

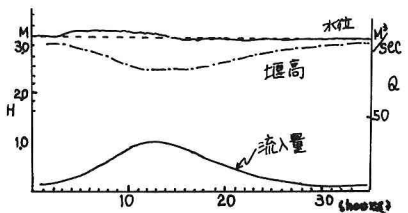
(株)ブリヂストン 正会員 奇 藤 秀 明
 東洋大学工学部 正会員 荻 原 国 宏
 (株)ブリヂストン 深 井 利 夫

1. はじめに

一般河川において、堰上流を一定の水位に保つことは、水の有効利用上(農業・工業用水・電力等)非常に重要なことであると共に、従来の堰のごとく倒伏時の急激な流量上昇が生じないことから安全でもある。このようなことから上流水位を一定に保つことの必要性は、今後ますます増えることが予想され、ゴム堰においても最近の大型化の傾向から、この例に漏れない。しかしながら空気膨張式ゴム堰においては、上下流水位の変化で堰高さも変化する。あるいは減圧していくとVノッチなる現象が生じること等から、水位制御には、不向きとされていた。そこで我々は、今後のニーズを踏まえこの難題に取り組み、シミュレーション計算等以下のステップに従って、この開発を実施した。

2. シミュレーション計算

この開発にあたって、初めにゴム堰の水理特性を考慮したシミュレーション計算(1)によって、理論的にゴム堰による水位制御が可能かどうか検討した。この結果通常の河川においては、デジタルPID制御によって充分対応できることが分かった。これは実際の上流水位 h_u と、目標水位 x との偏差を $e(k)$ としたとき、操作量 $Y(k)$ を以下の式によって導き出し、操作量に応じた時間だけ、空気流入もしくは流出のバルブを解放にする。実際には速度型 Δ を実施していることから(2)式に従って計算している。



$$Y(k) = K_p e(k) + K_i \sum_{m=0}^k e(m) + K_d \{e(k) - e(k-1)\} \quad (1)$$

$$\Delta Y(k) = K_p \{e(k) + e(k-1)\} + K_i e(k) + K_d \{e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)\} \quad (2)$$

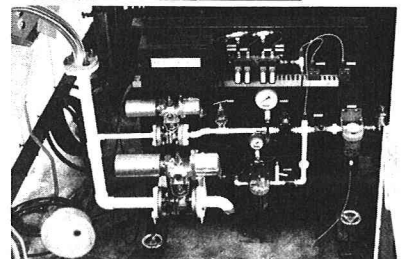
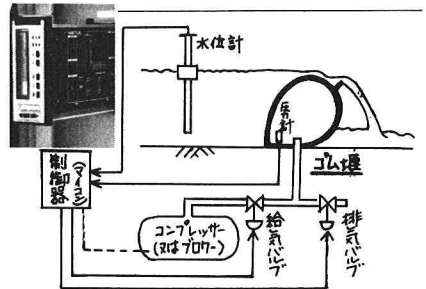
以上の方法において、堰高さ3.0m、川巾20.0m、河床勾配

1/1000の河川における洪水時の挙動を示したのが、右上のグラフである。これによると従来の洪水時、ある水位に達すると堰が倒伏してしまうことから、洪水後における水のムダ、あるいは、倒伏時の急激な放流量の増大などの問題があったが、これが解消できるようになることが分かる。

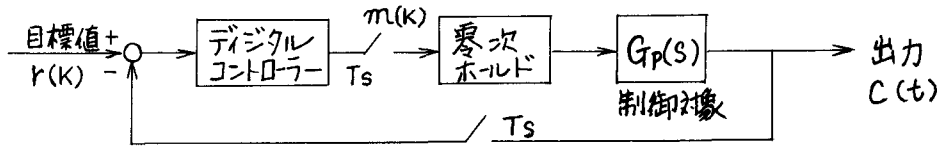
3. モデル実験による確認

(1)シミュレーション計算をもとにして、実際にモデル実験によってどの程度計算通り、上流水位がコントロールできるか検討してみた。実験水槽は、水路巾3.0m、水路長10.0mの回流水槽であり、これに巾3.0m、堰高さ0.6mのゴム堰を取り付けた。

(2)制御方法としては、次頁の図に示すシステムのもとに写真のような、ワンループコントローラと配管系によって堰高さを変えることによって、上流水位を常に一定に保とうとするものである。



要するに、水位を検出したアナログゲートを、フィルターにかけ、コントローラーによって、真値との偏差を導き、(2)式に示すようなPID演算を実施して、操作量に応じた吸入もしくは排気バルブを解放すると共に、相当する時間これをホールドする。この一定時間内(サンプリングタイム)の操作の繰り返しによって、堰高さが変化するために、ゴム堰自体の堰高さが未知であっても、またVノッチが生じて、堰上流の水位を一定に保つことができるという機構になっている。



デジタル制御システム

(3) このモデルによる実験結果は、右グラフに示した通りであり、通常の使用状態においては、計算とほぼ同様な結果が得られており、急激なステップ変化に対しても、速やかに対応し収束している。またVノッチ状態における実験結果は、Vノッチでの水理特性が通常使用時のそれと比べ、非線形である為に、通常状態で決定した、PID値では、やや整定時間が遅くなっている。しかしながら収束状態から判断して、実用上にはまったく問題がないと考えられ、全般的には満足のものであった。

またここでは具体的に述べないが、モデルによる多種の実験の結果、多河川における制御システムのバックアップ機構もた分検討し対応することができた。

4. 空気式ゴム堰による水位制御の特長

ここでシミュレーション計算、モデル実験の結果で分ったこの制御システムの特長を以下に述べる。

(1) この空気式ゴム堰の水理系は空気を流入していくと、堰高さが飽和状態になることから、積分型であり、空気を常に補充する必要はなく、またP制御のみでもオフセットが生じない。

(2) 機械の作動頻度は通常のプロセスコントローラと比べると、外乱自体の変化が比較的遅い為サンプリングタイムをかなり長くとれることから少なくて済む。(実験では20~60分程度となる。)

(3) 操作量をバルブの全開時間に置きかえている為に、バルブの開度をサーボ機構で調整することがなく経済的である。

5. おわりに

以上のようなメリットがあることとシミュレーション計算及びモデル実験にて、空気式ゴム堰による上流水位一定制御が可能であることが確認できたことから、今後は多河川における現場での実験を具体化することによって、ゴム堰による上流水位制御を現実のものとしていく。またこの開発を遂行する上において、水切りフィンの効果により、空気膨張式ゴム堰の振動をかなり小さくできたことも見逃せない。

参考文献 (1) 荻原国宏・斎藤秀明: 空気膨張式ゴム堰における水理特性のシミュレーション計算

第24回水理講演会論文集、1983年2月

(2) 成田成之助著、デジタルシステム制御

