Case1 と Case2 で試行錯誤的に求めた。横軸を下笠ダムの計画最大放流量 Q_S 、縦軸を実績洪水のピーク流量 Q_{p0} で無次元化した Q_p/Q_{p0} とした結果を図4に示す。なお、比較のために併記されたCase0の結果は図2と同一である。

図4より、Case1とCase2の結果は共に、Case0と同様の極大値(最大値)を取っており、各最大値では下笠ダムの非常用洪水吐きから越流が生じるカスケード方式となっていた¹⁾。 Q_p/Q_{p0} の最大値は、Case0では $Q_S=535 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合の $Q_p/Q_{p0}=1.083$ 、一様な降雨分布としたCase1では $Q_S=340 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合の $Q_p/Q_{p0}=1.082$ 、栃野と杖立で流域平均降雨を反転させたCase2では $Q_S=228 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合の $Q_p/Q_{p0}=1.101$ となり、下笠ダムの最適な計画最大放流量 Q_S の値は降雨分布に応じて顕著に異なることが分かった。従って、下笠ダムの最適な計画最大放流量を定めるためには、筑後川上流域における降雨分布の特性を考慮する必要がある。なお、現在の下笠ダムの計画最大放流量 $350 \text{ m}^3/\text{s}$ は流域内で一様に雨が降った場合の最適値の $Q_S=340 \text{ m}^3/\text{s}$ と同程度であることから、筑後川上流域で降雨分布の偏りが小さい場合には適切な値と考えられる。

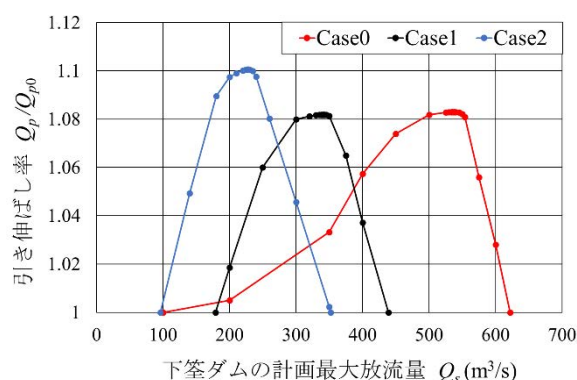


図4 下笠ダムの計画最大放流量 Q_S と制御可能な限界の洪水 Q_p/Q_{p0} の関係

5. おわりに

本研究により、令和2年7月豪雨の際と同様な洪水に対して、下笠ダムの最適な計画最大放流量は $535 \text{ m}^3/\text{s}$ であることが分かった。この結果を現在の計画最大放流量の $350 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合と比較すると、ゲート操作の変更のみで筑後川上流域の治水能力が 5% 程度強化されることになる。また、下笠ダムの現在の $350 \text{ m}^3/\text{s}$ は筑後川上流の対象流域一様に雨が降った場合においては妥当な値であることが分かった。しかしながら、今後の地球温暖化などを考慮して下笠ダムの実用的な計画最大放流量を評価する際には、今回の解析結果で降雨分布の偏りの影響も比較的大きかったことから、過去の豪雨や将来的な気候予測結果などを用いた検討が必要になるものと考えられる。

謝辞： 本研究の一部は、科研費・基盤研究(C)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。

参考文献 1) 押川英夫, 三戸佑夏, 小松利光: 直列配置された流水型ダム群の洪水制御効果, 水利科学, 第57巻, 第3号, pp.33-50, 2013. 2) DHI: MIKE11 Reference Manual, 524p, 2009. 3) <http://i-ric.org/ja/> 4) <http://www.qsr.mlit.go.jp/toukan/oshirase/toiawase.html>