

流水型ダムの洪水調節能力改善手法に関する研究

九州大学工学部 学生員 今村友彦 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、地球温暖化によると思われる豪雨、干ばつ、台風の強大化などの災害外力の増大が実感されるようになってきた。今後も温暖化による様々な影響が顕著に現れてくると考えられ、これまでに経験したことがない大規模超過洪水による水災害の発生も危惧されている。また高度経済成長期以後、社会の環境へのニーズも高まっており、増大する災害外力と社会の望む環境というものに今後は同時に対応していく必要がある。

このような状況の下、近年治水専用穴あきダム(流水型ダム)が見直されてきている¹⁾。流水型ダムは河床とほぼ同じ高さに設置された穴を通して水が常時流れるため、通常水が貯まらず土砂や魚類も通過することから環境への負荷が少ない¹⁾。しかしながらこの流水型ダムは、比較的流量が小さい時から貯水が始まるため、治水容量が有効活用されにくいという欠点を有している。そこで中島ら²⁾は、常用洪水吐きに加えて水圧により自動開閉するゲート(以下、追加穴)を河床に設置することで治水容量を有効活用する手法を提案するとともに、数値シミュレーションによりその効果を検証している。しかしながら中島ら²⁾のシミュレーションでは、洪水が堤体を越流するような大規模な超過洪水に対しては十分な検討が行われていなかった。また越流が起きる際にも、堤頂部の非常用洪水吐きの幅を変えることにより、ピークの到達時間や最大流出流量をある程度調節できるものと考えられる。そこで、本研究では大規模超過洪水に対する追加穴の効果、および非常用洪水吐きの形状(幅)の効果を数値シミュレーションにより検討した。

2. シミュレーションの概要

本研究では一次元の連続の式を時空間方向に積分した以下の式(1)を基礎式とした。

$$V(t) = \int_0^t (Q_{in} - Q_{out}) dt \quad (1)$$

ここに $V(t)$ はその時点でダム内に貯留されている水の体積、 t は時間、 Q_{in} はダムへの流入流量、 Q_{out} は流出流量である。追加穴を含む堤体下部の常用洪水吐きからの流出流量 Q_{out1} は、ダムの常用洪水吐きの断面積が小さいと考え、トリチェリの定理からその時点での水位によって決定されると仮定した。また、洪水が堤体をオーバーフローした際の非常用洪水吐きからの流出流量には、越流公式 $Q_{out2} = KBH^{3/2}$ を用いた。ここで B は越流幅、 H は越流水深(非常用洪水吐きのクレストからの貯水位)、 K は越流水深や越流幅等の関数³⁾の流量係数である。なお、 $Q_{out} = Q_{out1} + Q_{out2}$ である。

対象とするダムは、堤頂長 200m、堤体の高さ 90m、計画高水流量 3400m³/s とした。ここで堤体の高さは河床から非常用洪水吐きのクレストまでの長さである。また堤体の断面形状は二次関数、河床勾配は 0.01 とする。追加穴および非常用洪水吐きの効果を検証するために、ここではそれらの組み合わせにより 3 つの形状のダムを採用して計算結果を比較した。追加穴を設置せず 堤頂部全体から越流する流水型ダム(非常用洪水吐きの幅が 200m)を Type0 とする。また、非常用洪水吐きの幅が 200m で追加穴を設置した流水型ダムを Type1、非常用洪水吐きの幅が 20m で追加穴が設置されたものを Type2 とする。本研究では河床に 2 つの追加穴を設置することとし、それぞれの追加穴が開閉する水位は 41m と 71m とした。各追加穴の断面積は、流出流量が計画高水流量に達した時点で追加穴が閉まるように設計した。

Q_{in} には中島ら²⁾と同様の関数形を与えた。本研究では追加穴と非常用洪水吐きの効果を検証することを目的としているため、すべてのケースにおいて大規模なオーバーフローが生じる超過洪水を与えている。Case1 は最大流入流量が 5500 m³/s の一山洪水である。Case2 と Case3 は、最大流入流量 5500 m³/s の Case1 と同じ超過洪水を重ね合わせた二山洪水であり、ピーク時間の差は Case2 が 17 時間、Case3 が 12 時間である。

3. 結果および考察

図-1 に Case1 の洪水が流入した場合の流入流量、および Type0 から Type2 のダムモデルの流出流量、図-2 にそれぞれのモデルの水位を示す。同様に、Case2 の場合を図-3 および図-4、Case3 の場合を図-5 および図-6 にそれぞれ示す。図-2 以降の凡例は全て図-1 と共通である。

本研究では 2 つの追加穴を設置しているため、洪水の初期(図-1 では 17~20 時間)と終息期(図-1 では 30~32 時間)にそれぞれ 2 箇所ずつみられる流出流量の急変箇所が追加穴の効果である。図-1 をみると、Case1 の洪水初期において Type1 および Type2 の流出流量が Type0 よりも大きく、流入流量に近づいていることから、追加穴を設置

