

開水路系の安定化特性と段波の調整施設による 変遷特性について

——配水の水理 IV——

松 下 玄

On the Flow Stabilizing Characteristics of the Open Channel System and
the Transformation Characteristics of Surge through the Water Regulating
Facilities

——Hydraulics of Water Distribution IV——

Fukashi MATSUSHITA

1. ま え か き

開水路系の送、配水はゲートなどの調整構造物の操作によってなされる。野外水路には数多くのゲート、セキ、段落ちなどの構造物が設置されているのが普通であるが、送水段波はこれらの構造物によって影響される。従って、ゲート操作にともなう流れの変化、すなわち、ある定常状態から新しい定常状態に達するまでの過渡的流況や安定化時間は水路内構造物の影響を受ける。このような配水操作にともなう新しい流況に達するまでの非定常現象——特に水位安定化特性——が解明されることは適正な送、配水管理上肝要な事柄である。

本論文はゲート操作に伴う水位安定化時間算出を目的として、水理諸量と水路内に設置したゲートの関係、段波の水路内構造物による変遷特性について実験的に追求したものである。

2. 安定化時間に対する下流ゲート群の影響

2-1. 実験および結果

操作ゲートより下流側に設置されているゲートが水位安定化時間におよぼす影響について実験した。幅0.5m、長さ20.0mの長方形断面水路において、水路上流端より4.0 m地点に操作ゲートを設置し、下流側に、1.) ゲー

トを設置しないとき、2.) ゲート1門設置、3.) ゲート2門設置、4.) ゲート3門設置、5.) ゲート4門設置、6.) ゲート5門設置、7.) ゲート6門設置、8.) ゲート7門設置、9.) ゲート8門設置の各場合について操作ゲートの部分閉鎖および開放にともなう水位安定化時間を測定

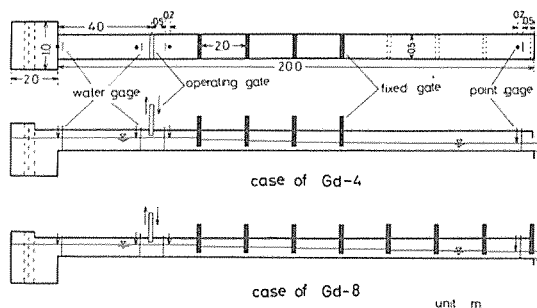


Fig. 1 実験装置説明図(下流ゲート群の影響)

した (Fig. 1 参照)。流量は 5, 10, 15 l/sec の 3 種類で、設置ゲートの開度は開度の大きい場合から小さい場合まで種々であるが、同一実験では各ゲート開度がほぼ等しくなるように、また、ゲートの流れが潜り流出になるように調節した。実験方法は前報¹⁾と同じで、安定化時間は自記水位記録により、ゲート操作時から水位が操作前後の水位差の99%に達した時までの時間として測定した。また、操作に伴う初期段波波高は自記記録からのみ取り

値をポイントゲージによる操作前後の水位差の測定値で補正して用いた。

水位安定化時間は前報¹⁾にのべたように、ゲート操作による発生段波の往復時間の和として、あるいはゲート操作による変化流量が初期水位と最終水位間の容積を満たすのに要する時間として表わされる。すなわち

$$t_s = k_1(H/2h)(2L/V) \quad \dots(1)$$

または、

$$t_s = k_2 HBL / (Q - q) \quad \dots(2)$$

これらの式は次式に整理される。

$$(t_0/t) F_1 = k \Psi(h/d) \quad \dots(3)$$

$$\Psi(h/d) = (h/d) \{ \phi(h/d) - (1/2) \varphi(h/d) \}$$

$$\phi\left(\frac{h}{d}\right) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{h}{d}\right)} \left[\sqrt{2 + \frac{h}{d}} + \sqrt{\left\{1 + \frac{\alpha h/d}{1 + (h/d)}\right\} \left\{2 + \frac{\alpha h/d}{1 + (h/d)}\right\}} \right]$$

$$\varphi\left(\frac{h}{d}\right) = \frac{h/d}{1 + (h/d)} \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{h}{d}\right) \left(2 + \frac{h}{d}\right)}$$

ここで、 t_s ：水位安定化時間、 $t_0 = HBL/Q$ 、 H ：初期水位と最終水位の標高差、 B ：平均水路幅、 L ：区間長、 Q ：区間への流入量、 q ：操作後のゲートから下流への流

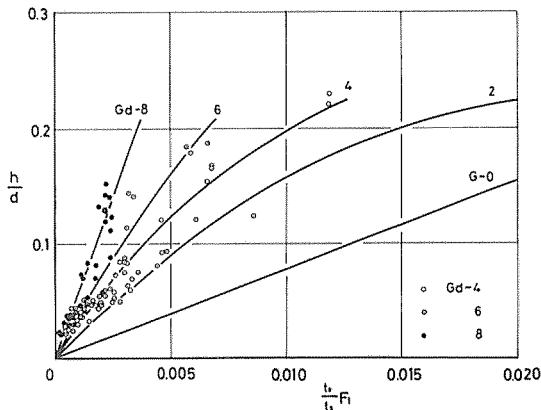


Fig. 2-1 $\frac{t_0}{t_s} F_1 \sim \frac{h}{d}$ (部分閉鎖時)

出量、 V_w ：段波の平均伝播速度、 h ：初期段波波高、 d ：初期水深、 α ：段波の反射率、 $F_1 = V_1 / \sqrt{gd}$ ：初期フルード数、 V_1 ：初期平均流速、 g ：重力の加速度、 k_1, k_2, k ：それぞれ係数。

測定結果は上記に従って、安定化無次元数 $(t_0/t_s) F_1$ と h/d で整理した。ゲート閉鎖時について、Fig. 2-1、-2に実験値とその代表曲線を、またFig. 2-3にこれらをまとめて示した。ゲート開放時については、Fig. 3

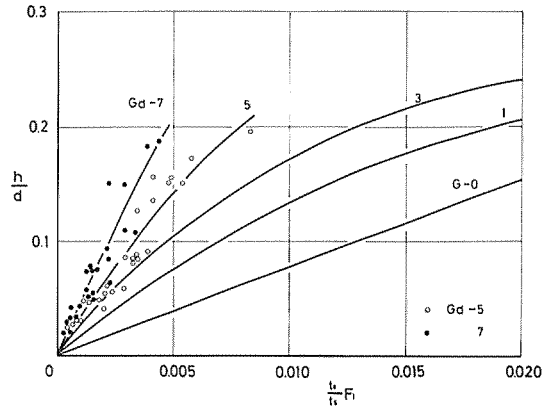


Fig. 2-2 $\frac{t_0}{t_s} F_1 \sim \frac{h}{d}$ (部分閉鎖時)

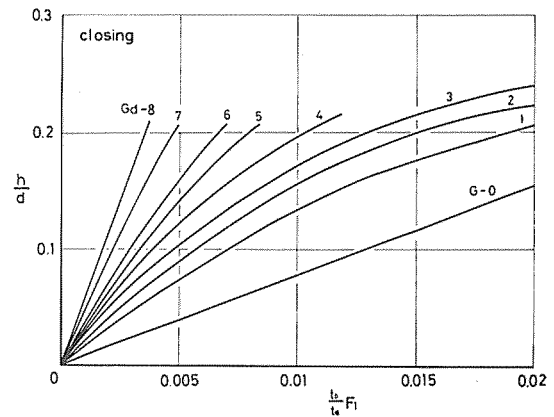


Fig. 2-3 $\frac{t_0}{t_s} F_1 \sim \frac{h}{d}$ (部分閉鎖時、下流ゲート群の影響)

