

北海道大学工学部 正員 ○板倉 忠興

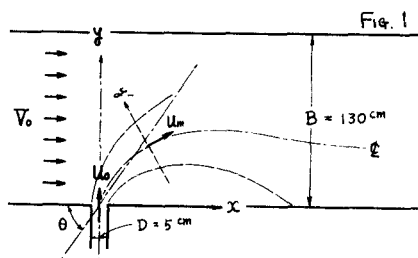
学生員 石井 千太郎

〃 増永 防夫

緒言 一般に河川の合流点是非常に複雑な様相を呈して居りその解析は簡単ではない。河川合流点における流れの機構の解析の第一段階としてそれを単純化した一つのモデルに、一様な流れに対して直角に或る幅を持った噴流が流入する場合を考えて実験を行い、静水中に流入する噴流の理論との比較を行った。

1. 実験

図-1のように幅130cm、長さ410cm、底勾配0の木製水路に50mm×50mmの正方形断面管を通じて噴流が流入する。流速測定には内径1mmのピトー管を用い水頭は傾斜型マノメーターで読み取った。流向は糸及び色素を用いて測定した。主流の流量は直角三角セキ、噴流の流量は50mm異形ベンチュリー管により測定した。



2. 噴流中心の軌跡

噴流中心の実測値を図-2に示した。

図中の直線は $x \propto y^{\frac{2}{3}}$ であり、 λ は主流流速と噴流流速の比 U_0/U_1 である。実験結果から見て或る点まではこの曲線に従って変化しそれ以後は $y = \text{一定}$ なる直線で近似するものとする。

B. G. NEWMAN¹⁾は図-3の様な無限の静水域に斜に流入する噴流の中心の軌跡として(1)式を得ている。

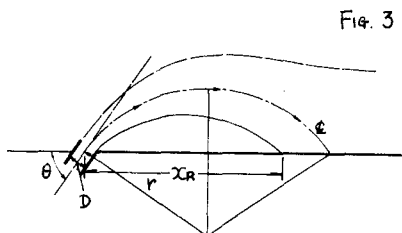
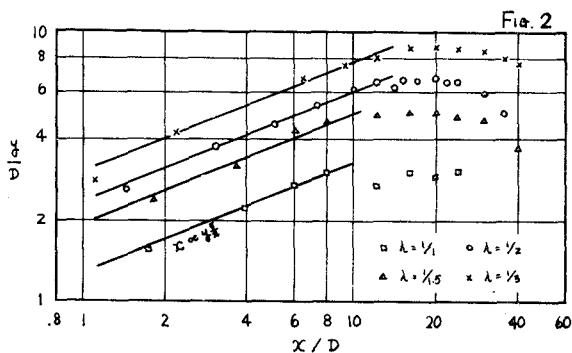
$$\frac{r}{D} = \frac{\sigma}{3\theta} \left(\frac{1}{t_1^2} - 1 \right) \quad (1)$$

ここに

$$\cos \theta = \frac{3}{4} (t_1 + t_2) - \frac{1}{4} (t_1^3 + t_2^3)$$

$$\frac{1}{t_2^2} = \frac{2}{t_1^2} - 1$$

σ : 実験定数 (流速分布は H. GÖRTLER²⁾による)



前述の $y = \alpha y^{\frac{1}{2}}$ から直線に移る点に關して著者らはこの理論の應用を試みた。流入角度を主流と噴流の流速の比を用いて(2)式の様に定義し、図-4に示す様な仮想の斜噴流を考える。

$$\tan \theta = \frac{U_0}{V_0} = \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

