

ダム貯水池操作高度化のための流入量推定精度向上方法の検討
 Study on Improvement of Inflow Estimation Accuracy
 for Advanced Dam Reservoir Operation

○森岡 浩然・堀 智晴・野原 大督

○Hironari Morioka, Tomoharu HORI, Daisuke Nohara

In actual reservoir operation, inflow discharge to the reservoir is estimated based on the change of storage water level. This often brings the problem that the estimated values vibrates along the time and them makes difficult for operators to keep water storage constant, which may lead to the loss of flood control capacity. In this research, we devised a least squares method based on a quadratic function that is effective for this vibrates. The vibrates was suppressed compared with the conventional method from the trial calculation result of the inflow amount(Fig-1).

1. はじめに

ダム貯水池への流入量の推定は、ダムの操作をする上で最も重要な指標である。流入量は、ダム管理用制御処理設備（以下、ダムコン）により算出され、「貯水位変化毎に求める方法」（以下、a方式）などがある。この方式は、式(1)に示されるように貯水位の変化(cm)に基づいて流入量を算定するもので、流入量を直接計測しているわけではない。

$$Q_i(t) = \frac{V(t) - V(t-T)}{T \times 60} + \frac{\sum_{i=0}^{T-1} Q_o(t-i)}{T} \quad (1)$$

$V(t)$: 現流入量算出時(時刻 t)の貯水位から算出した総貯水量 (m^3)、 $V(t-T)$: 流入量算出時(T 分前)の貯水位から算出した総貯水量 (m^3)

$Q_o(t-i)$: 現流入量算出時から i 分前の全放流量 (m^3/s) T : 貯水位変化に要した時間 (分)

これは、河川からの流入の他に貯水池周辺からの湧水、大気からの降雨もダムへの流入量として計算されるために、完全な流入量の把握は不可能なためである。貯水位の変化により流入量を算定しているため、流入量が増加する時はかならず水位変化が伴う。このため、洪水初期の流入量の増加傾向の時は、流入量の増加毎に貯水位が増加してしまう問題がある。

このような問題を改善する方法としては、式(2)に示されるように最小2乗方式(以下 b方式)による流入量の算定が提案されている。

$$Q_i(t) = A + B \times \left(t + \frac{T}{2}\right) \quad (2)$$

$$A = \frac{1}{N} \times \left(\sum_{i=0}^{N-1} Q_{iv}(t-i) - B \times \sum_{i=0}^{N-1} (t-i) \right)$$

$$B = \frac{N \times \sum_{i=0}^{N-1} \{ (t-i) \times Q_{iv}(t-i) \} - \left(\sum_{i=0}^{N-1} (t-i) \right) \times \left(\sum_{i=0}^{N-1} Q_{iv}(t-i) \right)}{N \times \sum_{i=0}^{N-1} (t-i)^2 - \left(\sum_{i=0}^{N-1} (t-i) \right)^2}$$

$$Q_{iv}(t) = \frac{V(t) - V(t-T)}{T \times 60} + \frac{\sum_{i=0}^{N-1} Q_o(t-i)}{T}$$

A, B : 最小二乗法係数、 T : 仮想流入量算出時間間隔 (分)、 N : サンプル数 (10~60)、 $Q_{iv}(t)$: t 時の仮想流入量 (m^3/s)、 $Q_{iv}(t-i)$: i 分前の仮想流入量 (m^3/s)、 $Q_o(t-i)$: i 分前の全放流量 (m^3/s)、 $V(t)$: t 時の貯水位に対する総貯水量 (m^3)、 $V(t-T)$: 仮想流入量算出時 (T 分前貯水位)の総貯水量 (m^3) a方式では、仮想流入量 $Q_{iv}(t)$ を現時刻の流入量 $Q_i(t)$ としているが、この際に算出に用いている T は移動平均で算出しているため、 $T/2$ 分時間遅れが生じる。b方式では、この遅れを解消するため $T/2$ 外挿することにより補正し流入量 $Q_i(t)$ としている。

しかしながら、この方法は、特に流入量の変動が激しい洪水初期において算定した流入量の波形が大きくハンチングを起しやすという問題がある(Fig-1)。

ダム管理の実務上においても流入量の曲線がハンチングしていることは、放流を増加させていくときの妨げるなっており、流入量曲線は可能な限りスムーズに増加するのが好ましい。

そこで本研究では、このハンチングの低減することができる2次関数による最小2乗法推定式を考案した。本稿では、この推定式より求めた結果を示し2次関数推定式の優位性について示すものである。

2. 検討方法

本研究のため考案した2次関数最小2乗法(c方式)を以下に式(3)として示す。本検討式は、貯水池への流入量が1次関数よりも2次関数的な上昇曲線を描いていると推定し考案した。

$$Q_{it} = A + B\left(t + \frac{T}{2}\right) + C\left(t + \frac{T}{2}\right)^2 \quad (3)$$

$$Q_{iv}(t) = \frac{V(t) - V(t-T)}{T \times 60} + \frac{\sum_{i=0}^{N-1} Q_{i0}(t-i)}{T}$$

A, B, C : 最小二乗法係数、 T : 仮想流入量算出時間間隔(分)、 N : サンプル数(10~60)、 $Q_{iv}(t)$: t 時の仮想流入量(m^3/s)、 $Q_{iv}(t-i)$: i 分前の仮想流入量(m^3/s)、 $Q_{i0}(t-i)$: i 分前の全放流量(m^3/s)、 $V(t)$: t 時の貯水位に対する総貯水量(m^3)、 $V(t-T)$: 仮想流入量算出時(T 分前貯水位)の総貯水量(m^3)

