

射流合流に関する実験的研究

岐阜大学工業短期大学部 正 員 藤 田 一 郎

岐阜大学工学部 正 員 河 村 三 郎

岐阜大学工学部 ○木 村 雅 幸

1. まえがき

従来より河川合流部に関する研究は数多く行われてきたが、それらの多くは常流の流れを対象としたものであり、射流域を有する合流部に関する研究はあまり行われていない。合流部において射流域が発生する場合、跳水現象が生じるなど流況は複雑となり、その水理学的特性に関しては未解明な点が多い。本研究では、合流部の流量比、フルード数等をパラメーターとして水理実験を行い、跳水の発生条件等について検討を行った。また、跳水を伴う合流部に対するTaylorの理論¹⁾の適合性についても検討を行った。

2. 実験概要

本実験に用いた水路は、合流角 $\theta = 90^\circ$ 、本流幅 $B_1 = 30\text{cm}$ 、支流幅 $B_2 = 10\text{cm}$ 、深さ 30cm の循環式水平勾配水路で、水路床と側壁はアクリル製である。実験条件は、合流部における流れの状態が常流域から射流域までを含むように全流量 $Q_3 = 3 \sim 10\text{ (l/s)}$ 、流量比 $Qr = 0.1 \sim 0.9$ において各実験ケースを定め、本流の合流部上流 50cm (断面1)、合流部下流 140cm (断面3)、支流の合流部上流 40cm (断面2)の間に設定した各断面の平均水位と水面変動量をサーボ式水位計によって測定した。(本文中の添え字は各断面における諸量を表す。)

3. 実験結果と考察

全流量 $Q_3 = 5\text{ (l/s)}$ 、流量比 $Qr (= Q_2/Q_3) = 0.1 \sim 0.9$ の各実験ケースのうち、合流部の流れが遷移領域にあるケース(SA5)、跳水が発生したケース(SA7)の平均水位と水面変動量をそれぞれ等値線で示したのが図1～4である。流量比の増大に伴い、合流部における流れは遷移状態(あるいは弱跳水)から明確な跳水が生じる状態へと変化し、跳水前面においては著しい水位の低下がみられることがわかる。また、SA5においては水面変動が下流においても減衰していないのに対し、SA7では跳水後の水面変動はわずかであり、エネルギー損失が局所的に生じていることがわかる。

跳水の発生状況を図5に示す。図中の破線が跳水の発生の限界を示していると考えられる。 Qr が大きいほど跳水の発生する範囲は広く、また同一の Qr に対しては Fr_3 が大きいほど跳水が発生していることがわかる。

水深比 $Y (= H_1/H_2)$ の実験値 Y_{exp} とTaylorの式¹⁾による理論値 Y_{cal} の比較を図6に示す。 Y の理論値は、運動量定理より次式で与えられる。¹⁾

$$Y^2(Y-1) = 2Fr_3^2[Y - (1-Qr)^2 - Qr^2Br^{-1}\cos\theta] \quad (1)$$

ここに、 Br : 水路幅比 $(= B_2/B_1)$ 、 θ : 合流角。

図より大部分のデータは、実験値より理論値の方が小さい値をとることがわかる。また、跳水の発生に伴って Y が増大していることがわかる。

合流後の本流のフルード数 Fr_3 と相対的エネルギー損失の実験値 $(dE/(E_1+E_2))_{exp}$ とTaylorの式による理論値 $(dE/(E_1+E_2))_{cal}$ の関係を各流量比毎にプロットしたのが図7である。相対的エネルギー損失は、次式で与えられる。

$$\frac{dE}{E_1+E_2} = 1 - \frac{Y^2(2+Fr_3^2)}{2Y^3+Fr_3^2[1-3Qr+3Qr^2-(1-Br^{-2})Qr^3]} \quad (2)$$

図6と同様に図7においても実験値より理論値の方が小さい値をとることがわかる。この原因としては、Taylorの理論では水路側壁の摩擦は無視しているが、射流域を有する合流部の流れでは、水路側壁及

び底面の摩擦等が大きくなるため、それを無視することが出来なくなるためであると考えられる。

4. あとがき

今後、壁面摩擦等を考慮して射流域を有する合流部に適用可能な理論を確立していく予定である。

参考文献 1) Taylor, E.H. : Flow characteristics at rectangular open-channel junctions, Trans. ASCE, Vol. 109, pp. 893~903, 1944.

