

1. まえがき

水路が合流する場合、一般に合流点より上流においては、その下流におけるよりも相当水位が上昇することが知られている。そこで、本川の流量、支川流量の本川流量に対する比、支川と本川との合流角度、合流点より上流の本川の水位などをパラメーターとして表わした運動量方程式を使用して、電子計算機により水面形を計算し、実験値と比較し、さらに、合流点より上流の水位と下流の水位との水位差についても考察した。

2. 水路合流点における水面形

水路合流点附近の本川の流況が、合流点より上流における本川水路と支川水路との水位は等しいと仮定し、側面から流入する流量を持つ流れとした。

図-1を参照すると、運動量方程式はつぎのように表わすことができる。

$$\frac{d}{dx} \left(\rho V_x^2 A - \rho q U \cos \phi \right) = W S_0 A - \tau_0 P - \frac{d}{dx} \int p dA \quad (1)$$

ここに、 ρ は流体の密度、 V_x は流下方向への流速、 A は流積、 q は側面からの流入による流量の流下方向についての変化割合、 U は側面流入流量の平均流速、 ϕ は側面からの流入の流向と、主流の流向となす角、 W は流体の単位体

積重量、 S_0 は主流の底面勾配、 τ_0 は壁面における剪断力、 P は潤辺、 p は圧力である。式(1)において、圧力分布は静水圧分布、水路は一様な長方形断面、および底面勾配は非常に小さいとし、さらに運動量補正係数 β は、流下方向に一定であるとして、変形すると式(2)が得られる。

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - \tau_{0x}/WR + q/gA(U \cos \phi - 2\beta V)}{1 - \beta V^2 \beta / gA} \quad (2)$$

ここに、 R は径深、 V は主流の平均流速、 β は水路幅である。式(2)における摩擦勾配は、マニング式から求めた $\pi^2 V^2 / R^{4/3}$ を用いることにして、式(2)を変形すると式(3)が得られる。

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - \pi^2 Q^2 P^{4/3} / (\beta y)^{4/3} + q/gB^2 y^2 (Q_2 \cos \phi - 2\beta Q)}{1 - \beta Q^2 / g B^2 y^3} \quad (3)$$

ここに、 n はマニングの粗度係数、 Q_2 は側面からの流入流量である。 q については、図-2において、本川水路への支川水路の流入幅を半波長とし、 A 点が波の谷、 B 点が波の山となるようなsine curveを描くように、 A 点における流入支川流量 Q_1 から B 点における流入支川流量 Q_2 まで合流点附近の流量は増加していくものと仮定して、 $q = (\pi Q_2 / 2L) \cdot \cos \{ (\pi/L)(x + 3/2 \cdot L) \}$ とした。ここに、 L は支川水路の流入幅である。 Q は $Q = Q_1 + (Q_2/2) \{ 1 + \sin \{ (\pi/L)(x + 3/2 \cdot L) \} \}$ となる。ここに、 Q_1 は合流点より上流の主流の流量、 x 軸の原点は側面からの流入が始まる点 A である。

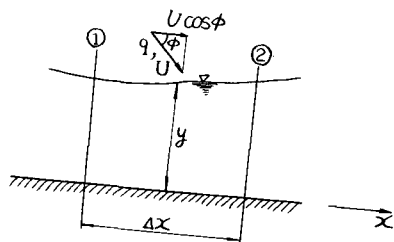


図-1 定義図

Runge-Kutta 法により式(3)の近似解を求める。すなわち、式(3)の $x = x_0$ のとき $y = y_0$ となる解 $y = \varphi(x)$ の近似式を $y = \gamma(x)$ として、 h が小さいとき

$$\gamma(x_0 + h) = y_0 + 1/6 (\delta_1 + 2\delta_2 + 2\delta_3 + \delta_4)$$

$$\delta_1 = h f(x_0, y_0), \quad \delta_2 = h f(x_0 + h/2, y_0 + \delta_1/2)$$

$$\delta_3 = h f(x_0 + h/2, y_0 + \delta_3/2), \quad \delta_4 = h f(x_0 + h, y_0 + \delta_3)$$

