

河川合流部の模型実験について

岐阜大学工学部

正会員 河村三郎

岐阜大学工業短期大学部

正会員 三木秀雄

岐阜大学工学部

学生員 原田鉄也

1. 模型と実験装置

1) 模型 模型の縮尺は両河川の河相、実験場スペースなど種々の問題を検討して、水平方向、 $1:100$ 、鉛直方向 $1:100$ と決定し、本川、土岐川 (A 河川) については図-1 に示す丁杭 $1/8.3$ から丁杭 $1/4.3$ に至る 1 Km の区間を、支川、寿木川 (B 河川) については $N\phi 1$ から $N\phi 4$ に至る 190 m の区間を、実験の対象とした。模型製作に関しては、現地横断面図よりベニヤ合板の型板を製作し、この型板を基礎水路のタル木に挿入した。これら型板の間隙に粘土を入れて所要の河川形状にした。さらに、このとき、水位測定のある場所の最低部に内径 3 mm のビニール管を埋設し、このビニール管を内径 5 mm のビニール管に接続して水位測定ができるようにした。粘土で成形後、その上にモルタルを塗り、現地河川の粗度に対応させるように人工粗度を施しつつ仕上げた。

2) 実験装置

i) 流量調節 流量の調節はバルブで行い、流量の計測は長方形ゼッキの越流水深によって行うこととした。ii) 水位測定装置 模型水路底からビニール管を傾斜水位計に導き、サイフォンにより水位を測定した。水位計は 30° に傾斜させ水位を2倍に拡大して測定した。実験場平面図およびビニール管埋設位置を図-2 に示す。iii) 流速測定装置 プロペラ流速計 (直径 2.5 cm) をカウンター流速計 (三光精密製 B 型 C-2) に接続して計測した。

2. 相似律

実河川とその模型に添字 P, m をつけて区別、鉛直方向を H 、流下方向を L 、幅 B とし、さらに、流量を Q 、時間を T 、粗度係数を n 、流速を U 、水深を h 、径深を R とすると $\frac{Q_P}{Q_m} = \frac{B_P H_P}{B_m H_m} \sqrt{\frac{H_P}{H_m}}$, $\frac{T_P}{T_m} = \frac{L_P}{L_m} \sqrt{\frac{H_P}{H_m}}$, $\frac{n_P}{n_m} = \sqrt{\frac{L_m}{L_P} \left(\frac{H_P}{H_m} \right)^3 \left(\frac{\beta_P}{\beta_m} \right)^2}$ である。これらの式に $\frac{L_P}{L_m} = 100$, $\frac{H_P}{H_m} = 100$, $\frac{B_P}{B_m} = 100$, $\frac{\beta_P}{\beta_m} = 1.15$ を代入して $\frac{Q_P}{Q_m} = 10^5$, $\frac{T_P}{T_m} = 10$, $\frac{U_P}{U_m} = 10$, $\frac{n_P}{n_m} = 2.3648$ を得た。 $\frac{\beta_P}{\beta_m}$ に関しては、 $R_r = 3h_r$, $\beta = 1 + 2\alpha \left(\frac{h_P}{B_P} \right)$, ここで $R_r = \frac{R_P}{R_m}$, $h_r = \frac{h_P}{h_m}$, $\alpha = \frac{L_P}{L_m} \frac{h_P}{h_m} = 1.0$ である。A 河川上流部では、 $\frac{h_P}{B_P} = 0.05$ 、下流部狭く部では $\frac{h_P}{B_P} = 0.1$ である。 $\alpha = 1.0$ とし図-3 より $\beta = 1.15$ とした。模型の粗度については $n_m = \frac{n_P}{2.3648}$ より A 河川の場合、 $n_P = 0.035$ のとき $n_m = 0.0148$, $n_P = 0.04$ のとき $n_m = 0.0169$; B 河川の場合、 $n_P = 0.03$ のとき $n_m = 0.01269$ である。したがって、A 河川はモルタルハケ仕上げとし、B 河川はモルタルコテ仕上げとした。

3. 実験および実験結果

A 河川と B 河川の合流後の流量が $1,000\text{ m}^3/\text{sec}$ の場合を想定して実験を行った。流量比 (合流後流量 Q_3 に対する支川流入量 Q_2 の割合) が $0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ の6ケースについて

それぞれ合流点下流にあるせきの有無の状態について実験を行った。せきを有する場合と有しない場合について流量比によるせき上げ効果の比較を示したものが図-4である。

4. 合流部前後の相対水深

合流前後の相対水深に関する式は、次式で与えられる。²⁾

$$\left(\frac{h_1}{h_3}\right)^3 - (1 + 2\beta Fr_3^2) \left(\frac{h_1}{h_3}\right) + 2Fr_3^2 \left[\beta \left(1 - \frac{Q_2}{Q_3}\right)^2 + \eta \cos \theta \left(\frac{Q_2}{Q_3}\right)^2 \right] = 0 \quad \text{----- (1)}$$