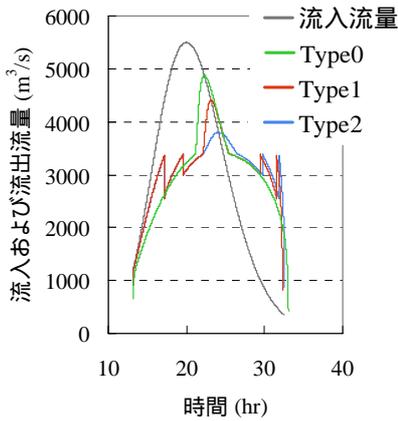


図-1 Case1 における流量の時間変化

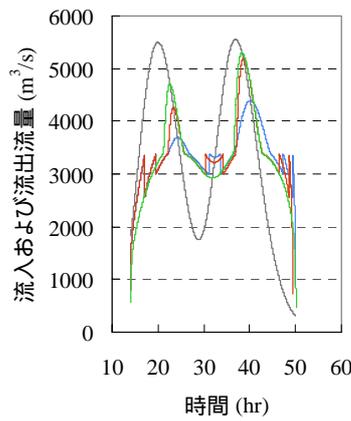


図-3 Case2 における流量の時間変化

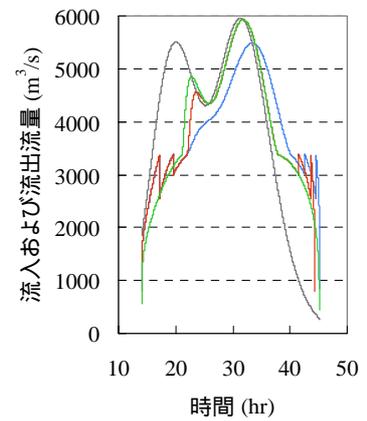


図-5 Case3 における流量の時間変化

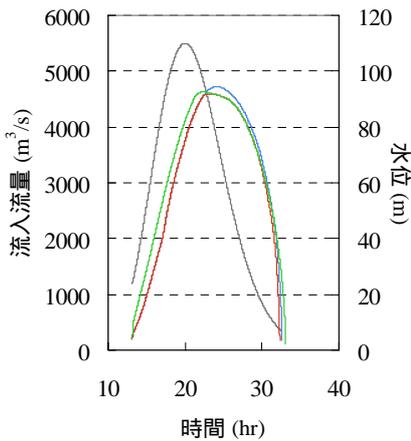


図-2 Case1 における水位の時間変化

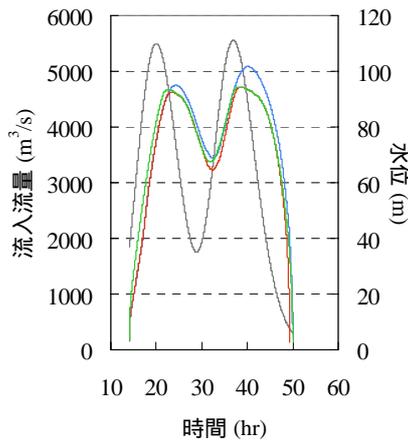


図-4 Case2 における水位の時間変化

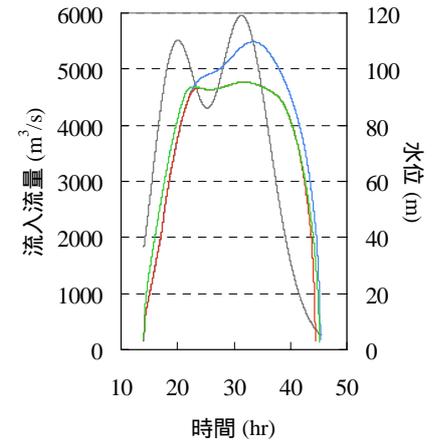


図-6 Case3 における水位の時間変化

することにより治水容量が有効活用されていることが分かる。図-1 の Type0 と Type1 の流出流量の比較から、追加穴の設置により最大流出流量を 10%程度低減できるとともに、ピーク到達時間も 4%程度遅くなっていることが分かる。Case2 では 2 つの洪水のピーク時間の差が比較的長いことから、2 つの洪水の間で貯水池の水位が追加穴の開閉水位まで低下するため、二山目の洪水まで追加穴の効果が確認できる。Type0 と Type1 の比較において、二山目では最大流出流量が 2%程度減少しているとともに、ピークの到達時間は 1%程度遅くなっている。一方、Case3 では洪水のピーク時間の差が短いため、二山目の洪水までに追加穴の開閉水位まで貯水位が下がらないことから、追加穴の効果が十分には発揮できていない。

Case2 の二山目において Type1 と Type2 を比較すると、最大流出流量が 15%程度減少しているとともに、ピークの到達時間は 4%程度遅くなっている。Case3 において同様に比較すると、最大流出流量が 7%程度低減、ピークの到達時間は 5%程度遅延している。これより、非常用洪水吐きの幅が小さいほど最大流出流量が小さくなり、洪水のピークの到達時間も遅くなることが分かった。したがって、堤体をオーバーフローするような大規模超過洪水に対しても、比較的狭い非常用洪水吐きを設けることである程度の洪水の調節効果が期待できる。

4.まとめ

今回行った計算条件において Case1 から Case3 を通してみると、追加穴を設けず堤頂部全体から越流する流水型ダムと比較して、追加穴と狭い非常用洪水吐きを設置することで最大流出流量が 15%程度減少するとともに、ピークの到達時間は 5%程度遅延できることが分かった。また、オーバーフローが発生すると通常ダムからの放流量が急激に増加するが、非常用洪水吐きの幅を狭くすることで、放流量の増加を比較的緩やかに抑えられることが分かった。

参考文献

1) 小松利光：災害に対して無防備化する都市と地域 ~明日への投資を怠るなかれ~, 2007 年度水工学に関する夏季研修会講義集 A コース, A-1-1~A-1-1-14, 2007. 2) 中島泰裕, 押川英夫, 小松利光：治水専用穴あきダムの洪水調節能力改善手法に関する研究, 河川技術論文集, 第 15 巻, pp.417-422, 2009. 3) 土木学会：水理公式集[平成 11 年版], pp.241~243, 1999.