

1.緒論 河川合流点の水理学的現象は、つぎのような諸因子により支配されるものと考えられる。(i)本川と合流支川との合流角度；(ii)本川と合流支川との流量比；(iii)本川、合流する支川、および合流点下流の河川のそれぞれの河川幅；(iv)本川、合流する支川、および合流点より下流の河川のそれぞれの河床勾配；および(v)本川、合流する支川、および合流点より下流の河道相度、などである。

河川合流点とその近傍における水理学的特性を把握するために、簡単なモデルを設定し、その模型水路によって実験を行ない、解析結果と実験結果とを比較検討する。また、解析的に取り扱えない問題点については、実験データから定性的な結果を得て、合流点の水理学的特性の把握につとめたい。

2.緩勾配間水路の合流点についての一次元的解析

(1)合流点附近についての解析、図-1に示すような合流点をもつ緩勾配長方形断面水路の流れについて考察する。断面I、IIと断面IVとの間の主水路方向について

での運動量方程式および連続式は、それぞれ、

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \lambda_1 \rho g B_1 h_1^3 + \rho \eta_1 B_1 h_1 u_1^2 + \frac{1}{2} \lambda_2 \rho g B_2 h_2^3 \cos \theta + \\ & \rho \eta_2 B_2 h_2 u_2^2 \cos \theta + W \sin \theta = R + F_s + \frac{1}{2} \lambda_4 \rho g B_4 h_4^3 \\ & + \rho C_c B_4 h_4 u_4^2 \dots \dots \dots \textcircled{1} \end{aligned}$$

$$B_1 h_1 u_1 + B_2 h_2 u_2 = C_c B_4 h_4 u_4 = B_4 h_4 \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

となる。ここに、 λ と λ ：それぞれ運動量補正係数と圧力分布係数； W ：断面I、IIと断面IV間の流体の重量；

R ：支川水路についての側壁からの主水路流水方向の成分； F_s ：境界面に働く表面摩擦抵抗；

ρ ：流体の密度； g ：重力の加速度； h ：水深； u ：平均流速； B ：水路幅； θ ：主水路と支川水路との合流角度； δ ：水路底勾配； C_c ：収縮係数；である。なお添字1、2、4はそれぞれ断面I、II、断面IVにおける値を示す。いま簡単のため水路を緩勾配と見做すと、流水の重量の影響は無視できる。また、このような合流点では、表面摩擦抵抗は小さいと考えられるから式①と式②から

$$\begin{aligned} \frac{u_4^2}{g h_4} = & \frac{\lambda_1 \left(\frac{B_1}{B_4} \right)^2 \left(\frac{B_2}{B_4} \right) \left(\frac{h_1}{h_4} \right)^3 \left(\frac{h_2}{h_4} \right) + \lambda_2 \left(\frac{B_1}{B_4} \right) \left(\frac{B_2}{B_4} \right)^2 \left(\frac{h_1}{h_4} \right) \left(\frac{h_2}{h_4} \right)^3 \cos \theta - R - \lambda_4 \left(\frac{B_1}{B_4} \right) \left(\frac{B_2}{B_4} \right) \left(\frac{h_1}{h_4} \right) \left(\frac{h_2}{h_4} \right)}{2 \left\{ \eta_4 C_c \left(\frac{B_1}{B_4} \right) \left(\frac{B_2}{B_4} \right) \left(\frac{h_1}{h_4} \right) \left(\frac{h_2}{h_4} \right) - \eta_4 C_c^2 \right\} 1 - \left(\frac{Q_2}{Q_4} \right)^2 \left(\frac{B_2}{B_4} \right) \left(\frac{h_2}{h_4} \right) - \frac{1}{2} C_c^2 \left(\frac{Q_2}{Q_4} \right)^2 \left(\frac{B_1}{B_4} \right) \left(\frac{h_1}{h_4} \right) \cos \theta} \dots \dots \dots \textcircled{3} \end{aligned}$$

ここで簡単のために、 $B_1 = B_2 = B_4$ 、 $h_1 = h_2$ 、 $\lambda_1 = 1$ 、 $\eta_1 = \eta_2 = 1$ 、 $h_2/h_4 = n_h$ 、 $Q_2/Q_4 = n_q$ 、

$u_4^2/g h_4 = Fr_4^2$ とおくと、式④が得られる。

$$Fr_4^2 = \frac{n_h^4 + n_h^4 \cos \theta - R/\rho g h_4 u_4^2 - \lambda_4 n_h^4}{2 \left\{ \eta_4 C_c n_h^4 - C_c^2 (1 - n_q)^2 n_h - C_c^2 n_q^2 n_h \cos \theta \right\}} \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

さらに、 $R = \frac{1}{2} \rho g B_2 h_2^3 \cos \theta$ 、 $\lambda_4 = \eta_4 = 1$ とすると式⑤を得る。

$$Fr_4^2 = \frac{m_h (n_h^2 - 1)}{2[C_0 n_h - C_0^2 (1 - n_q)^2 - C_0^2 n_q^2 \cos \theta]} \quad (5)$$

