

ダム貯水池群の予備放流方式に関する研究

岐阜大学工学部 正員 小尻 利治

1. はじめに

近年、有限な水資源の活用をはかるべく、多数のダムが建設または建設と予定されている。使用目的も治水から都市・工業・農業・発電用水等の利水まで多岐にわたっており、貯水容量の効率的運用が求められている。そこで本研究では、発電用ダムを中心とした利水から治水への切り換え手順とダム群としての運用方法について考察するものである。

2. 予備放流時の制御目的

平常時における発電用ダムの制御目的は、可能な限り貯水池水位を上げておくことである。ところが、治水時には、必要な容量を確保しなければならない。すなわち、ある期間内に貯水池の水位低下を完了させ、かつ、水位低下から生ずる被害を最小にすることとなる。数学的には、制御目的 J は

$$J = \sum_{t=1}^{TE} g\{V - S(t)\} \longrightarrow (1)$$

となり、制約条件として

(i) 流入流量 $\leq$ 基準流量 のとき 放流量 $\leq$ 基準流量

(ii) 流入流量 $>$ 基準流量 のとき 放流量 $=$ 基準流量

が加わる。ここに、 V はダムの貯水容量、 $S(t)$ は時刻 t での貯水量、 $g\{\cdot\}$ は評価関数、 TE は制御対象期間である。

3. 最適操作の定式化

3.1 評価関数 被害額を計量化するにあたって、評価関数を次のように定義しよう。

$$g\{V - S(t)\} = \alpha\{V - S(t)\}^{\beta} \quad (2)$$

ここに、 α, β は定数であり、 $\alpha=\beta=1$ のときは水位低下の累加量(面積)を最小化する問題となる。

3.2 DP による定式化 式(1), (2)より Dynamic Programming における最適性の原理の成立は明らかであり、その関数漸化式は

$$f_t(S(t)) = \min_{\{Q(t)\}} \left\{ g\{V - S(t)\} + f_{t-1}(S(t-1)) \right\} \quad (3)$$

$$\text{subject to} \quad \begin{cases} \text{if } 0 \leq S(t) \leq V, & g\{V - S(t)\} = \alpha\{V - S(t)\}^{\beta} \\ \text{if } S(t) > V \text{ or } S(t) < 0, & g\{V - S(t)\} = \infty \end{cases} \quad (4)$$

となる。ここに、 $Q(t)$ はダムからの放流量である。

3.3 LP による定式化 決定変数としてダムの貯水量と放流量をとり、目的関数として、双対性より貯水量の和の最大化をとると、制御目的は

$$Z = [1, \dots, 1, 0, \dots, 0] \{S(1), \dots, S(TE-1), Q(1), \dots, Q(TE)\}' \longrightarrow \max \quad (5)$$

subject to

$$\begin{bmatrix} 1 & & & & \\ -1 & 1 & & & \\ & 0 & 1 & & \\ & & & 1 & 0 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S(1), \dots, S(TE-1), QOU, \dots, QO(TE) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} QI(1) - S(0) \\ QI(2) \\ \vdots \\ QI(TE) + S(TE) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\leq \begin{bmatrix} QS \\ \vdots \\ \nabla \end{bmatrix}$$

となる。ただし、 ∇ は転置、 QS は基準流量、 $QI(t)$ は流入量を表わす。

4. 期間分割法によるダム群操作

複数のダム群操作については、既に、逐次近似法、分解原理による空間的分割、期間分割法を提案してきたが、ここでは、期間分割法における解の存在について考えよう。3期間分割の場合、(i)第1ステップでは、第2期間の最終貯水量を仮定し、期間1としてDPを行い、全期間を通じての累加関数値が最小になるように期間1での最終貯水量を決めている。(ii)第2ステップでは、期間2として同様のことを行い、(iii)以後、(i)と(ii)を繰り返すわけである。いま、反復回数 i で期間 u の累加関数値を J_u^i とすると、(ii)では $J^i = f_1^{i-1} + f_2^i + f_3^i$ となり、再び(i)で $J^{i+1} = f_1^{i+1} + f_2^{i+1} + f_3^i$ となる。従って、もし期間1での最終貯水量 $S_1^{i+1}(TE_1)$ が $S_1^i(TE_1) = S_1^{i+1}(TE_1)$ なら $J^i = J^{i+1}$ であり、 $S_1^{i+1}(TE_1) < S_1^i(TE_1)$ なら $J^{i+1} < J^i$ となる。結局、目的関数は単調に減少し、最適解への収束を促す。

5. 適用例

単ダム・単評価地点系に対して、DPによる最適化($\alpha=\beta=1$)を適用してみよう。右図の上段は、基準流量を8単位とゆるく、貯水量が満杯に近い。一方、下段は基準流量を6と厳しくしたため、洪水の流入に備えた予備放流が必要となっている。しかし、放流量は常に基準流量を満たしており、本定式化の有効性がわかる。

6. おわりに

本研究では、利水と治水の接点となる予備放流について考察を加えたが、今後、複数ダム、実データでの適用をはかりたい。

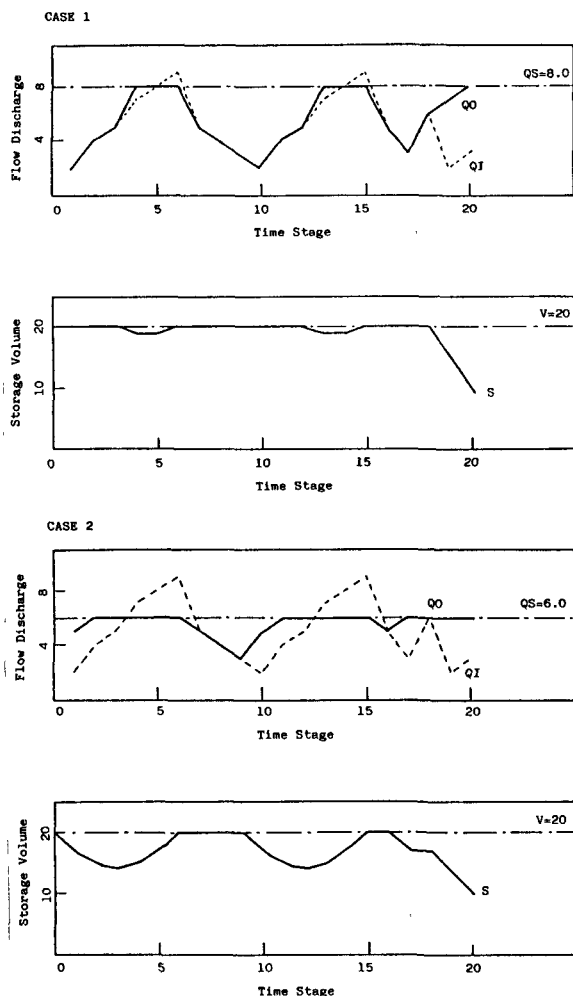


図 単ダム・単評価地点系の適用例