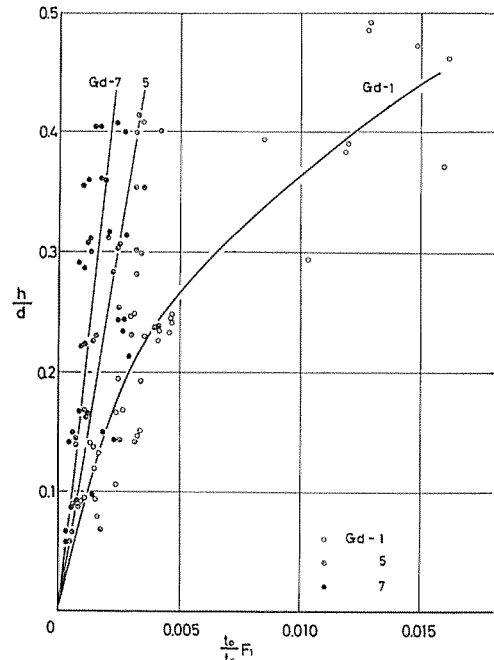


Fig. 3-1 $\frac{t_0}{t_s} F_1 \sim \frac{h}{d}$ (開放時)

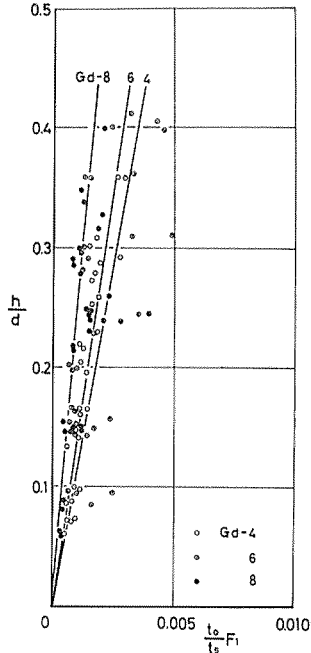


Fig. 3-2 $\frac{t_0}{t_s} F_1 \sim \frac{h}{d}$ (開放時)

- 1, - 2 および Fig. 3-3 に関係曲線を示した。

一般に、下流ゲート数が同一のときは流入量、ゲート開度、水位変化量にあまり影響されず、ほぼ同一曲線で表わされる。そして、ゲート数が増加するにつれ、安定化時間は長くなり、安定化無次元曲線はある極限曲線に近づくものと思われる。また、閉鎖時と開放時は別個の安定化無次元曲線になるが、一般に、開放時の曲線はこう配が閉鎖時より急で、安定化時間が長いようにみえるが、1組の実験の閉鎖時、開放時の各安定化時間は開放時がはるかに短い。しかし、開放時は初期段波波高 h が閉鎖時より大きいので Fig. 3 に示した曲線になる。

2-2 考察

i. ゲート閉鎖時、安定化無次元曲線

操作ゲートを閉鎖したとき、ゲート下流には負の段波が発生し伝播するが、この段波は通過ゲートごとに反射通過をくりかえし、下流ゲート数が増加するほど操作ゲート直下流に達する反射波高（負段波）は大きくなる。この為、操作ゲートの上、下流水位差が大きくなり、ゲートからの流出量がふえ、従って安定化時間が長くなるものと考えられる。

各ゲートの区間距離、水路断面形、ゲート開度、水理量などにより段波の変化率や到達時刻は種々であろうが、ここでは下流側ゲート数の安定化時間に対する影響を定

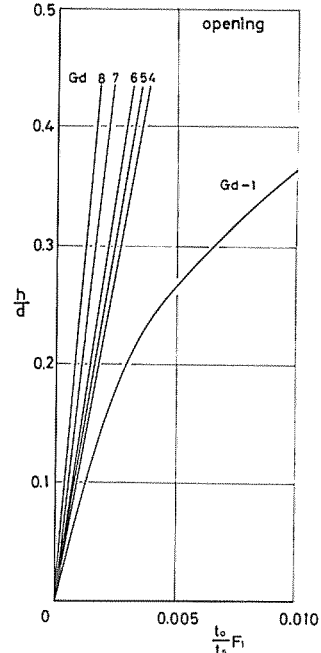


Fig. 3-3 $\frac{t_0}{t_s} F_1 \sim \frac{h}{d}$ (開放時、下流ゲート群の影響)

性的に論ずる為に、ゲートによる段波の反射率 α 、通過率 β 、流量係数 C は一定とし、また、ゲートによる2回目の反射波は微小であるとして無視し、さらに、操作ゲートの流れは閉鎖操作にともない、一時的に、完全流出になることがよく生ずるので、下流ゲート群からの反射波は操作ゲートの上流側に伝わらないと仮定する。

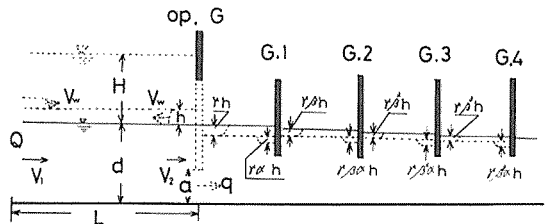


Fig. 4 部分閉鎖時、水位安定化過程説明図

Fig. 4 を参照して、操作ゲート下流水位の初期水位からの低下量は各ゲートからの反射波の到達につれて時間的に増大し、究極的には次式になる。

$$\gamma h + \gamma \alpha h + \gamma \alpha \beta^2 h + \gamma \alpha \beta^4 h + \dots + \gamma \alpha \beta^{2^{n-1}} h$$

$$= \gamma h \left(1 + \alpha \frac{1 - \beta^{2^n}}{1 - \beta^2} \right)$$

ここで、 n : 下流側設置ゲート数、 γh : 操作ゲートから発生した下流への初期段波波高、 α : 反射率、 β : 通過率で $\beta < 1$ 。

従って、操作ゲート上、下流の水位差 ζ 、および流出量 q は次式になる。

$$\zeta = h + \gamma h \left(1 + \alpha \frac{1 - \beta^{2n}}{1 - \beta^2} \right) = h \left(1 + \gamma + \gamma \alpha \frac{1 - \beta^{2n}}{1 - \beta^2} \right)$$

$$q = Cab \sqrt{2g\zeta}$$

ここで C : ゲートの流量係数, a : ゲート開度, b : ゲート幅。

今、操作ゲートのみで下流にゲートが設置されていない時の水量に添字 0 をつけて表わすと、比安定化時間 t_0/t_s は(2)式から次のようになる。

$$t_0/t_s = k_3 \{ 1 - (q/Q) \}$$

$$(t_0/t_s)_0 = k_3 \{ 1 - (q_0/Q) \}$$

ここで、 $k_3 = 1/k_2$

$$\therefore \frac{t_0}{t_s} - \left(\frac{t_0}{t_s} \right)_0 = k_3 \frac{q_0}{Q} \left(1 - \frac{q}{q_0} \right)$$

