

II-124

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実験

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¹⁾(以下STCと記す)の適用を試みており、前報²⁾では実験水路の水利特性を明かにしたのち、開水路ゲートにおける流出をもぐり流出とした上でSTCを適用し、その有用性および特性を検討した。また、本研究ではさらに、前回の実験装置に新たに水位計を設けて開水路へ流入する流量を実測し、また水位計を開水路ゲート下流側にも設置して、種々の目標水位を想定してSTCを適用し、その有効性および特性について検討を行っている。

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。

$$y(k+1) = ha_y(k) + ba'Q(k) + caI(k) + daL(k) + v(k+1) \quad \cdots (1)$$

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^2 の正規性雑音 ha, ba', ca, da : 未知のシステムパラメーター

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。

$J(k) = E\{[y(k+1) - y^*(k+1)]^2 + \lambda'[Q(k) - Q(k-1)]^2\} \quad \cdots (2)$ 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。

$$Q(k) = -[ha_y(k) + b_1Q(k-1) + caI(k) + daL(k) - y^*(k+1)]/ba \quad \cdots (3)$$

$$\text{ただし } b_1 = -\lambda, \quad ba = ba' + \lambda, \quad \lambda = \lambda'/ba' \quad \cdots (4)$$

さて、式(3)の最適放流量 $Q(k)$ には未知パラメーター ha, ba, b_1, ca, da 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 $L(k)$ は無視した。実験は、①パソコンにより電磁バルブを制御して流入量データに基づく流量を開水路に流し、②次いで、開水路ゲートのそれぞれ上下流側に設置した2つの水位計から同時に水位データをパソコンで読み込んだのち、③STCにより式(3)の未知システムパラメーターを同定しつつ最適放流量を計算し、これを放流するような開水路ゲートの操作を行う。以上の①～③の操作を1ステップとして、ここでは333ステップ(流入量データの数)の実験を行った。実験に用いた流入量データは、遠賀川河口堰で得られた実測データを本実験開水路に流せる範囲で適当に縮尺した。なお、バルブ開度と流量との間にヒステリシスがあるため、与えられた流入量データ通りに正確に電磁バルブを制御することは困難であった²⁾。このため本実験では一連のバルブ開度操作に対する刃形堰の越流水深を水位計により測定し、これより式(1)の流入量データ(図-2の実線に示す)を求めた。さて、1ステップを5秒とし、式(2)の λ' に 1×10^{-6} (s^2/cm^4)、さらに、目標水位 y^* を図-3に

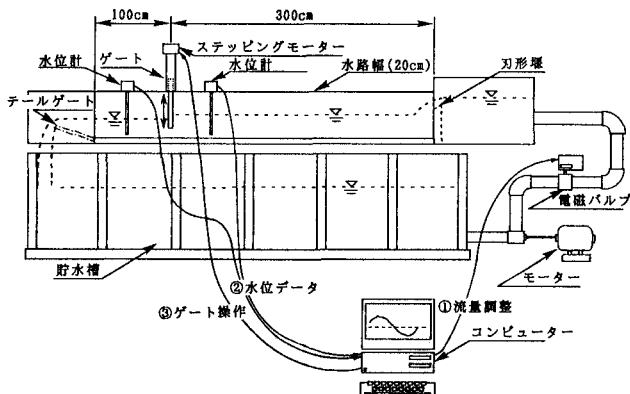


図-1 実験装置と実験のシステム構成

示すようにサインカーブに設定して実験を行った。図-2の波線にSTCによる式(3)の最適放流量を、図-3にSTCにより自動制御された水位変化を、また、図-4にはカルマンフィルター理論によるパラメーターの同定過程を示している。図-5には、式(2)の重み定数を $\lambda'=0(\text{s}^2/\text{cm}^4)$ とした場合の結果を、また図-6には目標水位 y^* を階段状に変えた場合の結果を示している。

