第Ⅱ部門　　　　　**流量が急変する用水路のゲート操作の一例**

立命館大学大学院　学生員　○阿部　京　　立命館大学理工学部　正会員　中川　博次
立命館大学理工学部　正会員　金　海生　　立命館大学理工学部　正会員　江頭　進治
丸誠重工業株式会社　宮崎　政信

1. はじめに

規模の小さい湖沼や河川を水源とする用水路においては、取り入れ口の水位変動のために、供給流量が急変することが多く、安定した用水路の運用に支障をきたすことが多い。本研究においては、どんな供給流量に対しても水位変動が、ある限られた狭い範囲に制限されているような開水路を対象として、流量が急変する場合のゲート操作方法について、一次元流れの支配方程式に基づいて検討する。

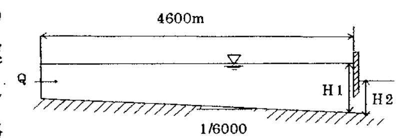

図１　用水路の略図

表１　ゲート操作１の計算条件

case No	初期流量 (m^3/s)	流量増減 (m^3/s)	開閉速度 (m/min)	
case Ⅰ	15.0	+4.5	0.27	0.25
case Ⅱ	15.0	−4.5	0.27	0.25

表２　ゲート操作２の計算条件

case No	初期流量 (m^3/s)	流量増減 (m^3/s)	開閉速度 (m/min)	
case1	7.0	+4.5	0.27	0.25
case2	15.0	+4.5	0.27	0.25
case3	25.5	+4.5	0.30	0.25
case4	11.5	−4.5	0.24	0.25
case5	15.0	−4.5	0.27	0.25
case6	30.0	−4.5	0.30	0.25

2. 一次元水面変動モデル

水の連続式および運動方程式は、それぞれ次のようである。

・流れの連続式
$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=0 \qquad (1)$$

・運動方程式
$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)+gA\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{Q|Q|}{K^2}\right)=0 \qquad (2)$$

ここに、A:流積, Q:流量, g:重力加速度, ζ:水位, R:径深, K:flow rate 係数である。ゲートからの流出流量は、次式で与えられる。

$$Q=B_g a\left(C\sqrt{2g\left(H_1-H_2\right)}+\frac{Q}{BH_1}\right) \qquad (3)$$

ここに、a:ゲート開度, H_1:ゲート上流側水深, H_2:ゲート下流側水深, B_g:ゲート幅, B:水路幅, C:流量係数である。

境界条件として、水路上流端において流量を与え、ゲート地点において式(3)を設定する。ただし、ゲート下流水深H_2はゲート流出流量に対応する等流水深である。数値計算にはPreissmann implicit schemeを用いる。

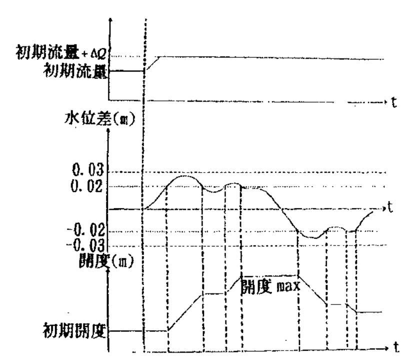

図２　ゲート操作１の模式図

3. ゲート操作条件

対象とする用水路は、愛知用水の一部である。図１に示すように、水路長4600m, 幅9.5m, 路床勾配1/6000, マニングの粗度係数0.015, 区間の下流端にはチェックゲートが設置されている。供給流量Q, ゲート前面水位H_1, およびゲート開閉速度V_Gの条件は次のようである。

$Q=Q_0+\Delta Q<30\mathrm{m^3/s}$（$Q_0=7\sim30\mathrm{m^3/s}$, $\Delta Q=4.5\mathrm{m^3/s}$）

$H_1=H_0\pm\Delta H_C$（$H_0=2.8\mathrm{m}$, $\Delta H_C=3\mathrm{cm}$, 不感帯±2cm）

$V_G=0.03\sim0.3\mathrm{m/min}$　ここに, Q_0は変化前の流量, ΔQは流量の増減量, H_0は基準水位, ΔH_Cは水位変化の許容値であり、$|\Delta H|$が2cmを越えるときゲート操作を行う。

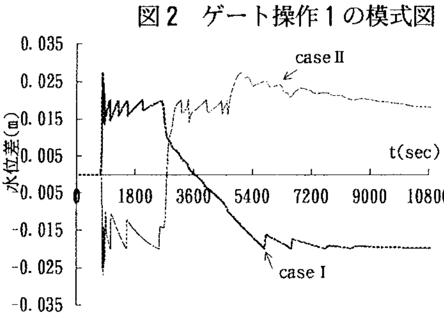

図3.a　水位(操作1)

