

実験水路を用いたセルフチューニングコントローラーによる 開水路ゲートの実時間制御について

九州大学工学部 学生員 ○押川 光宏

九州大学工学部 正 員 河村 明

九州大学工学部 正 員 神野 健二

1. はじめに

著者らは、河口堰ゲート制御問題に対してセルフチューニングコントローラー(以下STCと記す)の適用を試みている¹⁾。前報²⁾ではSTCを実験水路に適用したが水路の水理特性については検討しておらず、また、開水路ゲートにおける流出を自由流出としていた。本報ではまず、実験水路の水理特性を検討した後、STCを適用し、その有用性及びその特性について検討を行った。

2. 河口堰ゲート制御に対するSTCの定式化

河口堰の貯水池水位 y (cm)とゲート総放流量 Q (cm^3/s)の関係が次式で表されたとする。 $y(k+1)=h_0 y(k)+b_0 Q(k)+c_0 I(k)+d_0 L(k)+v(k+1) \cdots (1)$ ここに、 k : 時点 I : 貯水池への流入量(cm^3/s) L : 貯水池からの取水量(cm^3/s) $v(k+1)$: 平均値0分散 σ_v^2 の正規性雑音 h_0, b_0, c_0, d_0 : 未知のシステムパラメータ。

STCでは制御の目標となるコスト関数 $J(k)$ を次式で定義する。 $J(k)=E\{[y(k+1)-y^*(k+1)]^2+\lambda'[Q(k)-Q(k-1)]^2\} \cdots (2)$ ここに、 $E\{\cdot\}$: 期待値演算 y^* : 目標水位 λ' : 操作変化量に対する重み定数。

ここで式(2)を最小にするような最適放流量 $Q(k)$ を求めると次式となる。 $Q(k)=-[h_0 y(k)+b_1 Q(k-1)+c_0 I(k)+d_0 L(k)-y^*(k+1)]/b_0 \cdots (3)$

ただし $b_1=-\lambda, b_0=b_0'+\lambda, \lambda=\lambda'/b_0' \cdots (4)$

ここで、式(3)の最適放流量 $Q(k)$ には未知パラメータ h_0, b_0, b_1, c_0, d_0 が含まれるため、これらをカルマンフィルターを用いて各時点毎に同定しながら、式(3)を計算することにより最適放流量が求まる。

3. 実験水路の開水路ゲートに対する適用

図-1に、今回使用した実験装置と実験のシステム構成を示す。本実験では式(1)の取水量 $L(k)$ は無視した。図-2に、水路上流側に設けられた刃形堰における越流水深と開水路を流れる流量の関係を示す。図-3に、流量を制御するバルブの開度(バタフライ弁)と越流水深の関係を示す。また、図-4に、ゲート上下流の水深差をゲート開度で割った値と縮

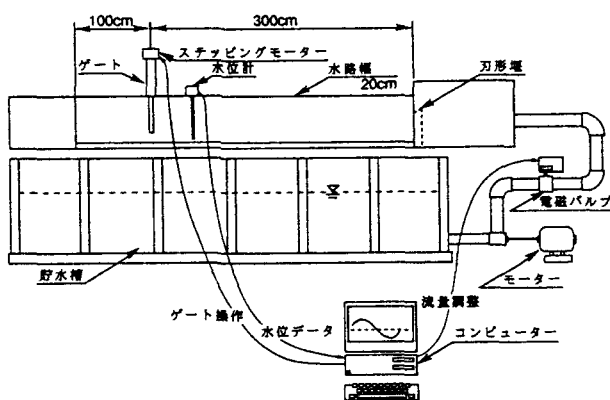


図-1 開水路実験装置とシステム構成

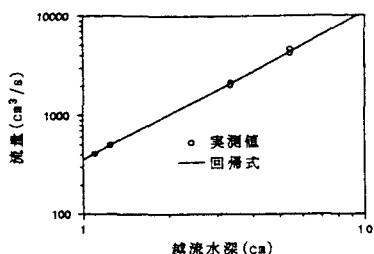


図-2 越流水深と流量の関係

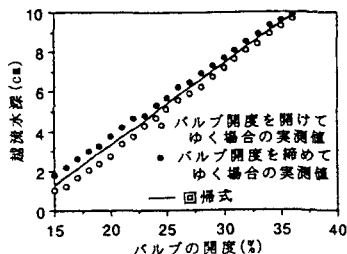


図-3 バルブ開度と越流水深の関係

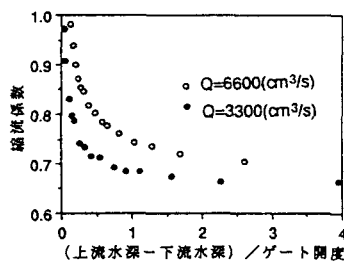


図-4 もぐり流出における縮流係数

流係数の関係を示す。さて、実験に用いた流入量データ(図-5の実線)は、1985年6月23日1時より同年6月29日23時30分までの遠賀川河口堰で得られた実測データを30分間隔で334個抜き取り、これを開水路に流せる範囲で適当に縮尺し、1ステップを5秒として実験を行った。図-5の波線に、STCによる、式(3)の最適放流量の変化を、図-6に目標水位と実測水位の変化を図示する。また、図-7には、カルマンフィルター理論により同定されたパラメータの様子を示している。

