

令和2年7月豪雨を対象とした既存ダムの有効活用による筑後川上流域の治水能力の強化

佐賀大学 大学院理工学研究科 学生会員 ○片山晴登 教育研究院 正会員 押川英夫

1. はじめに

地球温暖化による豪雨災害の更なる激化が予想されている一方で、自然環境への影響に対する危惧感や慢性的な不景気によるコスト削減から、ダムなどの既存のインフラ設備を有効活用することが求められている。本研究では、令和2年7月豪雨時に外水氾濫が発生した筑後川沿線の日田市街地付近から上流側を対象に、既存の3基の多目的ダム（松原ダム、下笠ダム、大山ダム）の放流規則の変更による令和2年7月豪雨における越水被害の低減効果について検討した。なお、2基のダムが直列配置されている松原ダムと下笠ダムに関しては、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⁾を考慮している。



図1 解析対象領域

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62.1~100.5km（荒瀬から杖立）の他に、支川の津江川、上野田川、川原川、祝川、手水野川、赤石川、竹の迫川、玖珠川、庄手川、隈川、花月川を解析区間としている。河道の横断面は、国土交通省から提供された測量結果をもとに対象区間を約200m間隔で再現した。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（雨量と水位、流量）とiRIC³⁾のSRM(Storage Routing Model)を利用した流出解析、および1次元不定流解析を併用して、令和2年7月豪雨時の流量ハイドログラフを再現した

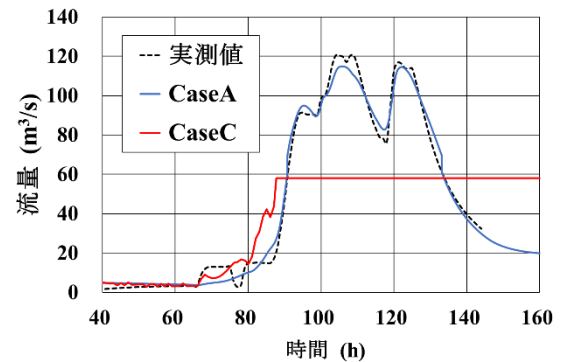


図2 大山ダムからの放流量の時系列

(CaseA). 大山ダムからの放流量について、実測値とCaseAの再現結果を後述するCaseCと併せて図2に示す。これより、CaseAの放流量は実測値と概ね一致しており、妥当な計算結果が得られているものと判断できる。

3. 松原ダム、下笠ダムおよび大山ダムの放流操作の最適化

筑後川上流域には、松原ダムと下笠ダムの2基の多目的ダムが直列配置された区間がある。令和2年7月豪雨時には、上流側の下笠ダムで運用開始以降初めて異常洪水時防災操作が行われたものの、下流側の松原ダムでは治水容量の約4割が残されていた。そこで、令和2年7月豪雨時を対象に両ダムの治水容量を目一杯利用した松原ダムの放流量のピークの低減を目的として、操作規則に相当する各ダムの計画最大放流量の最適値について検討した(CaseB)。具体的には、現在の下笠ダムの計画最大放流量 $350 \text{ m}^3/\text{s}$ を含め、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で満水となる松原ダムの計画最大放流量 Q_M (限界値) を試行錯誤的に求めた。各ダムの放流操作については、流入量が Q_{SM} (Q_S もしくは Q_M) を超えた時点で放流量を Q_{SM} で一定にする簡略化を行うとともに、満水後の非常用洪水吐きからの放流量は越流公式⁴⁾により決定している。治水容量は現在と同じ（下笠ダム 5130 万 m^3 、松原ダム 4580 万 m^3 ）とした⁵⁾。横軸を下笠ダムの計画最大放流量 Q_S 、縦軸を松原ダムの計画最大放流量 Q_M とした一連のCaseBの結果を図3に示す。なお、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¹⁾となる。

図3より、現在の下笠ダムの計画最大放流量の $Q_S=350 \text{ m}^3/\text{s}$ で $Q_M=741 \text{ m}^3/\text{s}$ であることから (●)、両ダムの放流操作の最適化を行うことで、松原ダムでは現在の計画最大放流量の $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ と比較してピークを33%抑制可能

なことが分かる。ただし、この条件は下笠ダムで非常用洪水吐きからの越流が生じていることからカスケード方式¹⁾である。一方、 $Q_S=438 \text{ m}^3/\text{s}$ 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¹⁾の限界となる。従って、 $Q_S \geq 438 \text{ m}^3/\text{s}$ の条件は全て従来型¹⁾となる。また、3桁の有効数字の範囲では、 $327 \text{ m}^3/\text{s} \leq Q_S \leq 415 \text{ m}^3/\text{s}$ で松原ダムの計画最大放流量は全て $Q_M=741 \text{ m}^3/\text{s}$ となっており、明瞭なピークは確認できない(厳密には $Q_S=371.4 \text{ m}^3/\text{s}$ で最小値 $Q_M=740.2 \text{ m}^3/\text{s}$)。したがって、令和2年7月豪雨に対しては、下笠ダムの計画最大放流量を上述した範囲内に設定することが適切であり、現在の操作規則の $Q_S=350 \text{ m}^3/\text{s}$ は妥当な値であったことが分かる⁶⁾。

