

II-296

ゲート操作支援技術の洪水時現地実証試験結果

関西電力(株) 角田 恵
(株)ニュージェック 正員 岡 明夫・藤田 暁

1. はじめに 電力ダムは、洪水時には治水ダムのようなピークカットを行わず、流入量が洪水量に達するまでに貯水位を所定の水位に低下させた後、放流量を流入量に等しくして定水位制御を行うこととなっているダムが多い。

放流開始時刻の決定、各種の通知通報などとともに、上述のゲート操作は出水時のダム管理における重要な任務の一つであるが、昼夜を問わず数日間続く場合もあり、過酷な業務となっている。

このような過酷な状況を緩和してゲート操作の信頼性を高めることを目的に、流入量の値に基づいてゲート操作を半自動的に行う自動制御機能が操作卓に付加されている。しかし、集水面積に対して貯水池容量が小さいダムでは、洪水時に貯水池の水面勾配を無視できず、湛水面積に貯水位変化を掛けて流入量を見積もる方法では、正確な流入量の把握が困難になってくる。また、容量の小さいダムでは出水時に水面が振動する傾向もあって、現状の水位すら把握しづらいこともある。こうしたダムでは、自動制御機能を利用したゲート制御は熟練操作員の操作とは大きく異なる操作となり、ハンチング現象(開閉を交互に繰り返す状態)の発生等も見受けられるため、自動制御機能を有効利用できない場合が多いのが実情である。更に、算出された流入量の値も上記理由より信頼性に欠ける場合があり、ダム操作員は、流入量よりも主として水位の動き自体に着目し、水位をある許容範囲に収めることをゲート操作の目標にして、経験的な知識も加味しつつ毎回のゲート操作量を逐次決定していくこととなる。

こうした現状に鑑み、本稿では、操作員と同様、流入量を算定する手順を経ずに、水位自体に着目してゲートを自動制御する方法を検討する。また、洪水時の定水位制御を対象としたゲート操作量算出プログラムを作成して実施した現地実証試験結果について報告する。

キーワード：電力ダム、ゲート操作

連絡先：(株)ニュージェック 〒542-0082 大阪市中央区島之内1-20-19 Tel.06-6245-4901 Fax.06-6245-4710

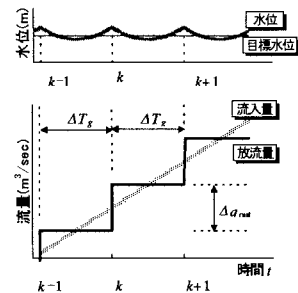


図-1 定水位制御による水位変化の模式図1

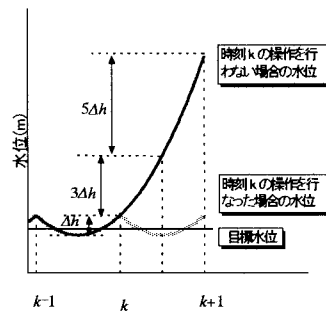


図-2 定水位制御による水位変化の模式図2

2. ダム定水位制御方法 一定時間間隔 ΔT_g ごとのゲート操作により定水位が保たれているとき、流入量、放流量、水位の関係を模式的に示すと図-1のようである（ここでは流入量が一定の割合で増加している状況を仮定する）。このように、ゲート操作のたびに水位が一旦下がって再び上昇する変動の幅は、ゲート操作量を決める上で重要な情報の一つとなると考えられ、本稿ではこの量を参考にしてゲート操作量を計算する制御方法を検討する。

時刻k-1から一旦下がった水位が時刻kに回復する量を Δh とする。時刻kにゲート操作を行わなければ、図-2を参照して時刻k+1にはさらに $8\Delta h$ の水位上昇がおけると予想できる。