となるようにする。このとき $\varphi(x_0 + h) - \gamma(x_0 + h)$ は h^5 以上の高次の項からなるから、 $\gamma(x)$ は $\varphi(x)$ の非常によい近似式を与える。

3. 実験結果と考察

実験水路は、図-2 のようであり、深さは 30cm である。また、水路底面勾配はゼロ、マンギの粗度係数は 0.012、運動量補正係数は 1.1 とし、Runge-Kutta 法による場合の h は 0.01m とした。

図-3 は、合流角度 90 度、合流点より下流の流量に対する合流点より上流の支川水路の流量の比が $\eta_q = 0.4219$ 、合流点より下流の流量が $0.01825 \text{ m}^3/\text{sec}$ である場合の計算結果と実験値とを比較したものである。この図から知られるように、合流点を越えたところで、両者のずれは大きくなっているが、これは、渦ができてたりして測定が困難であるためと、式(3)を誘導する際の仮定が実際と一致しない点があるためと考えられる。また図-4 は、合流点より上流の水位 h_u と合流点より下流の水位 h_d との比と、合流点より下流におけるフルード数との関係について実験値と計算値とを比較したものである。この場合の Q は $Q = Q_1 + (Q_2/L)x$ したがって q は $q = Q_2/L$ とした。

4. 参考文献

- 1) Yen, B.C. and Wenzel, H.G.: Dynamic Equations for Steady Spatially Varied Flow, Trans. ASCE, Mar., 1970, PP. 801~814.
- 2) 吉弘貴：応用数学 第一分冊, PP. 144~148.

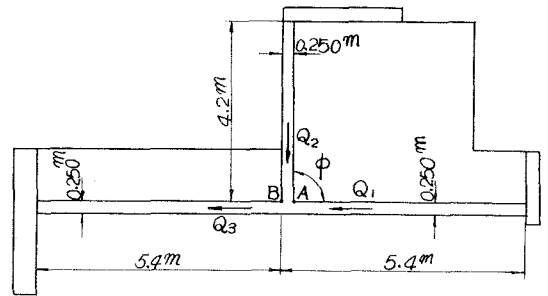


図-2 実験水路

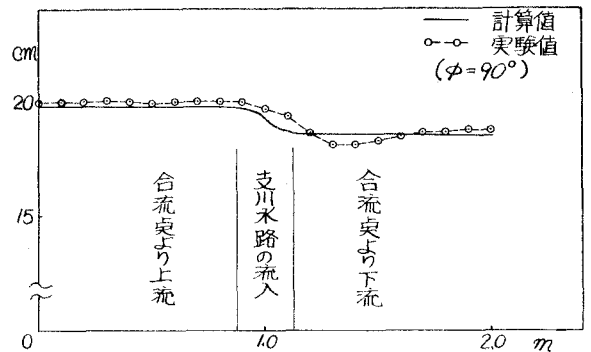


図-3 水面形の例

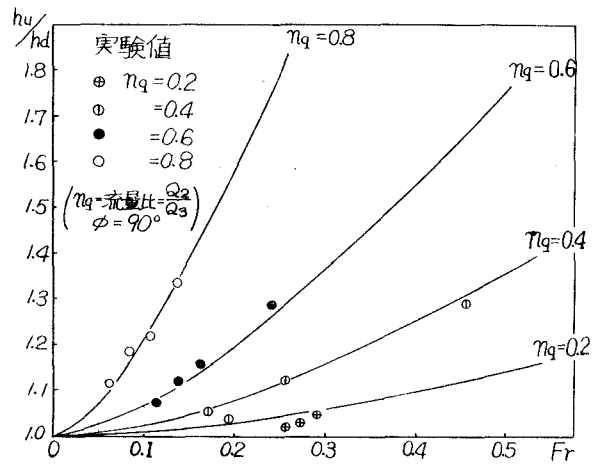


図-4 合流点より上流と下流との水位差