

Ⅱ — 24 洪水調節操作の自動化 (第2報)

京都大学防災研究所 正会員 ○ 石原安雄
京都大学大学院 “ 佐藤 寛

洪水の調節操作は主としてダムゲートによつて行なわれることはいうまでもない。また、その調節は一定の規則によつて行なわれるのが普通である。しかし、洪水時のハイドログラフは降雨条件によつてかなり変化し、また下流部の残流域からの流出も無視することができない。したがつて、洪水調節用貯水池によつて洪水を調節しようとする場合、現行のような、たとえば一定率調節が常に最適な洪水調節となるとはいひにくく、降雨の状況によつて調節方法を変え、調節の最適化を図ることがとくに肝要である。

1. ゲートの自動操作方式 ゲートを自動的に操作する場合、位置調節とプロセス調節の二つがある。前者は現在多くのダムによつて行なわれているように貯水池への洪水の流入量を知つたのち予め定められた調節規則によつて放流量を算定し、その流量を放流するようにゲートの開度を自動的に変えるものをいい、2, 3のダムにおいて実施されている。しかしこの方式はただ単に午動を自動に変えるだけであつて、放流流量の確実な検出、および河川水系の最適な洪水調節、換言すれば洪水調節のオートメーションという面への発展性が少ない。(図-1a) これに反して、ダムから放流された流れを下流部で検出し、それと貯水池への流入量とを比較しながら調節を行なう後者の方式は、水系を一貫とした洪水調節のオートメーション化にたいして非常に有効なものとなる。(図-1b) このような意味で、プロセスコントロールという面からの検討を行なつたわけである。

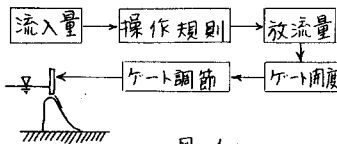


図-1a

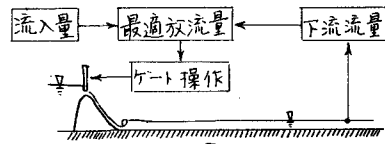


図-2b

2. プロセスの水利特性 プロセスの水利特性のうち、ゲートを開閉し放流量を変化させた場合に、下流の流量検出点においてどのような流況になるかといういわゆる動特性が問題となる。この場合、流量検出の方法によつて動特性が変化する。すなわち、流量検出をせきによつて行なう場合にはプロセスは背水領域となり、動特性はむだ時間を含む容量型のおくれ系で近似できる。したがつて、この場合の伝達関数 $G_1(s)$ は、ゲート駆動、放流・開度関係を示す係数を $k_1 k_2$ とすると、

$$G_1(s) = k_1 k_2 \cdot e^{-T_d s} / (1 + T_m s) \quad (1)$$

である。ここに、 T_d はむだ時間、 T_m は時定数、 s はラプラスオペレーターである。

つぎに、下流地帯における水位流量曲線を利用するような場合には単純なおくれ系で近似することができ、伝達関数 $G_2(s)$ はつぎのようになる。

$$G_2(s) = k_1 k_2 \cdot e^{-T_d s} \quad (2)$$

しかし、この場合にも変形を考慮すると、(1)式と同じ式で表わされるので、結局プロセスの伝達関数として(1)式を採用してよいことになる。

3. 連続制御による場合. 伝達関数が(1)式で表わされる場合にはいわゆるPI制御によって良好な制御が期待される。この場合の一巡伝達関数は

$$G(s) = \frac{k_1 k_2 K e^{-T_d s}}{(1+T_1 s)(1+T_m s)} \quad T_1: \text{積分時定数} \quad \dots (3)$$

これを、Nyquistの図によって安定性を調べた1例が図-2に示されている。一般に、むだ時間のない容量型の一次おくれ系に対しては、PI制御によって良好な制御が可能になるといわれているが、いまの場合には、かなり大きなむだ時間を含み、かつ k_2 が大きく変化するので、良好な制御を期待することが困難であることがわかった。

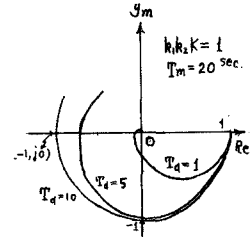


図-2

4. サンプル値制御による場合. 一般にむだ時間のある系の制御特性を改善するための有力な方法として、サンプル値制御装置を導入することである。いまの場合、制御対象は(1)式で表わされるから、制御系は図-3のようになる。いま、制御装置がない場合の特性をみると、

図-3において $G_c(s)$ を除外して考えればよいから、伝達関数を z -変換で示すと

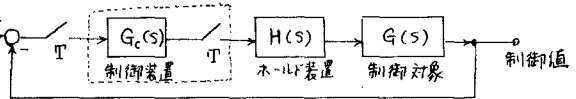


図-3

$$G(z) = k_1 k_2 (1-z^{-1}) \left(\frac{1}{z-1} - \frac{\alpha \beta}{z-\alpha} \right), \quad \alpha = e^{-T/T_m}, \quad \beta = e^{T_d/T_m} \quad \dots (4)$$

上式において、 T はサンプリング周期である。安定性を検討すると、 $k_1 k_2$ のかなり大きな範囲まで安定であることがわかるが、つねに $1/(1+k_1 k_2)$ だけの定常偏差を伴うことになる。したがって、適当な制御装置 $G_c(s)$ を制御ループの中に挿入して制御特性を改善することが必要である。たとえばstep状入力にたいして定常偏差をなくすためには、 $G_c(z) = \frac{z-a}{z+b}$ を挿入してやればよい。

$G_c(z)$ は一般に

$$G_c(z) = (a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_m z^{-m}) / (b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_l z^{-l}), \quad b_0 \neq 0 \quad \dots (5)$$

で表わされる。洪水調節の場合どのような $G_c(z)$ を採用すべきかは、流入洪水、ダムにおける放流条件、流量検出点までの残流域からの出水特性などによって変化するので、今後研究すべき問題点が多くなる。しかし、流入洪水や残流域からの出水の計算、最大の洪水調節効果をもたらすような調節方法の決定などにも使用できるという意味からしても、 $G_c(z)$ を放流量によって変化させなければならぬと考えられるので、その具現のためにデジタル計算機を制御ループ中に組み入れて制御装置として用いることが望ましいように思われる。