

直列配置されたダム群による
洪水制御能力の強化に関する研究

佐賀大学 大学院工学系研究科都市工学専攻

准教授 押川 英夫

直列配置されたダム群による洪水制御能力の強化に関する研究

押川英夫

1. はじめに

気候変動による災害外力の増大下において将来の大規模水・土砂災害に備えるために、従来の巨大ダムによる治水の概念を転換して、複数の小規模流水型ダムを組み合わせ、特に上流側のダムでは非常用洪水吐きからの越流を許容することにより、より効率的な新しい治水技術(カスケード方式)を確立する¹⁾。本手法は環境への負荷も小さいことから、温暖化の進行下において「環境(保全)」と「防災(治水)」を両立させうる実現可能な極めて有力な手法である。

カスケード方式は、従来のダムによる治水の考え方を大きく変えることになるため、今後の実用化と普及を目指す際に、行政や市民を納得させる鍵として、模型実験による検討が必須となる。そこで本研究では、開水路内に流水型ダム群の模型を直列配置させた室内実験を行うことにより、カスケード型の治水方式の洪水制御効果を仮想空間の数値シミュレーションではなく、実空間で検証・評価した。

2. 実験概要

ここでは3基の流水型ダムが連続的に配置された対象流域において、簡単のために上流側からの流入量以外に降雨や支川からの流入等がない状況を設定した。また、本研究ではダムからの顕著なオーバーフロー(堤体上部の非常用洪水吐きからの越流)が頻繁に生じる。しかしながら、本研究の流水型ダム群は、上流の山間河川部で河川水位の上昇や越水がある程度許容できる箇所での設置を想定しているため、越流型では流水型ダム群の設置領域全体を実質的な河道内遊水池²⁾と見なしており、最下流のダムからのオーバーフローのみが問題となる。

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(図-1参照)。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、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。

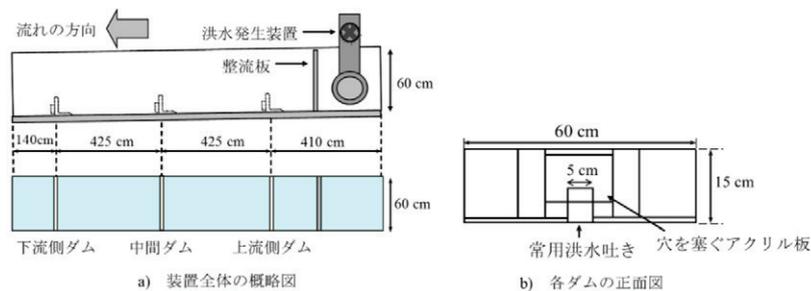


図-1 実験装置の概略図 [a): 装置全体の概略図, b): 各ダムの正面図]

実験における3基のダムは、水路の上流端から475.0cm, 900.0cm, 1325.0cmの位置に設置されている。また、各ダムの非常用洪水吐きに関しては、クレスト自由越流式のゲートレスダム（いわゆる“坊主ダム”）を対象としており、越流する際は全幅で越流する（図-1 参照）。ダムのベースの部分などを除いて求められた各ダムの貯水容量は、全てのCaseで3基ともに168750cm³である。なお、簡単のために堆砂容量等は無視している。

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様子を各ダムの真横から撮影した。この画像から5秒ごとのダムの堤体直前の水位を判読することでダムの貯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測定された流量から各ダムのいわゆるH-Q曲線を作成した。これらのH-Q曲線を用いることで、非定常な水位から流量を換算して求めた。

3. 実験結果および考察

まず、従来型の考え方にに基づき、洪水の流入波形に対してそれぞれのダムが非常用洪水吐きからオーバーフローしない限界の状態を穴の高さを変えることにより設定した。その結果、ダムの穴の高さは上流側から順に、7.62cm, 3.91cm, 2.49cmとなった(Case1)。Case1における3基のダムそれぞれの貯水位（堤体直前の水深）の経時変化を洪水の流入波形と併せて図-2に示す。これより、従来型では3基すべての最高水位がほぼ15cmとなっており、溢れる限界の満水状態になっていることがわかる。