松原ダムから11km下流で本川と合流する支川の赤石川に位置する大山ダムにおいても、令和2年7月豪雨時に未使用の治水容量が55%残されていたことから、越流せずに満水になるときの大山ダムの計画最大放流量 Q_O を試行錯誤的に求めた(CaseC)。大山ダムはゲートを持たない自然越流方式のダムであるが、簡単のために上流側の2基のダムと同様に一定量放流方式を採用している。なお、治水容量は現在と同じ700万 m^3 とした⁷⁾。大山ダムの計画最大放流量を $Q_O=58 \text{ m}^3/\text{s}$ に設定することで、図2のCaseCに示されたように従来のダム操作を行ったCaseAのピーク値 $Q_O=115 \text{ m}^3/\text{s}$ と比較して、ピーク流量が約50%低減できることが分かった。

4. 日田市街地における治水効果の検討 (CaseD)

令和2年7月豪雨時には支川の花月川との合流点付近で外水氾濫が生じていたことから、既述した3基のダムの治水能力を最大限発揮させた場合の計画最大放流量($Q_S=371 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_M=741 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_O=58 \text{ m}^3/\text{s}$)を用いて、下流側の日田市街地における治水効果について検討した(CaseD)。花月川が本川と合流する地点の結果を示した図4より、再現計算に相当する従来のダム操作を行ったCaseAと、CaseBとCaseCを併せた場合に相当するCaseDと比較すると、ピーク流量が7.5%、ピーク水深が40cm低減できることが分かった。

5. おわりに

本研究により、令和2年7月豪雨時に筑後川上流域の3基のダムの治水能力を最大限発揮させた場合の日田市街地における治水効果と、各ダムで設定すべき計画最大放流量(ゲートの操作方法)が明らかとなった。なお、既存ダム群を有効活用することで筑後川上流域の治水能力がある程度向上する一方で、日田市街地に流入する河川流量に占める玖珠川と花月川の割合が比較的大きいことから、これらの河川に対する治水策も含めた検討が今後必要となる。

謝辞: 本研究の一部は、一般社団法人九州地域づくり協会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) 土木学会: 水理公式集 [平成11年版], 713p., 1999. 5) <http://www.qsr.mlit.go.jp/toukan/oshirase/toiawase.html>
 6) 押川英夫, 片山晴登, 小松利光: 下笠ダムの操作変更による筑後川上流の治水能力の強化, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.78, No.2, pp.I_1267-I_1272, 2022. 7) <https://www.water.go.jp/chikugo/oyama/index.html>

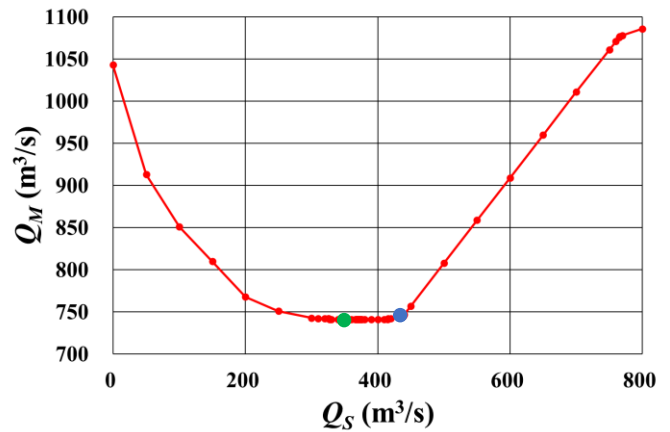


図3 下笠ダムの計画最大放流量 Q_S と松原ダムの越流が生じない限界の計画最大放流量 Q_M の関係 (CaseB)

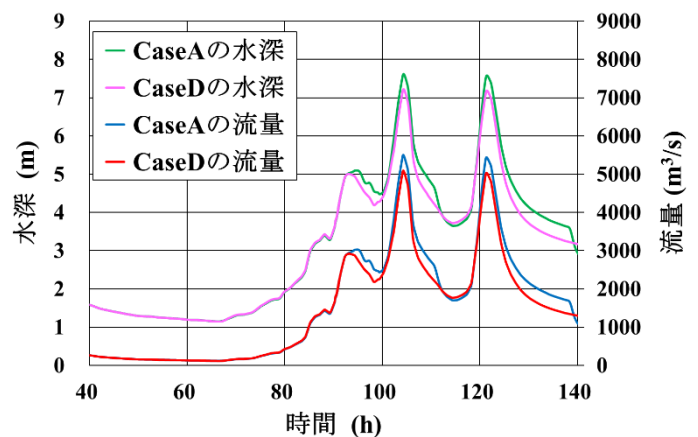


図4 花月川合流地点における流量と水深の比較