また、

$$\begin{aligned} \frac{q_0}{Q} &= \frac{Cab \sqrt{2gh(1+\gamma)}}{V_1 dB} \\ &= \frac{Cb \sqrt{2(1+\gamma)}}{F_1 B} \left(\frac{a}{b} \right) \left(\frac{h}{b} \right)^{1/2} \end{aligned}$$

$$1 - \frac{q}{q_0} = \frac{\alpha \gamma (1 - \beta^{2n})}{2(1+\gamma)(1 - \beta^2)}$$

$$\therefore \frac{\{ (t_0/t_s) - (t_0/t_s)_0 \} F_1}{(a/d)(h/d)^{1/2}} = -K(1 - \beta^{2n}) \quad \dots(4)$$

ただし、

$$K = \frac{k_3 C \alpha \gamma}{2 \sqrt{1+\gamma}(1 - \beta^2)} \frac{b}{B}$$

一般に操作ゲートの操作条件 a/d と初期流れのフルード数 F_1 から初期段波波高 h/d が求められる²⁾ので、 K が実験から定められるときは(4)式から $(t_0/t_s) - (t_0/t_s)_0$ が求められる。 K は α , β , γ の関数で、これらは厳密には、後出のように、 h/d と下流側の設置ゲートの開度 a' 、水深 d' の比、 a'/d' によって影響される。実験から求めた、 a'/d' をパラメータにした $K \sim h/d$ の関係を Fig. 5 に示した。

また実験から得られた、操作ゲートのみ設置されている時の比安定化時間 $(t_0/t_s)_0$ は次式である。

$$\left(\frac{t_0}{t_s} \right)_0 F_1 = \frac{1}{7.81} \frac{h}{d} \quad \dots(5)$$

また、野外水路で下流側に数多くのゲートがある場合は(4)式で $n \rightarrow \infty$, $\beta < 0$ であるので、 $\beta^{2n} \rightarrow 0$ とおいた式で表わされ、 $(t_0/t_s) F_1 \sim h/d$ 関係はある最終的な曲線に取レンする。安定化時間はこの値以上にはならないと

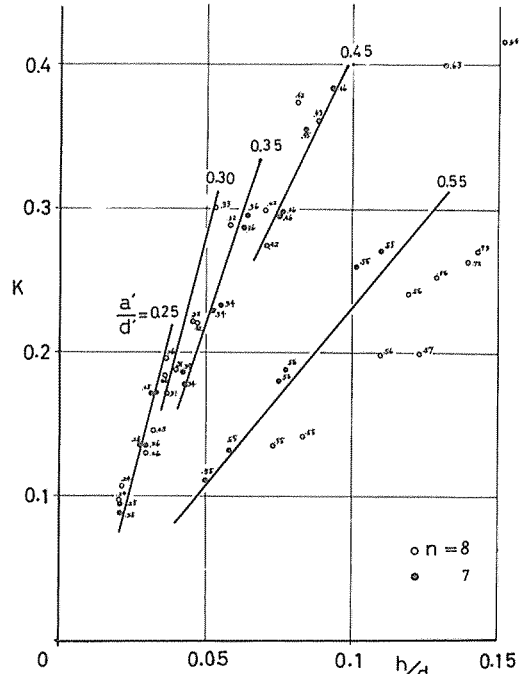


Fig. 5 $K \sim \frac{h}{d}$

考えられる。

II ゲート開放時、安定化無次元曲線

操作ゲートを開放したとき、ゲート下流には正段波が発生し、これは直下流ゲートにより一部は反射、一部は通過する。この通過波はそれより更に下流のゲートを通過するごとに、反射、通過をくりかえし、水面は変動する。

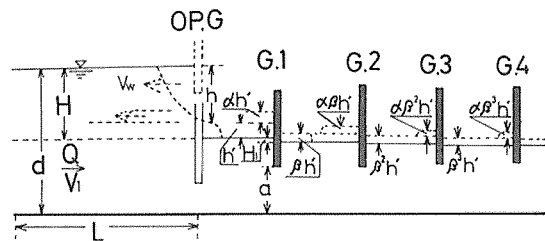


Fig. 6 開放時、水位安定化過程説明図

操作ゲート全開の場合の安定化特性に対する下流ゲート数の影響は、定性的に次のように考察することができる。Fig. 6 を参照して、操作ゲートの直下流ゲート G_1 の上、下流水位差 ζ_0 は、当初の $H_1 (= Q^2/2C^2 a^2 b^2 g; a, C: G_1$ ゲートの開度, 流量係数, 他は前出) から、ゲート開放段波到達直後の $\zeta_0 = H_1 + h' + \alpha h' - \beta h'$ (h' : ゲート開放による下流への正段波波高 $h' = H - h$) に増大し、それから時間の経過につれて下流ゲート群からの反射波

の到達により ζ は漸次減少し、最終的に当初の H_1 に復帰する。

段波の変遷について、閉鎖時と同様な仮定をし、また、G1ゲートの流れは段波到達後、一時的に完全流出になることがあるので、下流ゲートからの反射波はG1ゲート上流に伝わらないとすると、Gnゲートからの反射波がG1ゲート下流に到達したときの水位差 ζ_n は次式になる。

$$\begin{aligned} & \text{G1ゲート下流水位 (初期水面基準)} \\ & \beta h' + \alpha \beta h' + \alpha \beta^3 h' + \dots + \alpha \beta^{2n-3} h' \\ & = \beta h' + \alpha \beta h' \frac{1 - \beta^{2(n-1)}}{1 - \beta^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{G1ゲート上流水位 (ゲート下流初期水面基準)} \\ & H_1 + h + \alpha h' \\ & \zeta_n = H_1 + h' (1 + \alpha - \beta) - \frac{\alpha \beta h' \{1 - \beta^{2(n-1)}\}}{1 - \beta^2} \\ & = \zeta_0 - \alpha \beta h' \{1 - \beta^{2(n-1)}\} / (1 - \beta^2) \end{aligned}$$

今、代表的水位差として ζ_n をとると、このときのG1ゲートからの流出量 q は、

$$q = Cab\sqrt{2g\zeta_n}$$

G1ゲートからの流出量の増加量 ΔQ は、
 $\Delta Q = q - Q = Cab\sqrt{2g}(\sqrt{\zeta_n} - \sqrt{H_1})$

比安定化時間 t_0/t_s は、(2)式から、

$$\frac{t_0}{t_s} = \frac{1}{k_2} \left\{ \sqrt{\frac{\zeta_0}{H_1} - \frac{\alpha \beta h'}{H_1} \frac{1 - \beta^{2(n-1)}}{1 - \beta^2}} - 1 \right\} \quad \dots(6)$$

ここで $\zeta_0 = H_1 + h'(1 + \alpha - \beta)$

野外水路で下流に数多くのゲートがあるときは、上式で $n \rightarrow \infty$, $\beta^{2(n-1)} \rightarrow 0$ とおいた式になる。(6)式は n が1

から増大するにつれ t_0/t_s が減少、すなわち、 t_s が増大するが、ある極限值に収束することを示している。

3. 安定化時間に対する上流ゲート群の影響

3-1. 実験および結果

操作ゲートより上流に設置されているゲート群が水位安定化時間におよぼす影響について実験した。水路最下流部に操作ゲートを設置し、上流側に1.)ゲートを設置しないとき、2.)ゲート1門設置、3.)ゲート2門設置、4.)ゲート3門設置、5.)ゲート4門設置、6.)ゲート5門設置、7.)ゲート6門設置、8.)ゲート7門設置、の8ケースについて操作ゲートの部分閉鎖および開放にともなう水位安定化時間を測定した。ゲート配置など実験装置はFig.7に示した。また、上記の8ケース中、2.)3.)についてはゲート間隔の異なる場合についても実験した。流量は10, 20, 30 l/secの3種類、ゲート開度、実験方法は2節と同様である。