A河川, B河川の場合には, $\theta = 85^\circ$, $\eta = 52^\circ / 38^\circ = 1.3684$, $\beta = 1.1$ を代入すると

$$\left(\frac{h_1}{h_3}\right)^3 - (1 + 2.2\beta Fr_3^2) \left(\frac{h_1}{h_3}\right) + 2Fr_3^2 \left[1.1 \left(1 - \frac{Q_2}{Q_3}\right)^2 + 1.3684 \cos 85^\circ \left(\frac{Q_2}{Q_3}\right)^2 \right] = 0 \quad \text{----- (2)}$$

ここに, h_1 : 合流前水深, h_3 : 合流後水深, Fr_3 : 合流後のフルード数, η : 支川幅に対する本川幅の比, θ : 合流角度, β : 運動量補正係数である。式(2)を使用して, $Q_2/Q_3 = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ の場合を計算し, 実験結果をプロットしたものが図-5である。

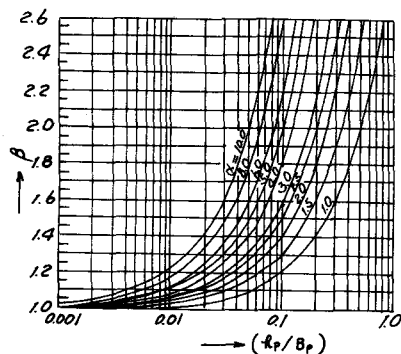


図-3 β と h_1/B_p の関係

5. 考察

図-4から考察すると, 支川流入による本川のせき上げ

効果は, 流量比 (Q_2/Q_3) の増加とともに増加しており, 支川流入によるせき上げ効果はかなり大きいことを示している。一方, せきの有無による水位の変動は, 合流部経路とせきとの間に限定され, せきの影響は合流点の上流部にはまだ達していない。図-5の相対水深とフルード数の関係については, 流量比によっても異なるが, $h_1/h_3 = 1.14 \sim 1.29$ の範囲にあり, 支川流入によるせき上げ効果はかなり大きいことを示している。