$A = \frac{-\sum(t-i)^2 \sum(t-i)^2 Q_{iv}(t-i) + \sum(t-i) \sum(t-i)^3 \sum(t-i)^2 Q_{iv}(t-i) - \sum(t-i) \sum(t-i)^4 \sum(t-i) Q_{iv}(t-i) + \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^5 \sum(t-i) Q_{iv}(t-i) - (\sum(t-i)^2)^2 \sum Q_{iv}(t-i) + \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^4 \sum Q_{iv}(t-i)}{2 \sum(t-i) \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^3 + N \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^4 - (\sum(t-i))^2 \sum(t-i)^4 - N (\sum(t-i)^3)^2 - (\sum(t-i)^2)^3}$
$B = \frac{\sum(t-i) \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^2 Q_{iv}(t-i) - N \sum(t-i)^3 \sum(t-i)^2 Q_{iv}(t-i) + N \sum(t-i)^4 \sum(t-i) Q_{iv}(t-i) - (\sum(t-i)^2)^2 \sum(t-i) Q_{iv}(t-i) + \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^3 \sum Q_{iv}(t-i) - \sum(t-i) \sum(t-i)^4 \sum Q_{iv}(t-i)}{2 \sum(t-i) \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^3 + N \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^4 - (\sum(t-i))^2 \sum(t-i)^4 - N (\sum(t-i)^3)^2 - (\sum(t-i)^2)^3}$
$C = \frac{N \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^2 Q_{iv}(t-i) - (\sum(t-i))^2 \sum(t-i)^2 Q_{iv}(t-i) + \sum(t-i) \sum(t-i)^3 \sum(t-i) Q_{iv}(t-i) - N \sum(t-i)^3 \sum(t-i) Q_{iv}(t-i) + \sum(t-i) \sum(t-i)^3 \sum Q_{iv}(t-i) - (\sum(t-i)^2)^2 \sum Q_{iv}(t-i)}{2 \sum(t-i) \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^3 + N \sum(t-i)^2 \sum(t-i)^4 - (\sum(t-i))^2 \sum(t-i)^4 - N (\sum(t-i)^3)^2 - (\sum(t-i)^2)^3}$

3. 考察

Fig-1にa~c方式の結果について示す。流入量の増加に伴い7/1715:00付近では、b方式の流入量の振れ幅約40m³/s程度になっていることが分かる。このような状況では、遅れ時間を考慮し外挿補正していたとしても、放流の決定の根拠として使用することは困難である。一方a方式については、本来遅れ時間が生じるという根本的な問題がある。c方式については、b方式と比較する振れ幅明らかに低下していることが分かり、a、bと比較し優れた結果を示していることが分かる。

れた流入量を比較し定量的に優れていることを示す必要がある。また、仮想流入量時間間隔 T 、サンプル数 N を変更することもハンチングの抑制に効果的であるのでその点からも検討を進めていくこととする。

5. 参考文献

- 1)国土交通省:ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書・同解説,平成28年8月
- 2)薬師寺公文,野村孝芳,津田守正:ダム貯水池流量計算式におけるパラメータ設定に関する一考察,ダム技術 No194 pp35-45,2002

4. 今後の方向性

今後は、実際の洪水結果と本検討により推定さ

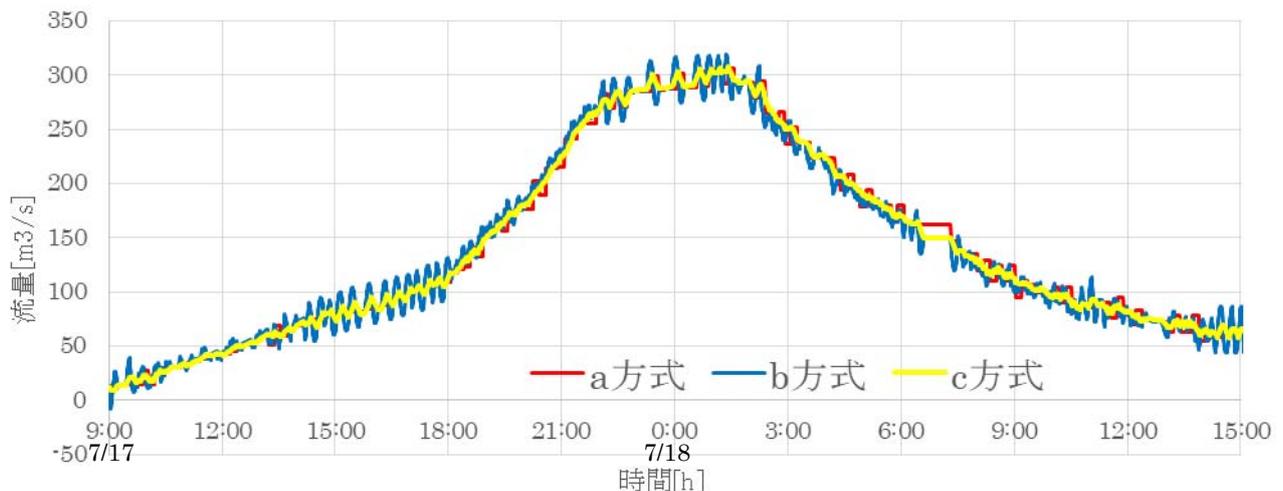


Fig-1 2015年7月洪水に基づく試算結果