測定結果は安定化無次元数 $(t_0/t_s)F_1$ と h/d で整理して、Fig.8, 9に示した。

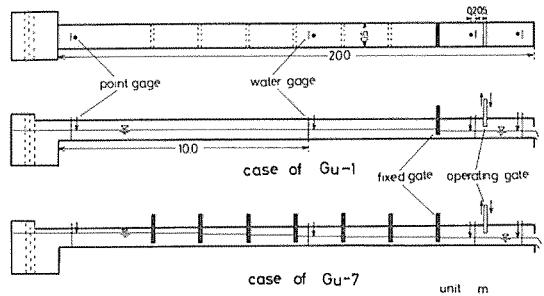


Fig. 7 実験装置説明図(上流ゲート群の影響)

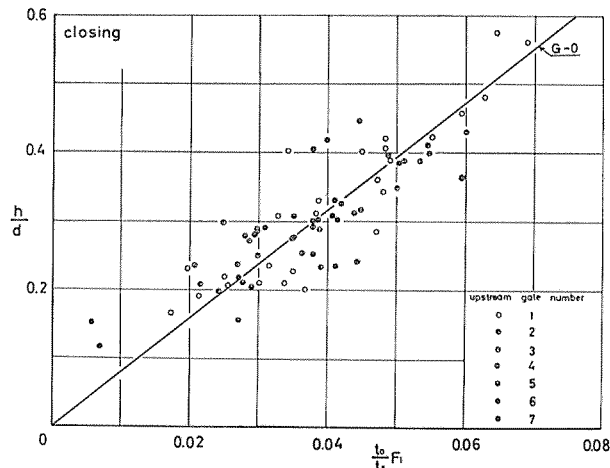


Fig. 8 $\frac{t_0}{t_s} F_1 \sim \frac{h}{d}$ (部分閉鎖時, 上流ゲート群の影響)

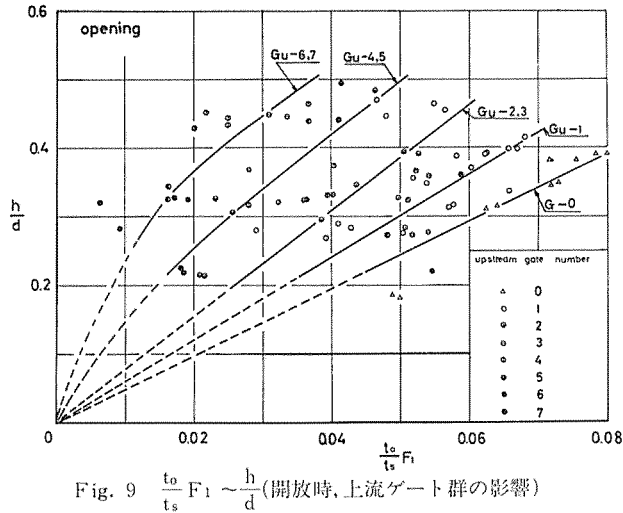


Fig. 9 $\frac{t_0}{t_s} F_1 \sim \frac{h}{d}$ (開放時, 上流ゲート群の影響)

3-2. 考察

ゲート部分閉鎖時の安定化無次元曲線Fig. 8によると、実験点のばらつきはあるものの上流側の設置ゲート数およびゲート間隔は安定化時間に影響せず、無次元曲線は操作ゲートのみ設置されているときのG-0曲線((5)式)で表わすことができる。

ゲート操作に伴うソ上段波は上流側ゲートによって反射波を生じ、上流ゲートのない場合と比較して、操作ゲート直上流区間の水面は早く上昇し、従って下流水面が同一なら操作ゲート上下流水位差が増大し、操作ゲート流出量 q が増える。一方、直上流ゲートでは上下流水位差が減少、そして流入量が減少、その結果、負段波が発生し、 q の減少、次に直上流ゲート水位差と流入量の増大、それによる正段波の発生、 q の増大と微小ながら水位と流量の増減を繰り返して定常状態に近づく。この現象はゲート直上流区間が最も顕著であるが、反射波に起因するものであるので比較的小さい変動である。このように上流ゲート群の有無は操作ゲート上流各区間の水面上昇割合には影響するが、操作ゲートから下流への流出量にはほとんど影響せず、従って、安定化時間に影響を与えないものと考えられる。

次に、ゲート開放時の安定化無次元曲線Fig. 9によると、操作ゲートのみのおよび設置ゲート1門のときのGu-1の場合は実験値が比較的まともな関係曲線が得られる。しかし、設置ゲート数が2門から7門と増加するにつれ、安定化時間は長くなり、安定化無次元曲線は一定方向へずれる傾向がみられるが、実験値は図のGu-2, 3曲線からGu-6, 7曲線の間に広く

らばっている。これは特に初期段波波高の正確な測定の困難さによるものと考えられる

安定化時間算定の為に、図示のように、設置ゲート2, 3門の時に対してGu-2, 3曲線, 4, 5門の時に対してGu-4, 5曲線, 6, 7門の時に対してGu-6, 7曲線を選定した。

上記のように安定化無次元曲線がゲート閉鎖時と異なるのは、開放時、操作ゲート直上流区間は上流ゲート群のないときと変わらないが、上流側の各ゲートは流出量に限界があるので、これらは流出抵抗として働き、結果として、安定化時間が長くなるものと考えられる。

4. 一般開水路系におけるゲート操作時の安定化時間

4-1. 安定化特性

一般開水路系には多くのゲートが設置されているのが普通であるが、これらのうちの任意のゲートを操作したときの安定化時間を求めることが問題になる。この場合この水路の水位安定化時間は操作ゲートの上、下流側の水路のうち、より安定化時間の長いものの時間に支配されることが考えられる。前述の実験から、操作ゲートを閉鎖する場合は下流側の設置ゲート数が増加するにつれ安定化時間は長くなるが、一方、上流側に設置されたゲートは安定化時間に影響しないことがわかった。すなわち、この時は操作ゲートの下流側のゲート数のみで安定化時間を求めてよい。

また、操作ゲートを開放するときは下流側、上流側ゲートとも設置数を増すにつれ安定化時間は増大すること、しかし、影響は下流側ゲートの方がはるかに支配的で、

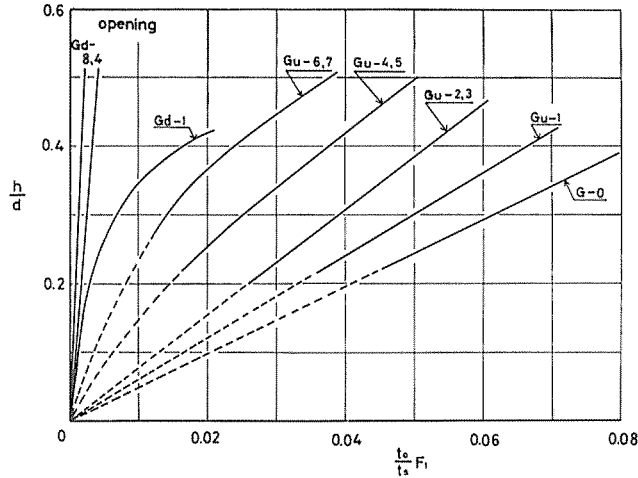


Fig. 10 $\frac{t_0 - F_t}{t_s} \sim \frac{h}{d}$ (開放時, 上・下流ゲート群の影響)

