

# 開水路合流部の水理特性について

— コントロールポリノーム法による一次元解析 —

大阪府立工業高等専門学校 正員 多田博登

## 1. はじめに.

開水路合流部の水面形計算の接続において, 大型計算機による計算精度の向上に伴ない合流による流いの損失, あるいは急変流の効果が無視できない大きさとなる.

このような合流部の上流側と下流側の水深の関係は, コントロールポリノームを仮定すると運動量方程式が適用でき, 更に適当な仮定を設けることにより一般的な解として求めることが出来る. 特に流れが常流で, 流量比と水路の幾何特性の関係と与えられる外的パラメーターが一定の条件を満たしている場合, コントロールポリノーム長を水路幅の数倍のオーダーと考えると, 理論解の特性と実験結果はよく一致することを示した.<sup>1)</sup>

本研究は, 上の解の適用範囲を明確に示し, 射流の場合についても検討するものである.

## 2. 解の適用範囲

i) 常流の場合: 図-1の合流模型に従い, 水路の断全体で常流を仮定すれば, 基礎式は次式で表わされる.

$$2F^2 = \alpha(\alpha^2 - 1) / (\alpha - \eta) \quad (1)$$

$$\eta = i^2 + (1-i)^2 \cos^2 \theta / k \quad (2)$$

ここに,  $\alpha = h_1/h$ ,  $h_1$  および  $h$ : それぞれ断面丁と0における水深,  $F^2 = Q^2/(gB^3h^3)$ ,  $i$ : 本川の合流点上流側の流量と下流側流量の比,  $\theta$ : 本・支川の合流角,  $k$ : 支川水路幅と本川のそれ  $B$  の比, および式(2)で表わされる  $\eta$  は流量比と水路の幾何特性 ( $\theta$  および  $k$ ) によって表わされるパラメーター一般に外から与えられる量であると考慮される. 式(1)は, 水深比はコントロールポリノーム最下流端のフルード数と,  $\eta$  による, と与えられることを示している. ことに  $|\eta| \leq 1$  とすれば  $0 < F \leq 1$  の範囲で式(1)の解は次式となる.

$$\alpha = 2 \left( \frac{1+2F^2}{3} \right)^{1/2} \cos \left[ \frac{\pi - \cos^{-1} \left\{ \eta F^2 / \left( \frac{1+2F^2}{3} \right)^{3/2} \right\}}{3} \right] \quad (3)$$

また  $1 < \eta$  の場合は,  $0 < F \leq F_*$  の場合にのみ式(3)の解が存在する. ことに  $F_*$  は  $\eta$  との関係として与えられる. 逆に  $F$  が与えられると解は  $1 < \eta \leq \eta_*$  の場合に存在し,  $\eta_*$  は  $F$  の関係として示される. 次は  $F_*$  と  $\eta_*$  の関係を示す.

$$\left. \begin{aligned} F_* &= \eta \left[ \frac{1}{2} - \cos \left\{ \frac{2\pi - \cos^{-1}(2/\eta^2 - 1)}{3} \right\} \right]^{3/2} \\ \eta_* &= \left( \frac{1+2F^2}{3} \right)^{3/2} / F^2 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

図-2に,  $\eta$  をパラメーターとして  $\alpha$  と  $F$  の関係(式(3))を示す. 図中に式(4)の境界も示している. 特に,  $1 < \eta \leq \eta_*$  の場合は  $\alpha < 1$  であり, また  $F$  が  $F_*$  に近づく程  $\alpha$  は急激に減少しており, これは現象が不安定であることを表わしていると考えられる.

