

流水型ダム群の洪水制御効果とその発展的利用に関する研究

九州大学大学院 学生員 ○三戸佑夏
九州大学大学院 正会員 押川英夫 フェロー 小松利光

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う災害外力の増加などに因る大規模災害の発生が危惧されるとともに、社会の自然環境へのニーズが高まる中、流水型ダムが注目されてきている。本研究では、“ダムが溢れることを許容する”という新しい治水の概念¹⁾に基づき、複数の流水型ダムを直列に配置することによる洪水制御能力を室内実験により検討する。従来のダム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、それぞれのダムが溢れないように洪水処理を行うものである。本論文では、このような従来の考え方に基づいて配置された流水型ダム群（以後、従来型と呼ぶ）と、上記の新しい概念に基づき配置された全く同じスケールの流水型ダム群（以後、越流型）において、洪水制御能力がどのように異なるのかを比較した。

更に、利水を主目的とするダムに治水を組み入れる手法として提案された、閉鎖可能な常用洪水吐き、いわば“蓋”を有する流水型ダム群²⁾の洪水制御能力について、同様の室内実験により検討した。

2. 実験の概要

実験には、長さ1400.0cm、幅60.0cm、深さ60.0cm、水路床勾配1/25の直線開水路を用いた。実験装置の概略図を図-1に示す。複数のダムの効果の比較を容易にするため、対象とするダム3基は（常用洪水吐きの断面積を除いて）全て同一とした。

ダムは堤高15.0cmの長方形断面の垂直壁としている。常用洪水吐きに相当する矩形の穴は横幅一定で、その断面積の微調整が出来るようにしている。すなわち、穴の下端は水路床であるが、穴を塞ぐアクリル板を上下にスライドさせることで上端の位置の微調整が可能である。ダムは水路の上流端から475.0cm、900.0cm、1325.0cmの位置に設置されており、各ダムの貯水容量は3基ともに168,750cm³である。なお、簡単のために堆砂容量等は無視している。ダムはいわゆる“坊主ダム”を想定しており、越流する際は全幅で越流する。水路上端で発生させる洪水のハイドログラフの作成には、自動制御式のバルブを有する任意の洪水波形の生成可能な洪水発生装置を用いている。本研究では平常流量66cm³/sを十分な時間流した後、ピーク流量 $Q_p=5982\text{cm}^3/\text{s}$ の洪水波形 Q_m （図-2以降の図中の洪水波形参照）が流入するものとした。

本研究では、3台のデジタルビデオカメラを用いてそれぞれのダムに水が溜まる（条件によっては越流する）様子を各ダムの横から撮影した。この画像から5.0秒ごとの水位を判読することでダムに溜まる水位の時系列データを取得した。さらに、別途水路に一定流量

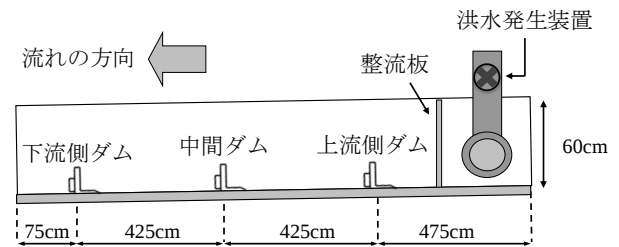


図-1 実験装置の概略図

を十分な時間流して定常状態を設定し、ダムの貯水位とその時の流量から各ダムのいわゆるH-Q曲線を作成した。本論文では紙面の制約から、3基のダムそれぞれの貯水位の経時変化を得られたH-Q曲線により各ダムからの放流量の経時変化に書き換えた結果のみが今後示される。

また本研究では、後述の結果から明らかなように顕著な越流が頻繁に生じる。しかしながら本研究の越流型では、流水型ダム群の設置領域全体を実質的な遊水池と見做しており、最下流のダムからの越流のみが問題となる。なお、ここでのオーバーフローは非常用洪水吐きからの越流を意味しており、河道からの越水はないものとする。

