

(11) 電氣的模擬法による貯水池の洪水調節効果に関する研究

正員 京都大学工学部 工博 石原藤次郎
○ 正員 神戸大学工学部 石原 安雄
准員 建設省近畿地建 岸田 隆

近來、河川総合開発事業として各所に大ダムが築造され、貯水池の合理的な操作によって洪水を調節し、かつ水資源を最高度に利用すべく計画されているが、特に、大貯水池の少ないわが国では、いかに貯水池を操作すれば、これら利害相反する治水及び利水の両面にわたって最大の効果をあげうるかという問題が、早急に解明を要する重要な課題となっている。こうした意味から、著者等は建設省建設技術補助金によって、すでに貯水池及び一般河道用の電氣的洪水追跡器を試作し、注目すべき成果を修めているが、本研究はこれらの洪水追跡器を利用し、かつ若干の水理学的考察を行って、貯水池の総合的な洪水調節効果を明らかにしようとしたものである。

1. 貯水池における洪水流の水理学的考察

貯水池における洪水流については、従来より多くの研究が行われているが、その大部分のものは連続の条件だけで解析されているようであり、完全に解明することははなはだ困難である。ここでは、最も簡単な場合として、幅が一様な広矩形の水路に設けられた貯水池について考察を加えた。従って、

$$\text{連続の方程式: } \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\text{運動の方程式: } S - \left(1 - \frac{Q^2}{gH^3}\right) \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{1}{gH} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{gH^2} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{Q^2}{C^2 H^3} \quad (2)$$

が成立する。ここに、 H は水深、 Q は単位幅当りの流量、 S は河床勾配、 C はChézyの係数、 g は重力加速度、 x は距離、 t は時間である。さて普通の大きさの洪水に対して(2)式の各項の大きさを比較すると、つぎの2つの領域に分けられ、近似的にそれぞれ次式が成立することがわかる。

$$a) H > 20 \sim 30 \text{ m (湛水領域): } S - \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

$$b) H < 20 \sim 30 \text{ m (遷移領域): } S - \left(1 - \frac{Q^2}{gH^3}\right) \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{Q^2}{C^2 H^3} \quad (4)$$

(3)式及び(4)式を第1次近似式として、逐次近似法によってその特性を調べた結果つぎのようなことがわかった。すなわち、(i)貯水池における洪水の伝播は、洪水波の大きさ及びその形状並びに貯水池の大きさはもちろん、ダム地帯における境界条件によって非常に大きな影響を受ける。(ii)湛水領域における最大波高の伝播速度は非常に速く、遷移領域においてはかなり遅い。また、最大流量の伝播速度はいわゆる容量遅れにはほぼ等しく、かつダムの近傍及び遷移領域においては形式的にSeddonの法則が成立する。

2. 洪水追跡器による貯水池内洪水流の水理学的特性に関する考察

丸山貯水池を対象として試作した洪水追跡器を用い、貯水池内の洪水流の特性を調べた

結果、1.で述べたと同様の結果を得た。すなわち、湛水領域では最大波高の伝播速度が非常に速く、かつほとんど波高の逆減はなく、近似的には水面勾配を零と考えてよい。また最大流量の伝播はほとんど貯水池の貯溜効果とダム地帯における境界条件によって決定される。特に、下流端における条件をいろいろ変えて演算を行った結果、ダムからの流出量及び貯水池内の水位に対して非常に大きい影響を及ぼし、貯水池の操作をよほど慎重に行わないと貯水池または下流部に対する洪水の危険を増大させる場合があることがわかった。

3. 貯水池の総合的洪水調節効果に関する考察

1.及び2.で述べた結果を総合して考えると、貯水池の大きさに比し洪水の大きさが小さく、湛水領域がかなり大きい場合には貯水池内の水面はほぼ水平に近いと考えてよい。従って、従来より行われている連続の条件のみを用い、いわゆる容量遅れとして、洪水追跡計算を行う方法は、工学的目的からすれば、近似計算法として十分な精度をもつものと考えてよいようである。ただし、貯水池が小さくて湛水領域が小さいか、または湛水領域を全く欠くような場合には、従来の計算法ではかなりの誤差を伴うものと考えられる。

つぎに、貯水池によって調節された洪水が下流部の懸案地帯まで到達する間にいかに変形するかをみるために、一般河道用洪水追跡器を用いた。その基礎方程式は、河幅一様な矩形水路の場合に対して次式で表わされる。

$$\frac{\partial H}{\partial t} + A \frac{\partial H^2}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} \quad ; \text{ただし, } A = c\sqrt{s}, \mu: \text{河相係数.} \quad (5)$$

一般に、河道における洪水の伝播は河道の状態、洪水の波形等によって影響される。そこで流入洪水の波高 H_0 、水深 $H_0/2$ における洪水の継続時間 T 及び懸案地帯までの距離 L を用いて、 $H = H_0 \eta$, $t = T\tau$, $x = L\xi$ なる変数変換によって(5)式を無次元化すると、

$$\frac{\partial \eta}{\partial \tau} + M \frac{\partial \eta^2}{\partial \xi} = N \frac{\partial^2 \eta}{\partial \xi^2} \quad ; \text{ただし, } M = \frac{AH_0^2 T}{L}, N = \frac{\mu T}{L^2} \quad (6)$$

となる。従って、追跡器を用いて無次元化された洪水に対して、波高の逆減率及び伝播時間を M 及び N の函数として求めることができる。その結果、伝播時間は M の値のみに関係して M と逆比例的關係にあり、波高の逆減率は M の値が小、 N の値が大となると大きくなる傾向にあることがわかった。そこでこれらの関係を用い、貯水池において調節された洪水と調節を受けない洪水について、懸案地帯における洪水を比較検討することによって、貯水池の総合的洪水調節効果を求めることにした。2,3の計算を行った結果、貯水池から懸案地帯までの距離が短いときは、貯水池自身における調節効果がほとんどそのまま懸案地帯まで保持されるが、距離が長く貯水池が比較的小規模の場合には、河道における洪水波の変形が大となり、貯水池の洪水調節効果がほとんど認められないことが確認された。

以上、比較的簡単な場合についての貯水池の総合的洪水調節効果につき研究した大要を述べたが、貯水池群の場合、支川が流入する場合等については今後研究を行いたいと考えている。