Tada Hiroto

ここに解の存在する場合とは、水路の系として常流が保たれる場合であり、 $\eta < -1$ 、および  $\eta > \eta_*$  の場合は条件として少くともどこかで射流となり跳水が入る場合であり、ここは解析が不可能であるとして適用範囲外と考える。

ii) 射流の場合；系全体が射流の場合は i) と同様に求められるが、up stream control である系のみが異なる。 $x' = h/h_1$ ,  $r = h_2/h_1$ , および  $\xi/2 = (F_1/i)^2 = \alpha Q^2/(gB^3h_1^3) \geq 1$  とすると、外側パラメーター  $\eta'$  は次式となる。

$$\eta' = i^2 + (1-i)^2 \cos \theta / r / r \quad (5)$$

$1 \leq \eta'$  には  $1 \leq \xi/2$  の全範囲の解は存在し次式で表わされる。

$$x' = 2 \left( \frac{\pi \xi + 1}{3} \right)^{1/2} \cos \left[ \frac{\pi - \cos^{-1} \left\{ \xi/2 / \left( \frac{\pi \xi + 1}{3} \right)^{3/2} \right\}}{3} \right] \quad (6)$$

$\eta < 1$  には  $\eta_* \leq \eta < 1$  の場合のみ式(6)で表わされる解が存在し、その範囲は  $\xi_* \leq \xi/2$  である。境界値は次の式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \eta_* &= \{ 3(\xi/2)^2 - 1 \}^{1/2} / \xi \\ \xi_*^{-1/3} &= \frac{1}{\eta} \left[ \frac{1}{2} + \cos \left\{ \frac{\pi - \cos^{-1} (2\eta'^2 - 1)}{3} \right\} \right] \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$\eta < \eta_*$  の場合は系として射流が維持されない場合である。図-3に  $\eta'$  をパラメーターとして  $x'$  と  $\xi$  の関係を示す。

### 3. おわりに

常流の解は狭い実験範囲では妥当であることは確かめられている。しかしコントロールバリエーション長の決定は内部機構の知識も加えて検討せねばならないし、合流部の特微的な水面形状は上の一次元解析では説明できない。これらについては別に発表予定である。

参考文献 1) 多田：用水路合流部の水深特性について、沖村回年講、9.54年10月。

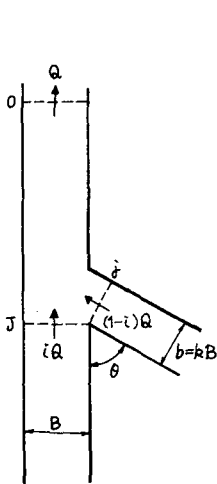


図-1. 合流部模型

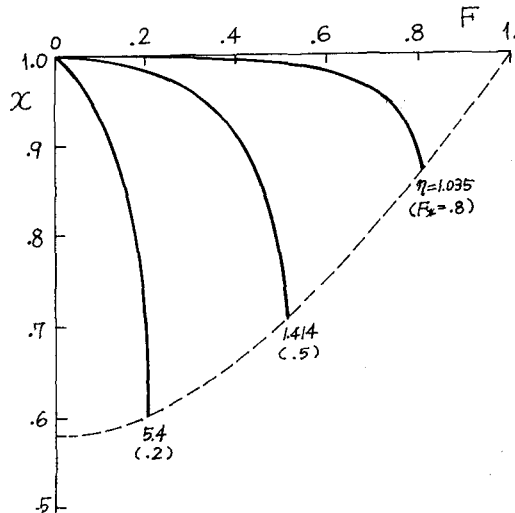


図-2.  $x' \sim F$  ( $1 < \eta < \eta_*$ )

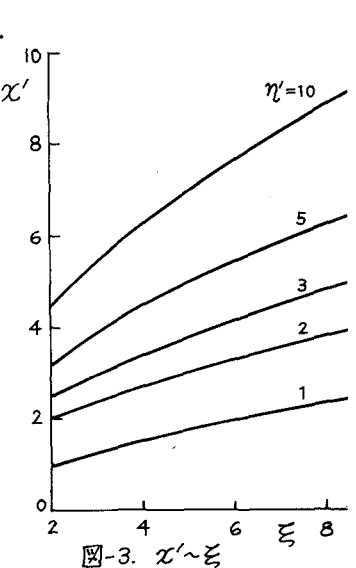


図-3.  $x' \sim \xi$