よって、水位を目標水位に保つための時刻kにおける放流量の増分は、 $8\Delta h$ の水位差に相当する水量

を時間 ΔT_g のうちに放流できるような放流量である。すなわち、水位 h のときの湛水面積を $S(h)$ とおくと時刻 k における放流量増分 Δq_{out} は次のように表せる。

$$\Delta q_{out} = 8 S(h) \Delta h / \Delta T_g \quad (1)$$

一方、操作員が放流量の増分を決定する際にも、上述の水位の回復量に相当する貯留量変化率の何倍かを放流しており、これをヒントに、放流量増分決定式として次式(2)を仮定した。

$$\Delta q_{out} = n S(h) \Delta h / \Delta T_g \quad (2)$$

関西電力の木曾川水系読書ダムにおいて記録保存された出水時のダムゲート操作記録をもとに、操作直前の水位の変動、ゲート操作量、操作後の水位状況（定水位となったか、あるいは、低下・上昇したか）等について整理したところ、定水位を保つための適切な n の値は、 $n=1.0\sim 1.5$ 程度であった。

この結果と式(1)における8.0という値の間には開きがあるが、式(1)は貯水池の水面が水平であるという仮定に基づいており、これに対して出水時の実際の貯水池には水面勾配があること、また、流れが非定常であること等から、このような差が現れたものと思われる。

式(2)は、時間 ΔT_g 後の水位が現在と同じ水位になるように、現在の放流量増分を与える式である。これに、現在の水位が本来の目標水位から外れていたら、水位を目標水位に近づけるための項を付け加えて操作量(放流量増分)算定式(式(3))とする。

$$\Delta q_{out} = \frac{n_1 S(h_k) \Delta h}{\Delta T_g} + \frac{n_2 S(h_k) (h_k - h_T)}{\Delta T_g} \quad (3)$$

ここに、 h_k ：時刻 k の水位、 h_T ：目標水位である。また、 n_1 、 n_2 は貯水池の特性を表す係数である。

3. 現地実証試験の実施とその結果 ゲート開度、貯水位を逐一入力すると、ダム操作規程と上記の計算方法を基本にして目標ゲート開度を算出・表示するプログラムをノートパソコン上に作成し、読書ダムにて現地実証試験を実施した。洪水吐ゲートの操作時に、ダム操作卓の表示情報を目視により確認し、キーボードより開度・水位を逐一入力した。そして、操作規程の範囲内において算出される目標開度に従って実際に操作を試した。

図-3に、現地実証試験の結果の例を示す。現地実

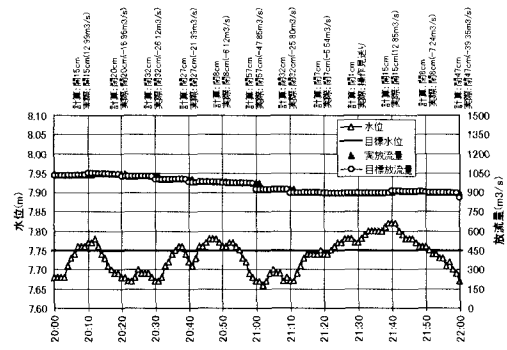


図-3 現地実証試験の結果例

証試験の結果から、以下のような結論が得られた。

- ① 上記の操作量算出方法を基本に考えることにより、貯水位を、目標水位を中心とした上下一定の範囲内にコントロールすることが可能であると考えられる。ただし、水位の変動状況により操作量の算出式(3)に含まれる補正係数 n_1 と n_2 を見直す必要がある。
- ② 洪水波やセイシュによる水位の振れの影響を受けた操作により、あるいは、流入量の変化に操作が対応しきれず、水位が目標水位から外れる場合、操作時間間隔（今回の場合は10分に固定している）に囚われず、適宜操作が実施できるよう操作量を算出する必要がある。
- ③ 流量の勾配が急変するところ（立上がり時など）では、操作が遅れる傾向が顕著に現れた。これは、水位のみから操作量を決定していることに起因するものと推察され、上記の方法だけでは限界があることを意味すると考えられる。この欠陥を克服するために、流入量予測手法や知識システム、あるいは人間による判断も取り入れられるよう工夫し、より高度な支援システムを構築する必要がある。

4. 終わりに 以上、水位変動に着目してゲートを自動制御する方法を検討し、現地実証試験の結果から、定水位自動制御の可能性を示した。

今後は、現地実証試験を重ねながら、適正な操作量の算出法を見出すとともに、別途に検討しているAIを適用したゲート支援システムと有機に結合して、実際に適用できるゲート操作支援技術の確立を目指して検討を進めていく予定である。