下流側の設置ゲート1門のときは上流側設置ゲート7門の場合より安定化時間を長くさせることがわかっている。

上記から、水路系ゲート群の任意ゲートを操作したときの水位安定化時間はゲート閉鎖時はFig. 2 - 3の閉鎖時安定化無次元曲線によって、また、ゲート開放時はFig. 3 - 3とFig. 9を合成したFig. 10の安定化無次元曲線によって安定化時間が求められる。

なお、ここでいう「水路系ゲート群」とは完全越流状態の落差工、段落ち、セキまたは完全流出状態のゲートの流れで区間の上、下流端を限られた水路区間に設置されているゲート群をさしている。完全越流や完全流出状態の流れは下流側の水位変化の影響を上流側に伝えないから、この流れより上流の水路区間は下流側の区間と別個の安定化特性をもつことになる。また、操作ゲートを閉鎖することにより操作ゲートの流れが完全流出状態になるときは、この地点で下流水路の影響は断たれるので、安定化特性上、この操作ゲートはこの水路区間の最下流ゲートになることを意味している。

4 - 2. 実験および考察

上記の一般開水路系の安定化特性を確かめる目的で実験を行った。

実験として、Fig. 11に示す9門のゲートを設置した水路において、a) 中央部の1門を操作したとき、b) 下流端から2つ目のゲートを操作したとき、および8門のゲートを設置した水路において操作ゲートが、c) 最下流ゲートのとき、d) 下流から2つ目のゲートのとき、e) 下流から4つ目のゲートのとき、f) 上流から3つ

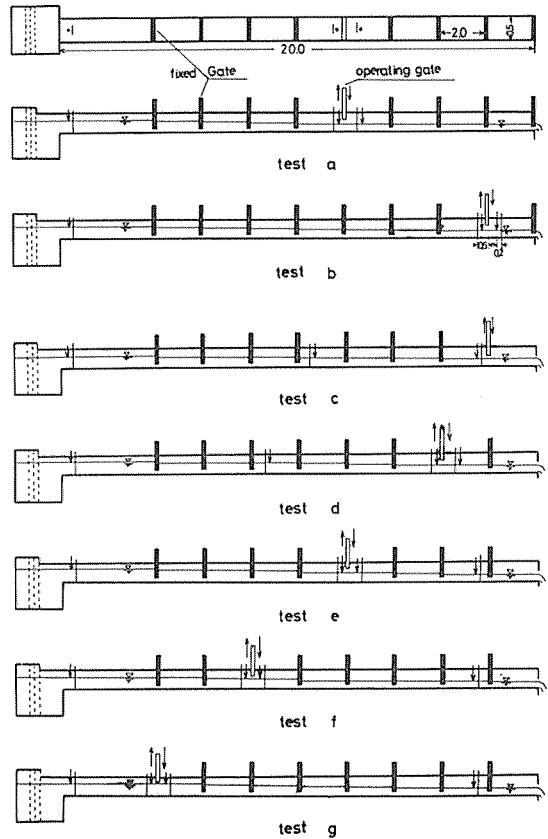


Fig. 11 実験装置説明図(上・下流ゲート群の影響)

目のゲートのとき, g) 最上流ゲートのとき, 以上, 7 ケースについて, 部分閉鎖および開放時の安定化特性を測定した。先づ, 当該操作ゲートを開放状態で流れを安定させ, のち, ゲートを閉鎖して新水位に落ちつくまでの安定化時間を測定した。その後, この安定した流れを

ゲート開放により最初の状態にもどし, 水位の安定するまでの時間を測定した。このようにして得られた安定化特性は test a, b については Fig.12 に, test c ~ g については Fig.13 に示してある。test a では操作ゲートより上流に 4 門, 下流に 4 門のゲートが設置されている。前述により安定化特性は閉鎖時, 開放時ともそれぞれの場合の Gd-4 曲線で表わされることになる。test b では操作ゲートより上流に 7 門, 下流に 1 門のゲートが設置されている。同様に安定化特性は閉鎖時, 開放時ともそれぞれに対する Gd-1 曲線であることになる。

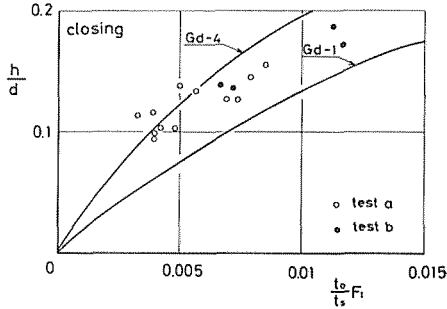


Fig. 12-1 一般水路安定化曲線と実験結果の比較

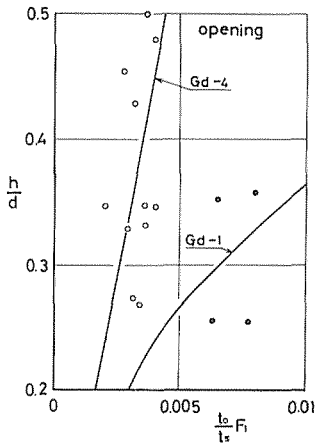


Fig. 12-2 一般水路安定化曲線と実験結果の比較

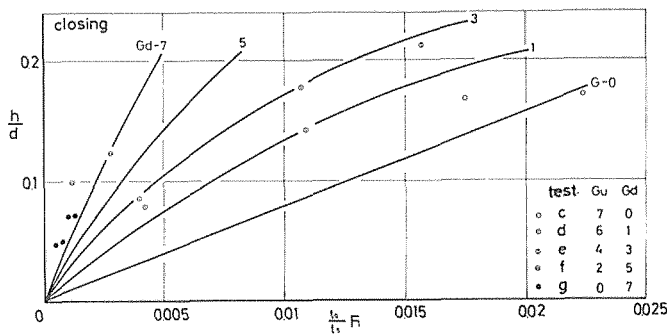


Fig. 13-1 一般水路安定化曲線と実験結果の比較

Fig.12-1 の test b の結果が Gd-1 よりも Gd-4 曲線に近いことを除いて, 他の実験値はそれぞれの安定化無次元曲線にのっている。test b 閉鎖時は実験回数も少なく, また Gd-1 曲線が Gd-4 曲線に比較的接近していることがこの場合の不一致の原因と思われる。

test c ~ g については同様に, test c 閉鎖時は G-0 曲線, 開放時は Gu-6, 7 曲線, test d 閉鎖時は Gd-1 曲線, 開放時は Gd-1 曲線, test e 閉鎖時は Gd-3 曲線, 開放時は Gd-3 曲線, test f 閉鎖時は Gd-5 曲線, 開放時は Gd-5 曲線, test g, 閉鎖時は Gd-7 曲線, 開放時は Gd-7 曲線で表わされるはずである。Fig.13-1, -2 の実験値は多少のずれはあるものの, 概略, それぞれの想定された無次元曲線にのっていると判断される。