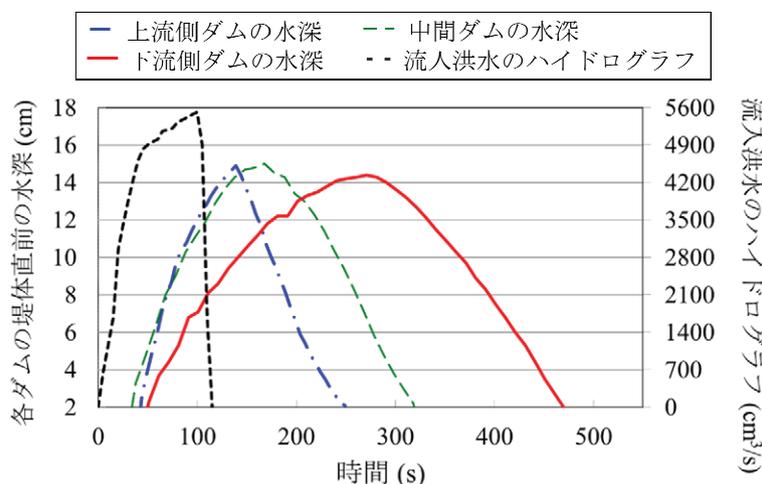


図-2 従来型における流入洪水のハイドログラフと各ダム堤体直前の水深 (Case1)

次に、H-Q曲線を用いて図-2を各ダムからの放流量の経時変化に変換した（図-3 参照）。図-3より、従来型では、3基のダムで徐々にピーク流量が小さくなっており、従来型の適切な洪水制御が行われていることが理解できる。各ダムからの最大放流量は、上流側からそれぞれ、3650 cm³/s, 2440 cm³/s, 1460 cm³/sである。

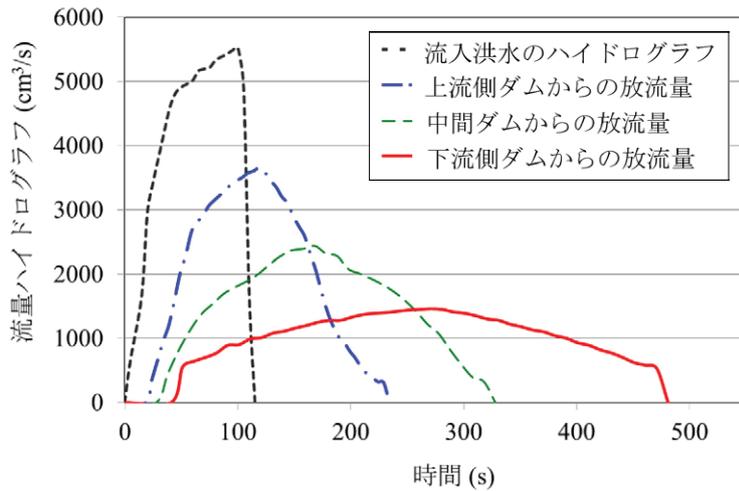


図-3 従来型における流入洪水のヒドログラフと各ダムからの放流量 (Case1)

次に越流型の考え方にに基づき、3基全ての穴の高さを従来型(Case1)の下流側ダムの穴の高さにそろえて2.49cmとした(Case2)。Case2における3基のダムそれぞれの貯水位の経時変化を流入波形と併せて図-4に示す。図-4より、越流型(Case2)では上流側ダムの水位が15.0cmを超えて越流しているが、中間ダムの最高水位は堤高(すなわち、従来型)よりもやや低くなっている。更に、下流側ダムでは最高水位が11.1cmに抑えられており、従来型に比べて3.9cm低くなっている。これより、越流型にすることによって、従来型と比較して下流側の洪水制御能力が強化されていることが理解される。