3. 結果および考察

(1) 越流型洪水制御方式の基本的な効果の検討

まず、従来型の考え方にに基づき、流入波形に対してそれぞれのダムがオーバーフローしない限界の状態を穴の高さ（上端の位置）を変えることで設定した。その結果、ダムの穴の高さは上流側から順に、6.075cm、4.67cm、3.745cmとなった(CaseA-1)。これらの条件における各ダムからの最大放流量をH-Q曲線から求めると、上流側から順に、3570cm³/s、3030cm³/s、2300cm³/sとなり、これらが Q_m を基本高水波形とする場合の各ダムにおける計画高水流量に相当することになる。

次に、3基全ての穴の高さを従来型の下流側ダムの穴の高さにそろえて3.745cmとした越流型の実験を行った(CaseA-2)。これは、（支川からの流入等がないため）3基のダムで常用洪水吐きからの最大放流量が同一の流量2300cm³/sとすることに相当する。

CaseA-1およびCaseA-2における各ダムからの放流量を図-2に示す。図-2より、従来型(CaseA-1)の下流側ダムからの最大放流量は2300cm³/sであるのに対し、越流型(CaseA-2)の下流側ダムからの最大放流量は2110cm³/sとなっており、8.3%ピーク流量が低く抑えられている。しかしながら越流型では、下流側ダムからの最大放流量が計画高水流量(2300cm³/s)に達していないことから、下流側ダムで貯水容量（すなわち、洪水制御能力）にまだ余裕がある。

次に上述の結果を踏まえて、越流型ダム貯水容量の全てを使用するように、3基の穴の高さを同一のまま、下流側ダムでオーバーフローしない限界まで低くした(CaseA-3)。CaseA-3の各ダムからの放流量を図-3に実線で示す(CaseB-1については後述)。これより、従来型(図-2のCaseA-1)の下流側ダムからの最大放流量が $2300\text{cm}^3/\text{s}$ であるのに対し、越流型(CaseA-3)の下流側ダムからの最大放流量は $1390\text{cm}^3/\text{s}$ で、従来型に比べてピーク流量が40%も低く抑えられていることが分かる。

(2) 蓋付きの穴を有する流水型ダム群の洪水制御能力

次に蓋付きの穴を有する流水型ダム群の洪水制御能力について検討した。押川ら²⁾は利水を主目的とするダム計画に治水を組み入れる一手法として、利水容量と治水容量の確保が両立できる新たな流水型ダムを提案している。この新たな流水型ダムとは、堤体下部の常用洪水吐きに水圧や浮力により自動閉鎖するゲート(いわば“蓋”)が併設されたものであり、ダム湖が満水になった時点でゲートが閉鎖されることで、利水容量が確保される仕組みである。したがって、流水型ダムが貯留機能を持つことになるため、治水能力すなわち洪水制御能力の強化も期待できる。

蓋付きの常用洪水吐きを有する流水型ダム群の洪水制御能力を明らかにするため、CaseA-3の越流型洪水制御において、満水後に常用洪水吐きを閉鎖することで蓋付きの穴の機能を簡便に再現する実験を行った(CaseB-1)。すなわち、ここでは穴の大きさや流入波形等は全てCaseA-3と同じであり、上流側ダムと中間ダムのそれぞれが満水になった時点で穴を閉鎖した。

CaseB-1における各ダムからの放流量の経時変化をCaseA-3の結果と併せて図-3に示す。図-3において下流側ダムからの最大放流量を比較すると、CaseA-3では前述のように $1390\text{cm}^3/\text{s}$ であったのに対し、CaseB-1では $1240\text{cm}^3/\text{s}$ となっており、CaseA-3と比較すると11%、従来型のCaseA-1(図-2参照)と比較すると46%小さくなっている。これより、常用洪水吐きに蓋を設置して満水後に閉鎖することで、蓋がない場合と比較しても顕著な洪水制御効果が得られていることが分かる。しかしながらCaseB-1では、下流側ダムからの最大放流量が計画高水流量($1390\text{cm}^3/\text{s}$)よりも低いことから、下流側ダムで貯水容量にまだ余裕がある。