以上から一般開水路系の安定化特性が確認されたものとする。

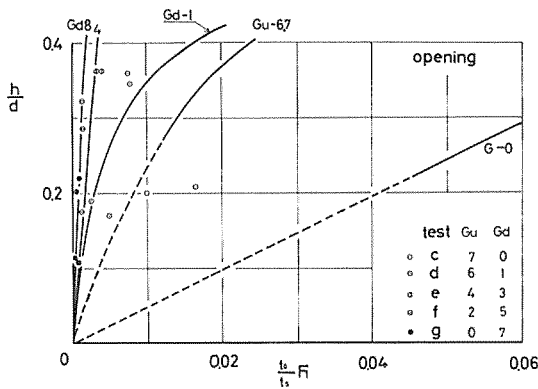


Fig. 13-2 一般水路安定化曲線と実験結果の比較

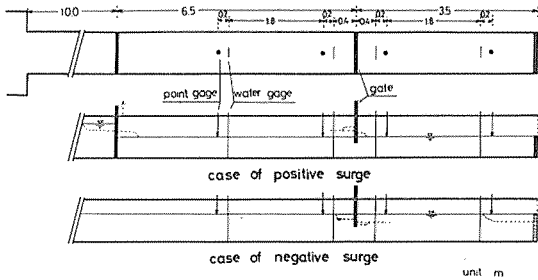


Fig. 14 実験装置説明図(正負段波変遷特性)

5. 段波の水位調整施設による変遷特性

水路における流れの安定化過程はゲート操作に伴う発生段波の水路内構造物による通過、反射の変遷過程の総合として理解される。

段波の水路内構造物、特にゲート、セキなど水位調整施設による変遷は安定化過程の究明の為に解明されねばならない事柄である。ゲートおよびセキへの正、負の入射段波に対する通過波、反射波の挙動を実験的に求めた

5-1. 実験および考察

静水中に施設が設置されている初期状態に正、負の段波を入射させ、通過波高、反射波高を測定した。

長さ20m、幅0.5m水路の下流半分を用いて実験を行った。Fig.14に示すように、下流端から3.5m地点に調整施設(ゲート、セキ)を設置し、下流端のセキにより、施設の相対開度(ゲートa/d、セキD/d、a:ゲート開度、D:セキ高、d:初期水深)を所定の値になるように静水をためる。正段波の変遷実験は先づ、水路中央

部に設置されたゲートを全閉状態にして、その上流側に貯水しておき、のち、一気にゲートを開放して正段波を発生、施設に入射させた。入射波高は貯水面と水路水面の水位差により調節した。負段波の場合は水路末端のセキ板を適当な厚さだけ急速に除去することにより負段波を発生させ、施設に下流側から入射させた。段波波高は除去するセキ板の厚さにより調節した。

入射、反射、通過波高は施設の前後に設置された自記水位計およびポイントゲージにより、また、16mm撮影機により測定した。測定においては水路の上、下流端からの反射波が影響しないように注意した。

実験結果は、先づ、施設開度 a/d、1-(D/d)をパラメーターにして、比入射波高 h_1/d (h_1 :入射波高)と反射率 h_2/h_1 (h_2 :反射波高)、または通過率 h_3/h_1 (h_3 :通過波高)の関係について整理し、次に、この関係図を用いて、比入射波高をパラメーターにした施設開度 a/d または 1-(D/d)と反射率 h_2/h_1 、通過率 h_3/h_1 の関係曲線を得た。Fig.15, 16, 17, 18がこれである。

図によると、一般に、施設開度 a/d、1-(D/d)が大きくなるほど通過率 h_3/h_1 が大きく、反射率 h_2/h_1 が小さくなる。そして、一般に同一開度での通過率と反射率の和はほぼ1に近い値になるが、しかし、ゲートでは開度の小さいときに、セキでは開度の大きいときに和が1以上になる傾向がみられる。また、同一施設でも正、負段波によって変遷特性は異なり、特に、セキでの負段波の変遷は複雑な関係を示している。これらの性質の詳細は今後の理論的解明にまつが、段波の進入時の施設での瞬間的な衝撃力とその反力、水圧分布等が段波の変遷特性に関与しているものと考えられる。Fig.15~18から各施設による段波の変遷特性がわかる。