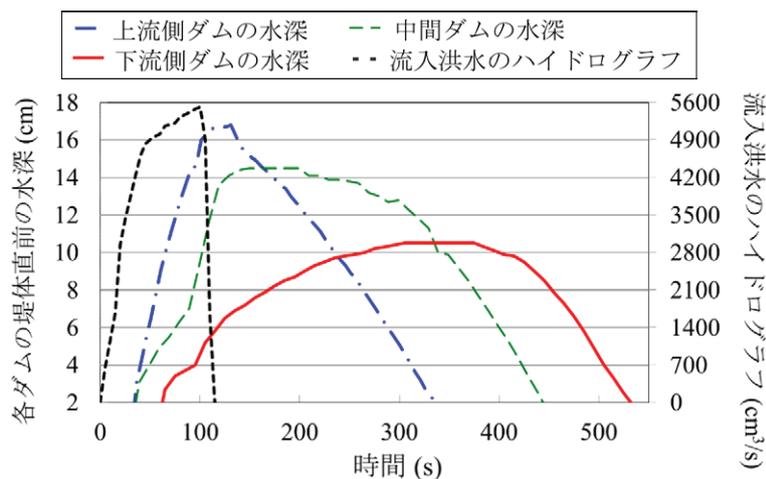


図-4 越流型における流入洪水のヒドログラフと各ダム堤体直前の水深 (Case2)

最後に、H-Q 曲線を用いて図-4を各ダムからの放流量の経時変化に変換した(図-5参照)。図-5より、越流型の上流側ダムでは顕著にオーバーフローしているものの、越流型の中間ダムからの最大放流量は1440 cm³/sで、従来型では2440 cm³/sであったことから、中間ダム

ではピーク流量が 41%低く抑えられている。また、下流側ダムでは、従来型の最大放流量が $1460 \text{ cm}^3/\text{s}$ であるのに対し、越流型は $1150 \text{ cm}^3/\text{s}$ となっており 21%低く抑えられている。これより、中間ダムの地点で計画高水流量($1460 \text{ cm}^3/\text{s}$)を下回る洪水制御効果が得られており、越流型を採用する場合には、治水計画としては最下流のダムは不要ということになる。

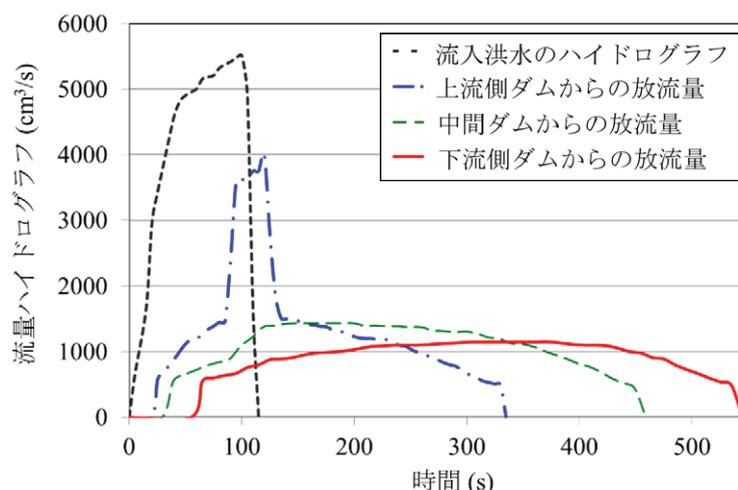


図-5 越流型における流入洪水のハイドログラフと各ダムからの放流量 (Case2)

4. まとめ

本研究では、複数の流水型ダムが直列に配置された場合、従来の考え方に基づいた（積極的には）非常用洪水吐きからの越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で非常用洪水吐きからの越流を許容することで、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を室内模型実験から明らかにした。

本実験で効果が検証された上流側のダムの越流を許容する新たな治水（カスケード）方式は、従来から一般的に用いられているゲート操作を行う貯水型ダム群にも適用可能である。この場合、従来は想定規模を越える場合に止むを得ず行っていた、いわゆる“但し書き操作”を大規模洪水に対してはむしろ積極的に実施することになる。この方法では、既存ダム群の操作方法を変えるだけで更なる洪水制御能力を引き出せるため（既存施設の有効利用）、今後の地球温暖化による災害外力の増加に対する適応策としても利用価値は極めて高いものと考えられる。

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, 今村友彦, 小松利光: 治水専用穴あきダムの河道内遊水池としての洪水制御効果に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.67, No.4, pp.I_667-I_672, 2011.