参考文献

1) 増田重臣, 河村三郎: “牧田川について(第二報)” 岐阜大学工学部研究報告

2) 河村三郎, 三木秀雄: “河川合流部における水理学的研究” 土木学会中部支部講演概要集, 1976, PP43-46

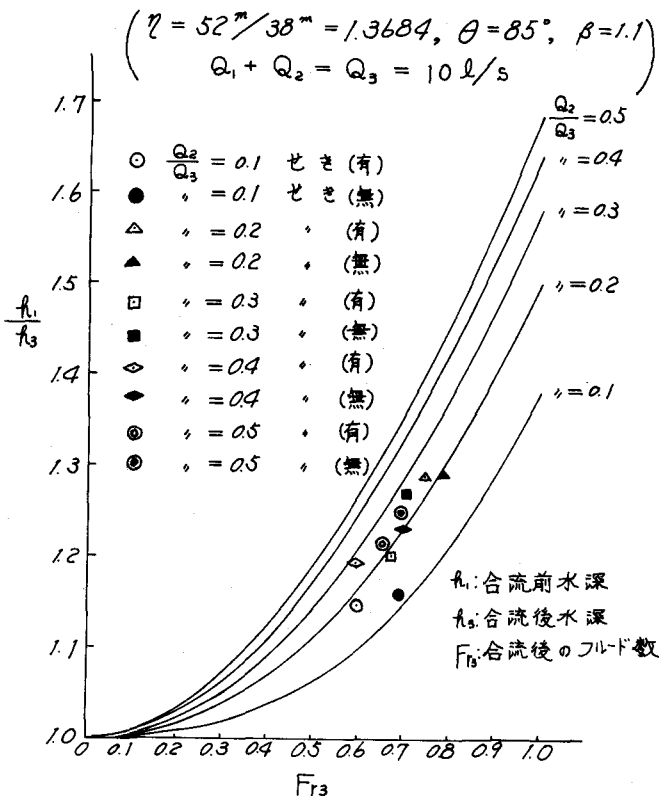


図-5 相対水深とフルード数の関係

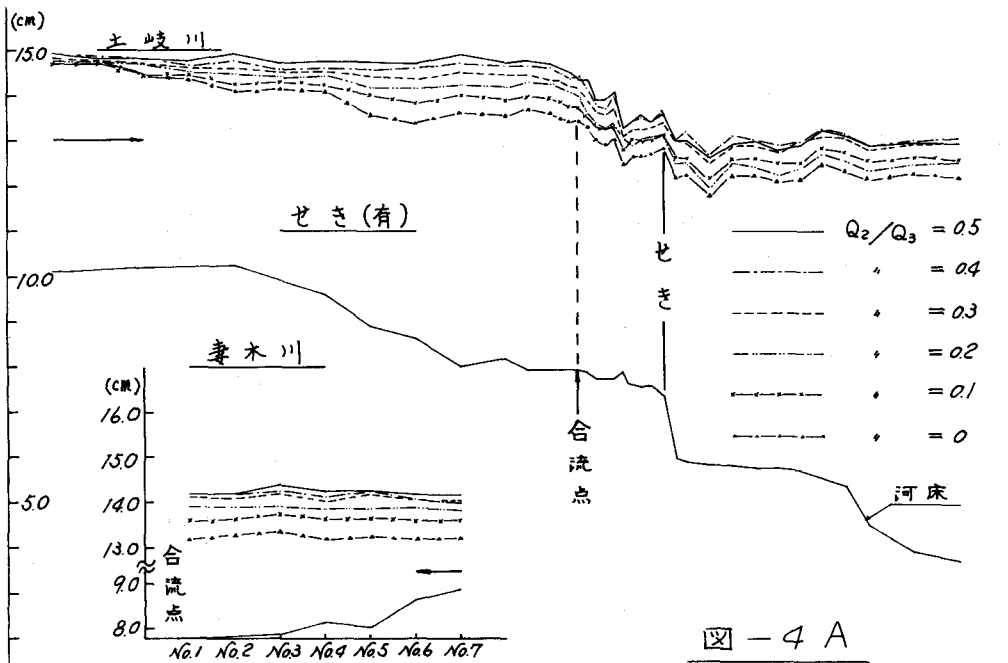


図-4 A

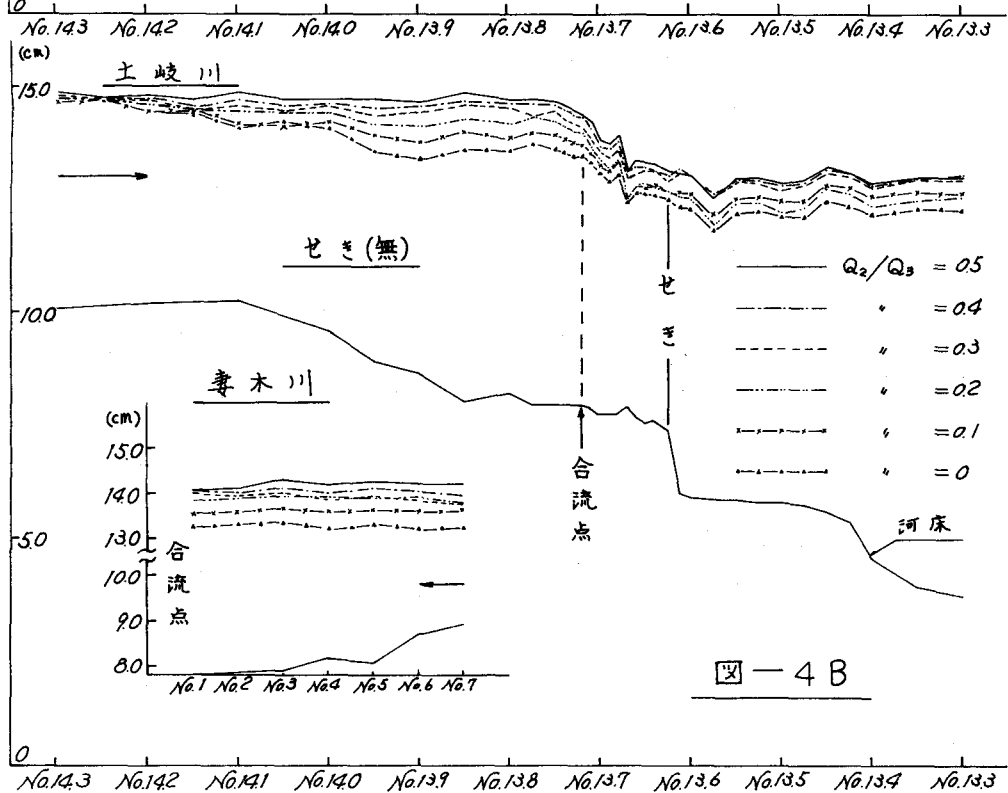


図-4 B

図-4 流量比(Q_2/Q_3)の相違による水面形の比較($Q_3=10\text{l/s}$)