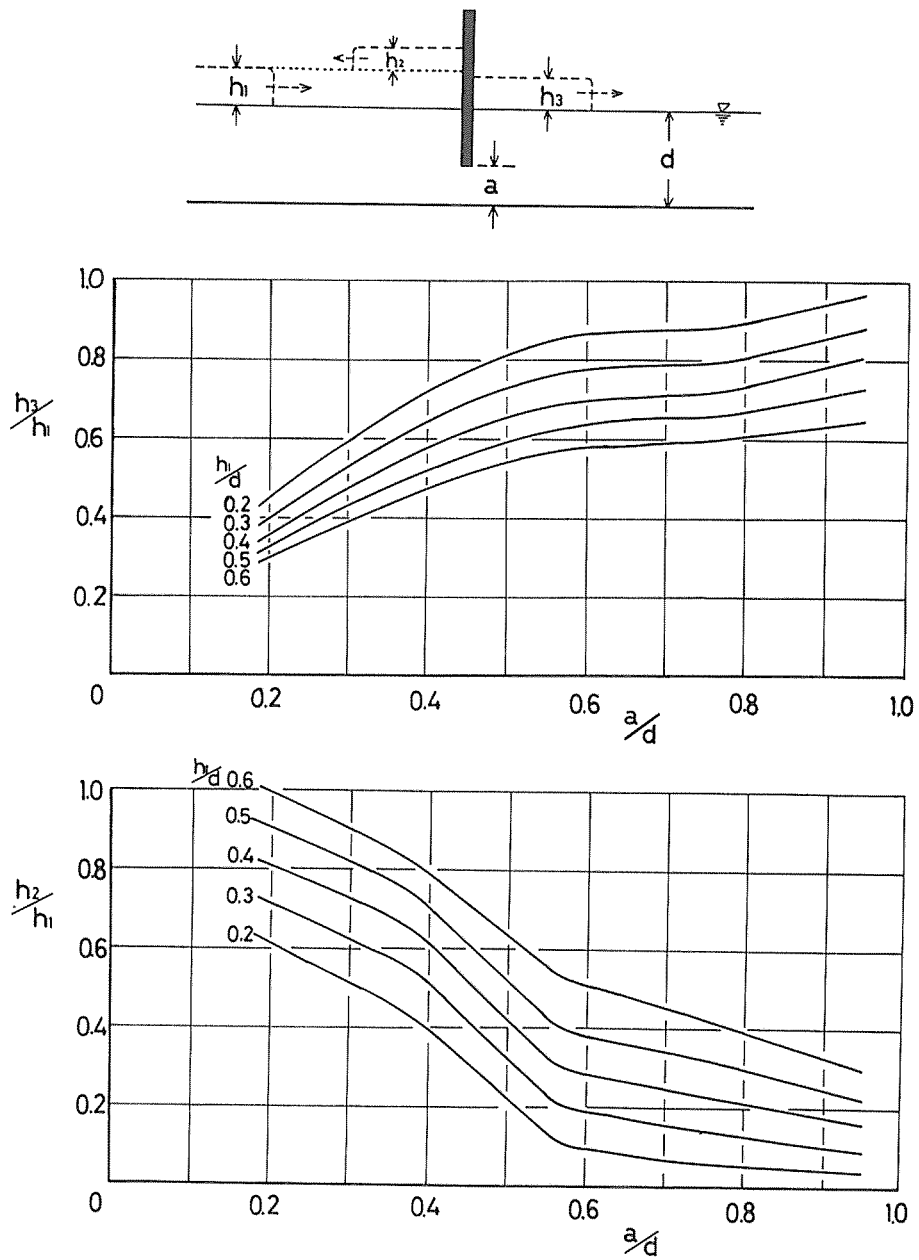


Fig. 15 正段波のゲートによる変遷特性

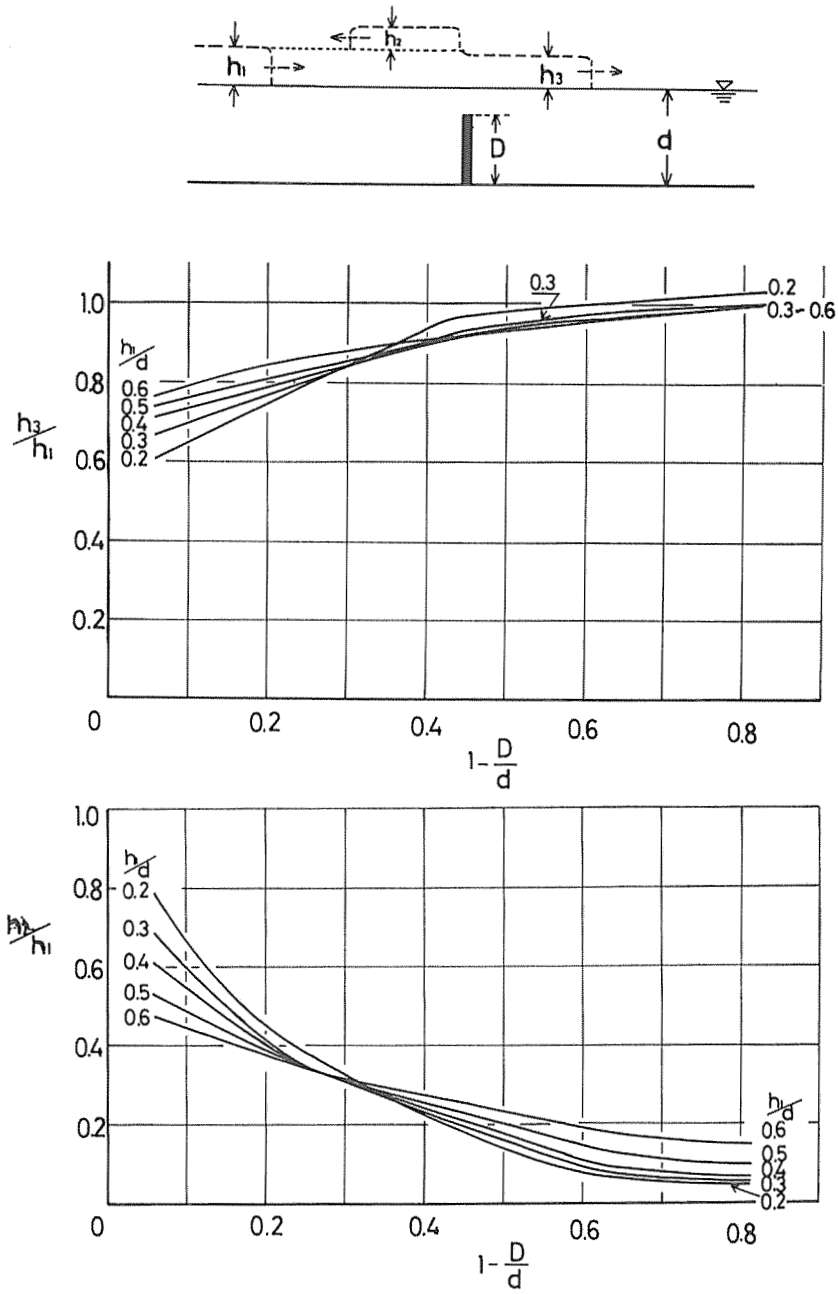


Fig. 16 正段波のセキによる変遷特性

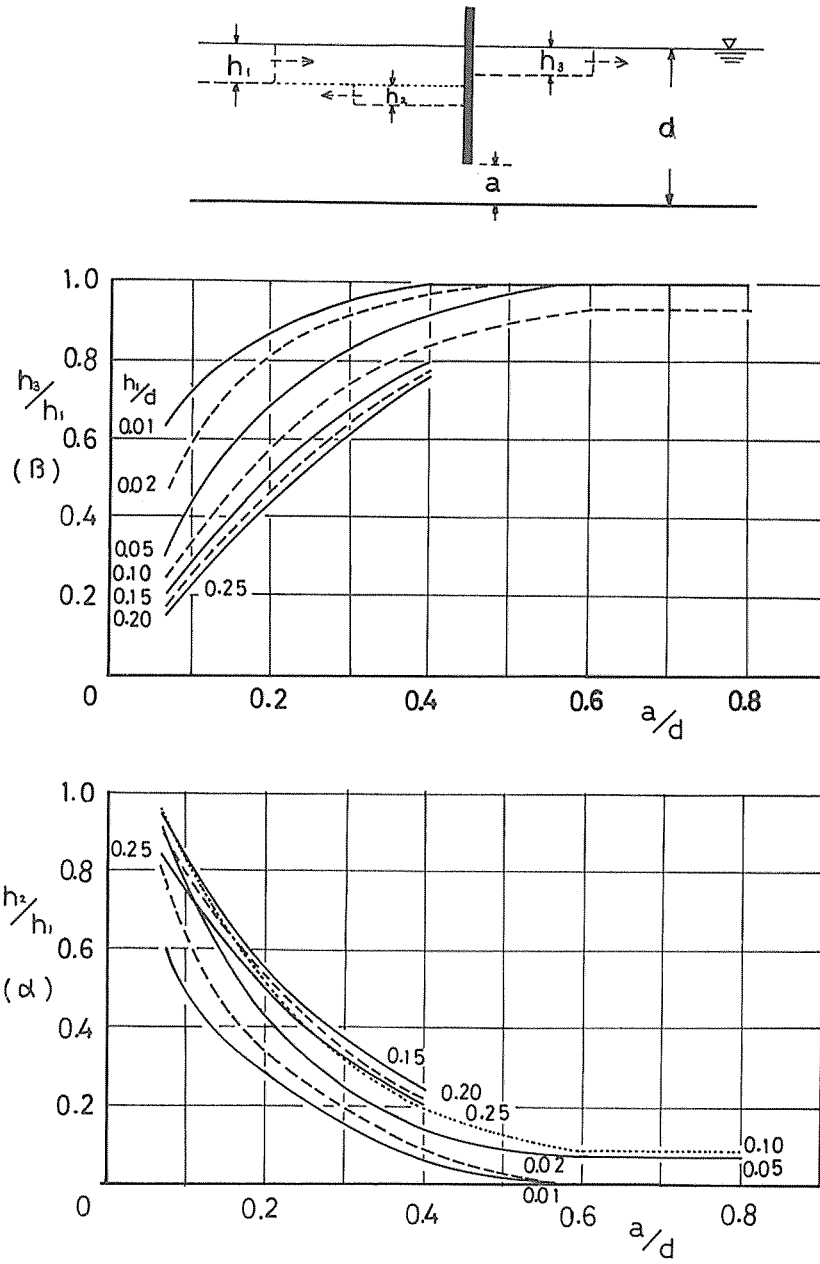


Fig. 17 負段波のゲートによる変遷特性

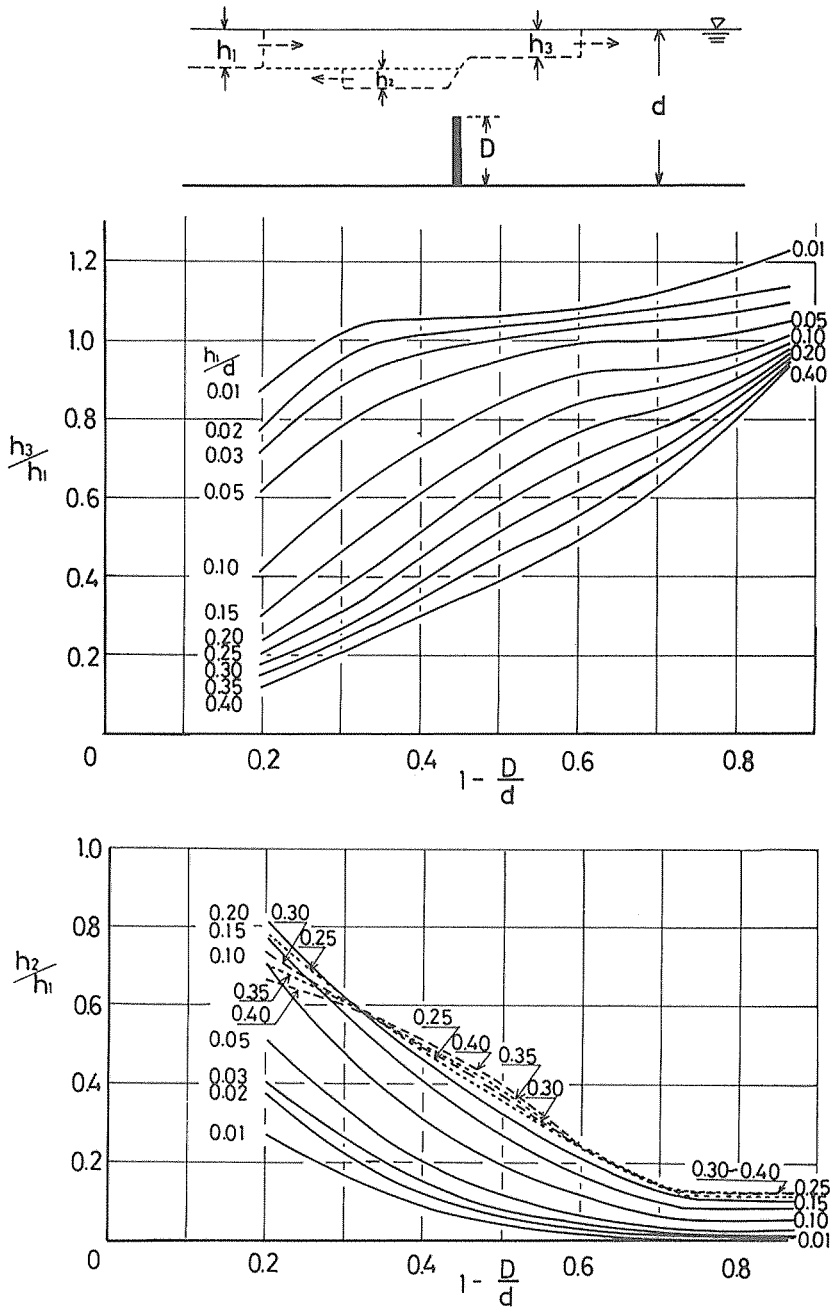


Fig. 18 負段波のセキによる変遷特性

6. むすび

配水操作に伴い変化する流れの安定化特性、特に水位の安定化時間について、安定化に影響する水理諸量の関係や安定化時間の算出法を実験的に研究した。すなわち、

1. 操作ゲートの下流におかれたゲート群の水位安定化時間に対する影響を実験的に追求した。ゲート数が増大するにつれ安定化時間が長くなり、ある極限值に漸近する。そして、操作ゲートの部分閉鎖、開放のそれぞれに対して水位安定化無次元曲線を得た。
2. 操作ゲートの上流におかれたゲート群の水位安定化時間に対する影響を実験的に求めた。この場合、部分閉鎖時には安定化無次元曲線はゲート数に影響されず、操作ゲートだけが設置されている時の曲線G-Oで表わされる。しかし、開放時にはゲート数が多くなるにつれ安定化時間が長くなる。これに対する安定化無次元曲線を示した。
3. ゲート群をもつ一般開水路において、その中の任意ゲートを操作したときの安定化特性を取扱った。安定化時間は操作ゲートの上、下流部水路区間のうち、より安定化時間の長い水路区間の影響をうける。すなわち、部分閉鎖時はFig. 2-3の無次元曲線群、開放時

はFig. 10の曲線群により安定化特性が表わされる。実験からこのことを確かめた。

4. 段波の水位調整施設、ゲートやセキによる変遷特性を実験的にしらべた。すなわち、正、負の入射段波に対する段波の通過率、反射率を施設開度と関係づけて示した (Fig. 15, 16, 17, 18)。

この研究は主として昭和52・53年度に行った「開水路による配水の研究」の一部である。実験および整理に熱心に協力された当時の専攻学生飯田淳二、長谷川幸洋、楠晴王、珠久昌昭の諸氏に甚深の謝意をあらわす。また、本研究は文部省科学研究費（一般研究B-246162）の補助による研究の一部であることを付記して関係各位に謝意をあらわす。

参 考 文 献

- 1) 松下 玄：ゲート、セキの調整施設としての特性——配水の水理Ⅱ——，三重大農学報，56：229～237(1978)
- 2) 松下 玄：水位調整操作に伴う初期段波について——配水の水理Ⅰ——，三重大農学報，55：123～133(1977)

Summary

Characteristics of the stabilizing process of open channel flow after the water distributive operation were studied experimentally. The relationship between the flow stabilizing time and the many hydraulic properties, and the estimating method of the stabilizing time were investigated.

From this study, the following were obtained.