最後に、CaseB-1の下流側ダムの余った貯水容量を全て使用するように、前述のCaseA-3と同じ手順で3基の穴の高さを同一のまま、下流側ダムでオーバーフローしない限界まで低くした(CaseB-2)。CaseB-2における各ダムからの放流量を図-4に示す。これよりCaseB-2における下流側ダムからの最大放流量は $1160\text{cm}^3/\text{s}$ となっており、基本的な越流型のCaseA-3と比較すると17%、従来型のCaseA-1と比較すると50%も小さくなっている。

4. おわりに

本研究では室内実験に基づいて、複数の流水型ダムが直列に配置された場合、従来の考え方に基いた越

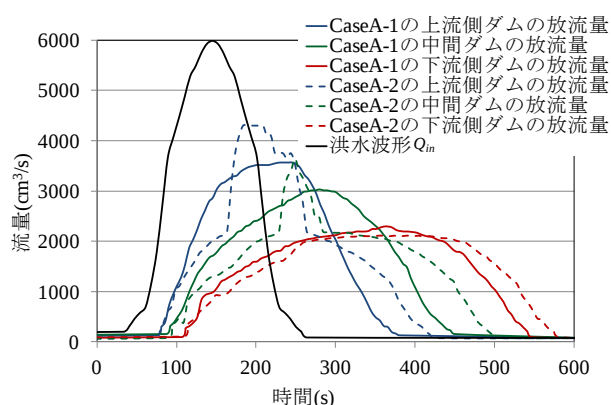


図-2 CaseA-1(従来型)とCaseA-2(越流型)の流量の比較

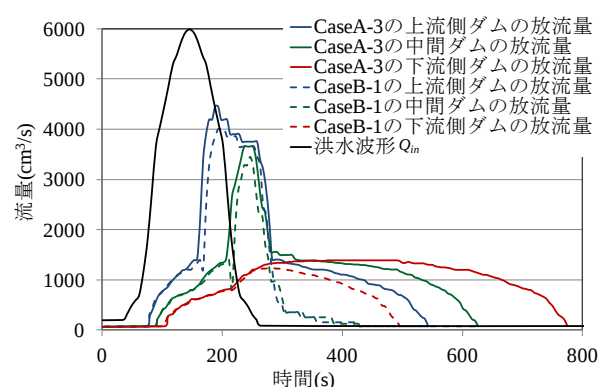


図-3 CaseA-3(越流型)とCaseB-1(蓋付き)の流量の比較

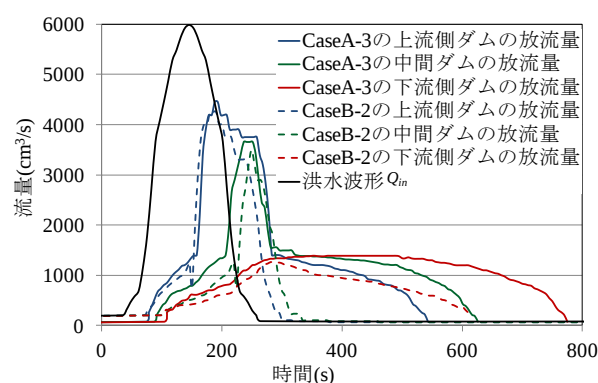


図-4 CaseA-3(越流型)とCaseB-2(蓋付き)の流量の比較

流を許容しない流水型ダム群と比較して、山間部の上流側のダムの越流を許容することで、下流側の洪水制御能力が顕著に強化されることを示した。更に、満水時に閉鎖する機能を常用洪水吐きに加えた、利水と治水の両立が期待できる新たな流水型ダムの洪水制御能力が、その貯留機能により通常の流水型ダムとしての能力からより一層強化されることを明らかにした。

参考文献

- 1) 押川英夫, 三戸佑夏, 小松利光: 流水型ダム群の洪水制御効果に関する研究, 河川技術論文集, 第17巻, pp.317-322, 2011.
- 2) 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能力の検討, 土木学会論文集B1(水工学), 2013年2月(印刷中)。