4. 考察

図-2より、越流水深と流量が1対1の関係にあるのに対し、図-3では、バルブ開度と越流水深の関係にヒステリシスが認められる。なお、バルブ開度はパソコンにより出力される電圧により制御される。また、図-4のように縮流係数は流量により変化するが、流量が約2000 (cm^3/s) 以下になるとこの図には載せていないが縮流係数の値はかなりばらつくようになる。次に、図-5の実線の流入量と本実験での真の流入量との間には若干のズレが生じている。これは、前述のようにヒステリシスが存在するためデータと同じ流入量を流すための電磁バルブ開度を確定することが困難であるためである。また、図-6の実測水位は目標水位によく追従しているが、図-5波線の放流量曲線は流入量曲線とは少しズレている。これは上述のように実験の真の流入量は図-5の実線とは若干ズレていること以外に、式(3)で求められた放流量をゲート開度に換算する場合に縮流係数の値が不明確のため誤差が生じるためである。もし式(3)で求められる放流量を正確に放流できれば、図-5の波線はかなり実線に近づくと思われる。本実験では、式(2)の $\lambda' = 1 \times 10^{-6}$ としたが、これを $\lambda' = 0$ とすれば式(2)のコスト関数に放流量の変化が考慮されなくなるので観測水位と目標水位とのズレは余り見られなくなる。しかし、放流量はかなり小刻みに変動するようになる。図-7より、パラメータ h_a , b_a , b_1 はほぼ一定値となっているが流入量に掛かるパラメータ c_a は洪水のピーク時に変化している。これは前述の流入量を制御するバルブのヒステリシスに起因しているものと思われる。

5. むすび

本実験により、開水路ゲートのSTCによる制御はもぐり流出においても有効に適用でき、より実用的になったと言える。今後、流入量の正確な制御と求めた最適放流量を的確に流出させるため、縮流係数も同時に同定するよう定式化し、より精度よくより現実的に制御してゆくつもりである。

参考文献 1) 河村 明・神野健二・上田年比古・Reynold R. Medina: Real-Time Control of Estuarial Gate by the Self-Tuning Controller During Flood Periods, Proc. of Pacific International Seminar on Water Resources Systems, Tomamu Japan, pp. 195~209, August 1989. 2) 河村 明・神野健二・上田年比古: セルフチューニングコントローラーによる河口堰ゲートの最適制御について、土木学会第44回年次学術講演会講演概要集, pp. 170~171, 平成元年10月。

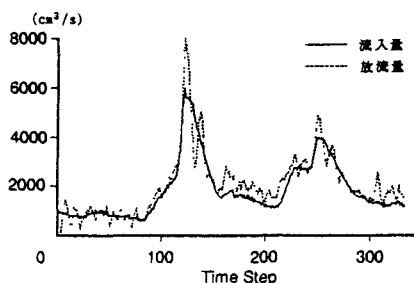


図-5 流入量と放流量の変化

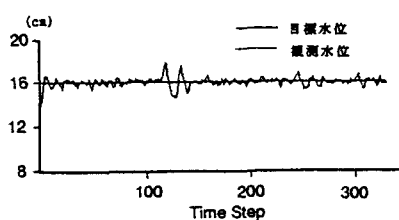


図-6 水位の変化

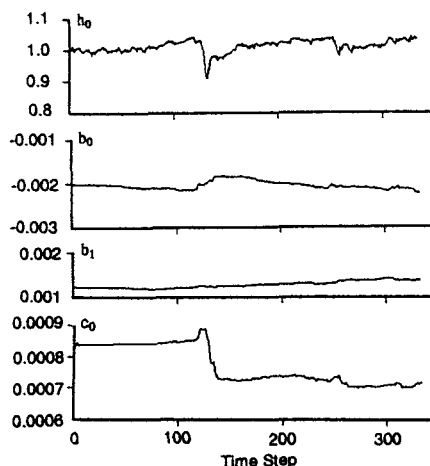


図-7 パラメータの同定結果