1. The effect for the water stage stabilizing time by the gate groupe that were set downstream from the operating gate were tested. The stabilizing time becomes slow with increaseing the numbers of gate, and it approaches to a limited value. And then, the nondimensional curves related to the water stage stabilizing time were obtained for the each cases of partial closing and opening of gate.
2. The effect for the stabilizing time by the gate groupe that were set upstream from the operating gate were tested. For the case of partial closing of gate, the nondimensional stabilizing time curve, independently with the gate numbers, are shown by the curve, G-O, for the case that was equiped an operating gate only in channel. However, for the case of opening, the stabilizing time becomes slower as gate numbers increase. The nondimensional curves were obtained for this case.
3. The stabilizing characteristics for an open channal system that were equiped many gates, where an optional operation of a gate was done, were studied. In this case, the stabilizing time was affected by the time that is a more slow one, comparing the stabilizing time at both the upstream and the downstream reach of the operating gate. As the result, the nondimensional stabilizing time curve are shown by Fig. 2-3 for the partial closing of gate and by Fig. 10 for the opening of gate. This estimating method was confirmed by test.
4. Characteristics of the transformation of surge that passing through the water stage regulating facilities, gate and weir, were investigated by test. The rate of passage and reflection the surge height were related to the relative opening of facilities, for the each cases of positive and negative incoming surge. The results are shown in Fig. 15, 16, 17, and 18.