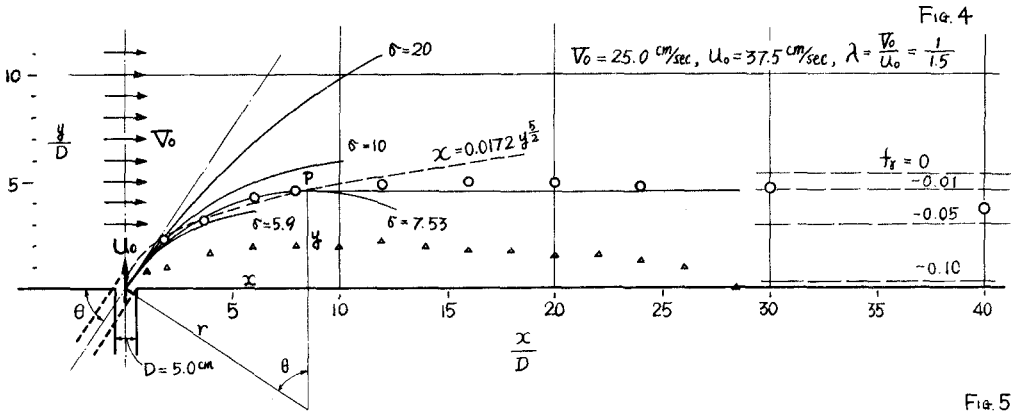


Fig. 4

半径 r の円と $x = \alpha y^{\frac{1}{2}}$ との交点 $P(x, y)$ を考えると

$$r = y + x \cot \theta = x \operatorname{cosec} \theta \quad (3)$$

また、これを(1)式へ代入すれば σ を求めることが出来る。図-4中には比較のため幾つかの σ に対する円も同時に描いた。後で述べる様に σ は一定ではなく噴流中心線に沿って次第に増加する傾向にあり従って r も連続的に増大し、その結果得られる包絡線が $\frac{1}{2}$ 乗になると考へる事も可能である。

REATTACHING POINT X_R に關しては B. G. NEWMAN による(4)式がある。

$$\frac{X_R}{D} = \frac{2}{3} \frac{\sigma \left(\frac{1}{\lambda} - 1 \right)}{\theta} \sin \theta - \frac{\tanh^{-1} t_2}{3 t_2^2 \sin \theta} \quad (4)$$

図-5は(4)式と実験値とを比較したものであるが、噴流の流入角度 θ を主流と噴流の流速比で定義しても $\sigma = \text{一定}$ とした静水中への斜噴流の場合に直接適用する事は無理の様である。

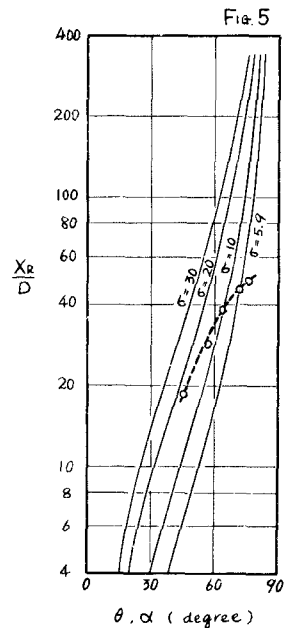
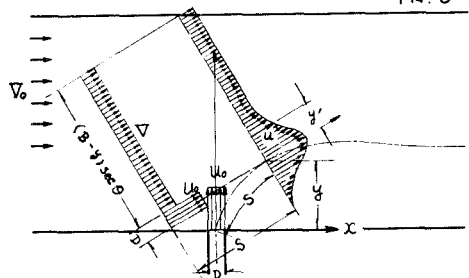


Fig. 6

3. 流速分布^{2) 3) 4) 5)}

主流中における噴流の中心線 (S) の形が適当な方法で見出されたとしてその法線上の任意点 (y') における流速を求める。図-6の様に中心線の接線の延長上にある仮想の原点から $-\frac{1}{2}D \leq y' \leq \frac{1}{2}D$ で $U_0 = U_0$, $-(B-y) \sec \theta \leq y' < -\frac{1}{2}D$ で $U_0 = V = V_0 \cos \theta$ の流速を持った無限小噴流の集合が遂に拡散を始め任意点 (y') に