同様にして、断面Ⅰ、Ⅱと断面Ⅲとについて、式⑥が得られる。

$$Fr_3^2 = \frac{m_h (m_h^2 - 1)}{2[m_h - (1 - n_q)^2 - n_q^2 \cos \theta]} \quad (6)$$

ここに、 $m_h = h_2/h_3$ である。

②エネルギー損失 開水路合流点における単位時間当りのエネルギー損失は、単位時間に入ってきたエネルギーと出ていったエネルギーとの差である。したがって開水路合流点における単位時間当りの相対エネルギー損失はつぎのようになる。

$$\frac{\Delta E}{E_1 + E_2} = 1 - \frac{E_3}{E_1 + E_2} \quad (7)$$

ここに、 ΔE ：エネルギー損失； E ：エネルギー。摩擦損失の項を省略すると式⑦は式⑧のようになる。

$$\frac{\Delta E}{E_1 + E_2} = 1 - \frac{\rho g Q_3 (z_3 + h_3 + \alpha_3 U_3^2 / 2g)}{\rho g Q_1 (z_1 + h_1 + \alpha_1 U_1^2 / 2g) + \rho g Q_2 (z_2 + h_2 + U_2^2 / 2g)} \quad (8)$$

ここに、 z ：基準線からの高さ； α ：エネルギー補正係数。

いま簡単のため、水路勾配の項を省略し、無次元表示すると式⑧を得る。

$$\frac{\Delta E}{E_1 + E_2} = 1 - \frac{(B_1/B_3)^2 (B_2/B_3)^2 (h_1/h_3)^2 (h_2/h_3)^2 (2 + \alpha_3 U_3^2 / g h_3)}{(1 - Q_2/Q_3) \left\{ 2 \left(\frac{B_1}{B_3} \right)^2 \left(\frac{B_2}{B_3} \right)^2 \left(\frac{h_1}{h_3} \right)^3 \left(\frac{h_2}{h_3} \right)^2 + \alpha_1 \frac{U_1^2}{g h_3} \left(1 - \frac{Q_2}{Q_3} \right)^2 \left(\frac{B_2}{B_3} \right)^2 \left(\frac{h_2}{h_3} \right)^2 \right\} + \left(\frac{Q_2}{Q_3} \right) \left\{ 2 \left(\frac{B_1}{B_3} \right)^2 \left(\frac{B_2}{B_3} \right)^2 \left(\frac{h_1}{h_3} \right) \left(\frac{h_2}{h_3} \right)^3 + \alpha_2 \frac{U_2^2}{g h_3} \left(\frac{Q_2}{Q_3} \right)^2 \left(\frac{B_1}{B_3} \right)^2 \left(\frac{h_1}{h_3} \right)^2 \right\}} \quad (9)$$

さらに簡単のため、 $B_1 = B_2 = B_3$ 、 $h_1 = h_2$ 、 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$ 、 $h_2/h_3 = m_h$ 、 $Q_2/Q_3 = n_q$ 、 $U_3^2/g h_3 = Fr_3^2$ とくと式⑨を得る。

$$\frac{\Delta E}{E_1 + E_2} = 1 - \frac{m_h^2 (2 + Fr_3^2)}{2 m_h^3 + Fr_3^2 (3 n_q^2 - 3 n_q + 1)} \quad (10)$$

3. 実験装置および方法 使用した実験水路は、鋼製の幅25cm、深さ30cmであり、本川水路の合流点より上流、下流の長さはそれぞれ54m、54mである。また合流角度も30度、60度、90度とする場合の支川水路の長さはそれぞれ45m、45m、40mである。流量比 n_q は、0.2、0.4、0.6、0.8とした。なお流線の模様、水面形は、それぞれ写真撮影、超音波測深器を使用して測定、観察した。

4. 結果の一部 現在（昭和44年12月16日）、実験は進行中であるから、結果の一部を紹介するにとどめる。したがってまとまった結果は講演時に報告する。図-2は式⑩の理論曲線と実験値とを比較したものである。この図は、見やすいように横軸の原点が順次右へ移動させてある。最後に、実験等種々の御協力を頂いた本学学生、重野信君および立松了君に感謝の意を表します。

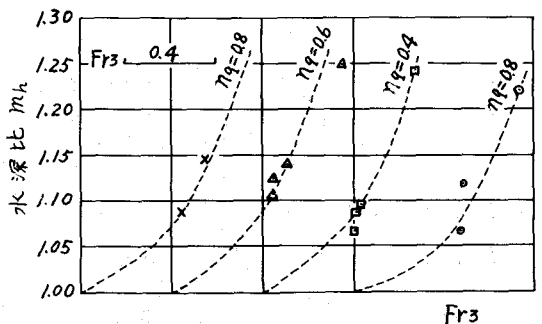


図-2 合流角度30度の場合の水深比 m_h と下流フルド数 Fr_3