ゲート操作法として２種類を考え、それぞれ操作１および操作

Takashi ABE, Hiroji NAKAGAWA, Hai-sheng JIN, Shinji EGASHIRA, Masanobu MIYAZAKI

2 とする。操作 1 は、図 2 に示すような方法である。操作 2 は、ゲート開度を 2 段階に操作する方法で、$a_0 \to a_{max} \to a_\infty$ あるいは、$a_0 \to a_{min} \to a_\infty$ のように操作する。ここに、a_0 は初期開度, a_∞ は定常流量 $Q_0 + \Delta Q$ に対応するゲート開度, a_{max} は流量が急増するとき、操作 1 において現れるゲート開度の最大値で、a_{min} は流量急減時のゲート開度の最小値である。

以上の二つのゲート操作法のもとに、それぞれ表 1 および 2 に示す条件で計算を行う。なお、いずれの方法においても、$|\Delta H|$ を所定の範囲に保ち、操作時間を最小にするためには、水位変動に対するゲート開閉速度の影響についての検討が必要であるが、ここでは $|\Delta H_C|$ を越えないような開閉速度を採用している。

4. 計算結果と考察

図 3 は、表 1 の条件について流量の急変に対して操作 1 を行ったときのゲート前面水位とゲート開度に関する計算結果を示したものである。流量が急増する case1 においても急減する case2 においても、操作開始直後からの水位変動が激しく起こり、それに対応してゲートの開閉操作が断続的に行われていることが分かる。水位は、約 2 時間のゲート操作のあとに安定する。

図 4 は、表 2 の case1～case3、すなわち流量が急増するケースに関する計算例である。この場合 $\Delta Q / Q_0$ が大きいほど、あるいは Q_0 が小さいほど、第 1 回目の操作直後の水位変動は大きくなるが、操作時間は短くなる。また、操作 1 のものよりも短時間に水位が安定している。なお、初期流量の大きい case3 においては、$a_{max} < a_\infty$ の条件になっており、この場合には、ゲート開度を a_0 から開閉速度 0.3m/min で a_∞ に直接設定している。

図 5 は、表 2 の流量が急減するケースについての計算結果である。これらのケースにおいても、$|\Delta Q / Q_0|$ が大きいほど、第 1 回目の操作直後の水位変動は大きくなるが、操作時間は短くなっている。

図 4, 5 にみられる水位の周期的な変動は、ゲート操作時に発生する波動の影響である。

5. おわりに

故障等による溢水、ゲートの摩耗や疲労の問題など、維持・管理の面からは、ゲート操作をなるべく少なくし、しかも操作時間を短縮できるような操作法を確立することが重要である。図 4 の case3 の結果にみられるように、種々の流量に対して、より合理的な a_{max} を捜すことによって、より単純な操作で操作時間を短縮できるものと思われる。今後、この点について検討していきたい。

参考文献

1)Cunge, J. A., Holly, F. M. and Verwey, A. : Practical Aspects of Computational River Hydraulics, Pitman press, London, U.K., 1980

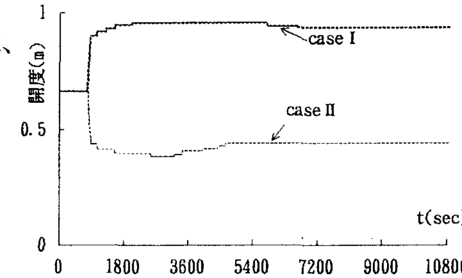

図 3. b　ゲート開度(操作 1)

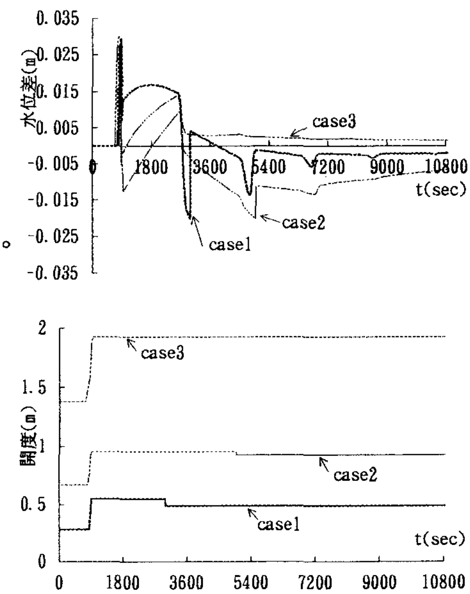

図 4　水位とゲート開度(操作 2)

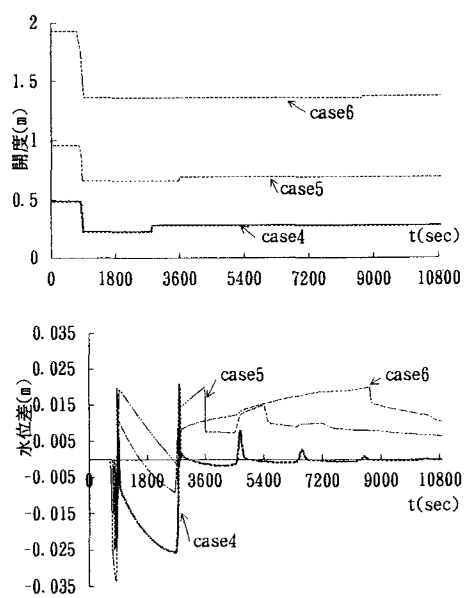

図 5　水位とゲート開度(操作 2)