4. 考察

図-2のSTCによる最適放流量は流入量パターンとほぼ同じパターン形状をしているものの、ばらついている。この一因としては式(3)で求められる最適放流量をゲート開度に操作する場合に流量係数の値の不明確さから誤差が生じるためであろう。もし式(3)で求められる放流量を正確に放流できれば図-2の放流量はかなりなめらかになるものと思われる。図-3を見ると、STCにより自動制御された実測の水位は、目標水位によく追従していると言える。また、図-4のカルマンフィルターにより同定されたパラメーター h_0, b_0, b_1, c_0 の値はほぼ一定となっており、これらの値は水理学的にも妥当な値となっている。次に、 λ' の値を0(s^2/cm^4)とした場合、図-5に示すように観測水位と目標水位とのズレはあまり見られなくなる。しかし、放流量はかなり小刻みに変動していた。これは、コスト関数式(2)に含まれる λ' に0を与えることによって放流量の変化量が無視されるため、STCで目標水位と観測水位とのズレを最小にすることだけを制御の目的とする結果生じるものである。さらに、同様水位を図-6のように階段状に急激に変化させた場合でも、STCによる目標水位からのズレは図-3の場合とほぼ同様である。これより、目標水位のパターンが変化してもSTCによる開水路ゲートの制御には影響しないことがわかった。

5. むすび

本実験を行った結果、もぐり流出における開水路ゲートのSTCによる制御は、目標水位のパターンの変化に関わらずに有効に適用できることがわかった。今後は、ゲートからの放流量が少量であっても的確に放流できるように、流量係数も同時に同定化するよう定式化し、より精度よく制御してゆくつもりである。最後に、本研究を行うあたり、(株)建設技術研究所に御援助、御協力を頂いた。ここに記して深謝を申し上げます。

6. 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) 押川 光宏・河村 明・神野健二 : 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河口堰の最適制御について、平成2年土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp. 310~311, 平成2年1月

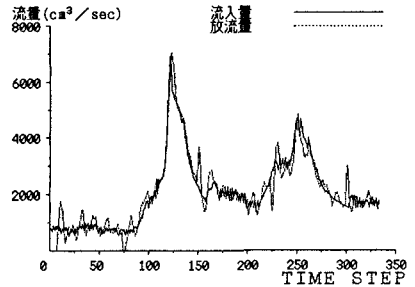


図-2 流入量と放流量

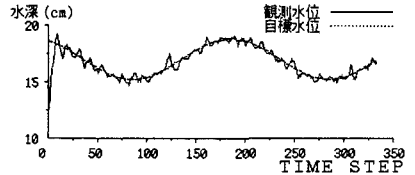


図-3 目標水位と観測水位

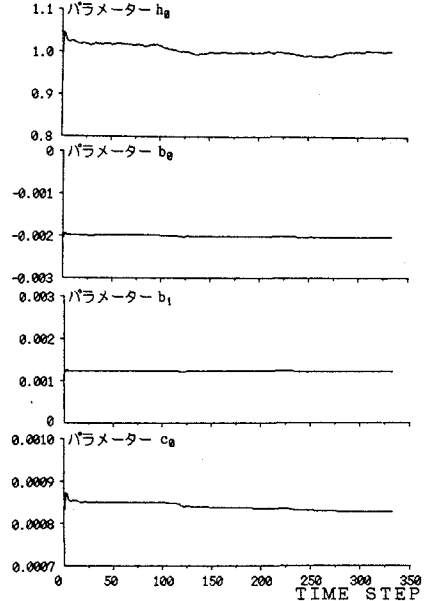


図-4 パラメーターの同定過程

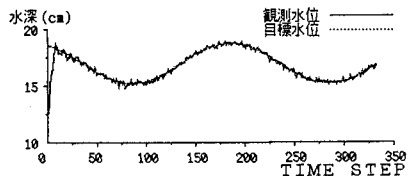


図-5 目標水位と観測水位

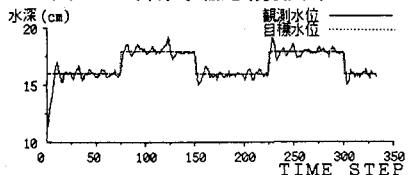


図-6 目標水位と観測水位