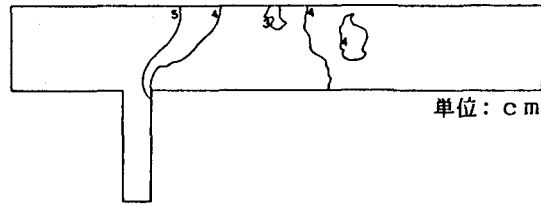


図1. 水面形 (η - λ : SA5, $Q_r=0.5$, $Q_3=51$ /s, $Fr_3=0.59$)

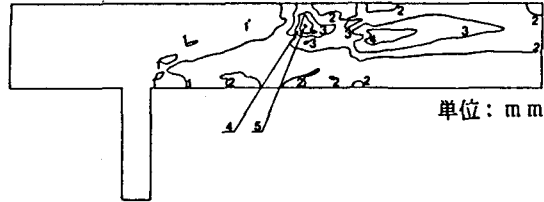


図2. 水面変動量 (η - λ : SA5, $Q_r=0.5$, $Q_3=51$ /s, $Fr_3=0.59$)

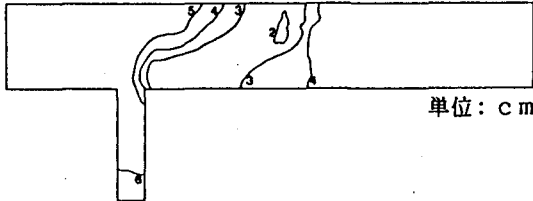


図3. 水面形 (η - λ : SA7, $Q_r=0.7$, $Q_3=51$ /s, $Fr_3=0.56$)

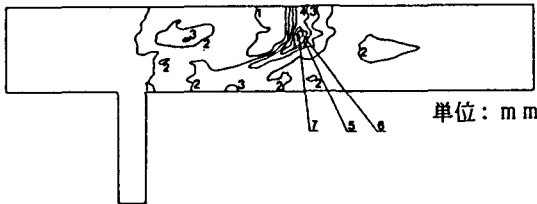


図4. 水面変動量 (η - λ : SA7, $Q_r=0.7$, $Q_3=51$ /s, $Fr_3=0.56$)

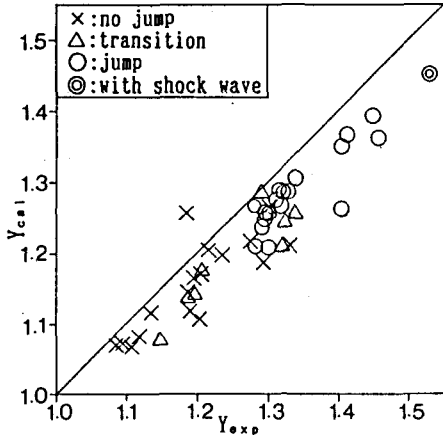


図6. $Y_{o,xp}$ と $Y_{o,sl}$ の比較

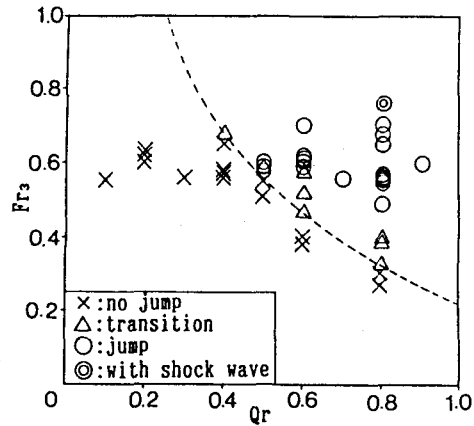


図5. 跳水の発生状況

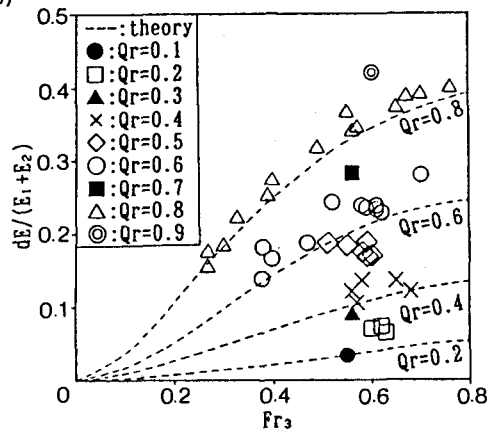


図7. Fr_3 と $dE/(E_1+E_2)$ の関係