

ダムによる洪水制御に関する一考察

京都大学工学部	正 員	高 梅 琢 馬
京都大学大学院	学生員	瀬 能 邦 雄
建設省中部地建 間	正 員	〇 入 江 洋 樹
	組 正 員	三 谷 勝 浩

1. まえがき

ダム群による最適洪水制御方式の確立は、今日急務となっているが、そのためには、まず、単ダムによる最適洪水制御方式の一元化が必要であろう。本研究は、制御過程をつくるうえで最も一般的な数学的手法である $D.P.$ によって、最適洪水制御方式を定式化するとともに、その解によって、現行の制御方式に検討を加えるものである。

2. 単ダムによる洪水制御過程の定式化

一般に、系の状態が時間の経過とともに変化する物理系は制御可能であり、制御系は制御されるものすなわち制御対象と、制御をするものすなわち制御主体とから構成されている。ダムによる洪水制御系の場合には、制御主体はダム、制御対象はダムへ流入する洪水波形と考えることができる。ところで、制御系を数学的に取扱うためには、系の性質を状態変数に関する微分方程式や階差方程式で表現する必要がある。そこで、数値計算を容易にするために、ダムの貯水量 S (状態変数)、ダムへの流入量 I (制御対象)、ダムからの放流量 Q (決定変数) を離散的に扱えば、洪水制御系はつぎのような階差方程式で表現できる(図-1 参照)。

$$S(t+1) = S(t) + I(t) - Q(t) \quad (1)$$

ここに、 $S(t)$ 、 $S(t+1)$ は離散的な期間 t のそれぞれ初期、終了時における貯水量であり、洪水制御は図-1 のように基準流量(例えば無害流量)を越えたときに始めるものとする。

また、制御過程をつくるには、その評価を決定する最適基準が必要である。この基準として、ダムからの放流量による下流防御区域の被害総計を最小とする基準を与えると、ダムによる洪水制御過程は次式 $R = \min_{\{Q(t)\}} \sum_{t=1}^T D(Q(t))$ (2)

の決定変数列 $\{Q(t)\}$ を求める問題となる。ここに D はダム下流評価地点における評価(被害)関数である。つぎに、このダムによる洪水制御過程を $D.P.$ によって定式化しよう。

洪水制御の最終的な貯水量 $S(T+1)$ を洪水期制限水位に相当する貯水量 C とすると、洪水制御の最終期間 T での放流量は(1)式から $Q(T) = S(T) + I(T) - C$ と表わされるから、期間 T での被害は、 $f_T(S) = D(S(T) + I(T) - C)$ (3)

となる。このように、洪水制御期間最終時での状態を規定したところから、洪水制御過程の計算手順は時間軸と反対方向に進められ、任意の期間 t までの被害は、

$$f_t(S) = \min_{0 \leq S \leq V} [D(Q(t)) + f_{t+1}(S(t) + I(t) - Q(t))] \quad (4)$$

となる。ここに V はダムの有効貯水容量である。この(3)、(4)式は一評価地点、単ダムによる洪水制御過程の $D.P.$ による定式化で

あって、流入支川の効果、各評価地点の重要度、およびダム群との関連を考慮する洪水制

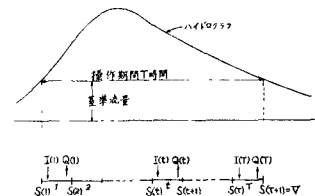


図-1

御系への拡張の基本となる。

つぎに、この(3),(4)式を図-2に示されるように流入支川の効果を考慮し、99地点防御を目標としてD.P.によって定式化すると、それぞれつぎのようになる。

$$f_T(S) = \sum_{i=1}^m D_i(S(T) + I(T) - C + \sum_{j=i}^{a_i} q_j(t)) \quad (5)$$

$$f_t(S) = \min_{0 \leq S \leq V} \left[\sum_{i=1}^m D_i(Q(t) + \sum_{j=i}^{a_i} q_j(t)) + f_{t+1}(S(t) + I(t) - Q(t)) \right] \quad (6)$$

ここに、 q_j : 流入支川の流量、 a_i : 評価地点*i*までの流入支川数、 m : 評価地点数

3. 現行の制御方式の検討

(3),(4)式において、洪水制御方式を規定するのは評価関数であるから、最も一般的な評価関数の決定が重要である。ところでダムによる洪水制御はピーク流量をできるだけカットすることを目的としているわけであり、この目的を満足する評価関数はつぎのような凸関数 $D(Q(t)) = aQ^n(t)$ ($a > 0, n > 1$) (7)

で与えられる。ここに a は係数、 n は指数であって、この凸関

数が a 、 n の値に関係なくこの目的を満足することは簡単に証明できる。ここで、現行の洪水制御方式との比較を容易にするために、洪水量貯留後の放流操作を考慮しない。すなわち、(3)式において $C = V$ と置く。この条件のもとで、(7)式を評価関数として用い、任意の洪水波に対して、(3),(4)式によって計算すると図-3の(A)で示す放流量曲線を得

る。この図-3の制御方式は現行の一定量放流方式と同形であるが、後者は一定放流量(A)をあらかじめ規定してあるのに対して、前者は出水規模に応じた(A)が決定されるものであるから、両者は本質的に異なる。一方、一定率貯留方式は、わが国の出水が急で、ダムへの流入量の予測が困難であるため、ピークまで一定率に貯留するものであり、出水の規模をある程度考慮できる方式であるが、有効貯水容量 V を効果的に使用した制御方式とはいえない。ところで、不定率貯留方式は、ダム下流の他の流域からの流入量を考慮して、洪水波形の特定部分を貯留する方式である。この方式は一般的定式化がなされていないため、現在のところあまり採用されていないが、D.P.によって(5),(6)式のように定式化できるから、今後この方式による洪水制御が考えられていくであろう。

4. 結ぶ

D.P.による洪水制御過程の定式化(3),(4)式は、洪水量を一時、ダムに貯留し、ついで制限水位まで放流するという貯留から放流まで一貫した制御方式を与え、また、貯水量 S を状態変数としてとらえているので、どのような初期、最終状態に対しても制御方式を決定できる。したがって、現行の制御方式に比べて、さあめて一般的な洪水制御の定式化である。

なお、このD.P.による洪水制御方式は、的確な洪水の予測によって、より効果的な制御方式を与えるわけであり、その予測をあわせた洪水制御過程、ならばに、ダム群による洪水制御系への拡張については別の機会に述べたい。

参考文献 1) 例えば、小田中敏男；ダイナミック・プログラミング、丸善株式会社、昭38

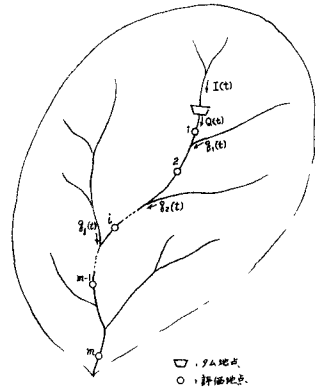


図-2

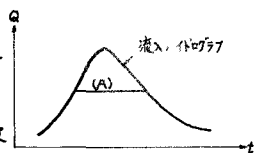


図-3