達したものと考える。ここで無限巾の自由噴流の流速分布式としては H. GÖRTLER が PLANDTL の仮説から求めたものを採用する。H. GÖRTLER の解は線形方程式から求めたものではないので厳密には単にその解を重ね合わせる事は出来ないが式中の実験定数 σ は一定とせずに S によって変化すると考えその中に重ね合わせの影響による変化も含めて考えるものとする。

$$\frac{U}{U_{\infty}} = \left[\int_{\frac{1}{2}D-\frac{y}{S}}^{\frac{1}{2}D+\frac{y}{S}} (1 - \tan^2 \sigma \eta)^2 d\eta \right]^{\frac{1}{2}} + \left[\int_{\frac{1}{2}D-\frac{y}{S}}^{\frac{1}{2}D+\frac{y}{S}} \left(\frac{Y}{U_{\infty}} \right)^2 (1 - \tan^2 \sigma \eta)^2 d\eta \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

ここに $\lambda = (B-y) \sec \theta$

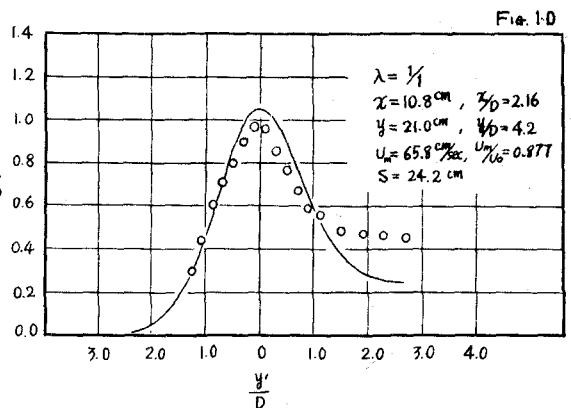
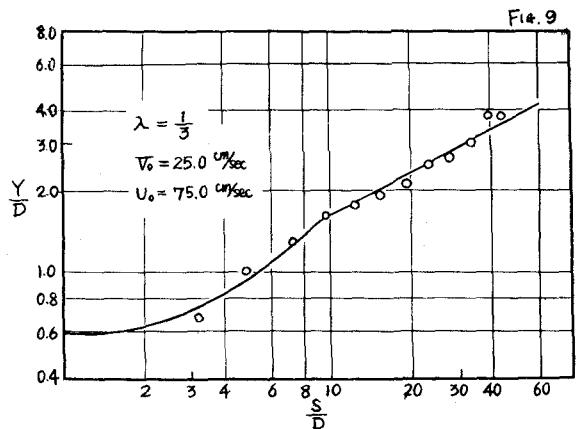
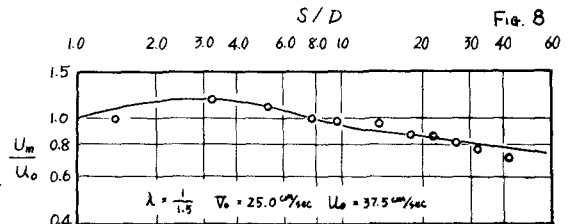
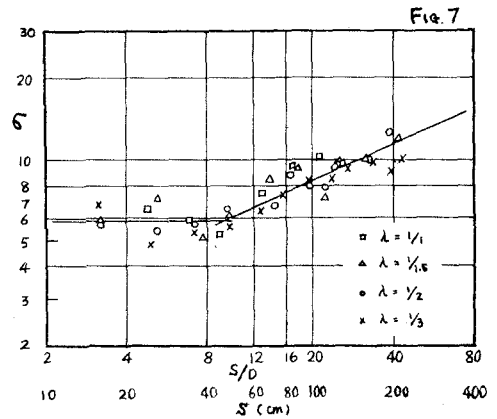
(5)式を用いて噴流の渦の側の流速分布の実験値から $Y = [y]_{U=U_m}$ における値に対して σ を逆算した結果を図-7に示した。

$\lambda \leq 10$ の範囲では σ はほぼ一定と考えられ $\sigma \approx 5.9$ を得た。さきに著者は静水中への有限幅平面自由噴流に対して³⁾ $\sigma \approx 8.8$ を得たがこの違いは、噴流がその拡散係数よりも大きな拡散係数を持つ流水中へ流入するためその影響を受けて見かけ上噴流の拡散係数が大きくなったものと考えられる。

$\lambda \geq 10$ については主流の幅の影響を受けて拡散が抑制され σ が見かけ上増大すると考えられる。この実験では $\sigma \propto \sqrt{S}$ に近い傾向を示している。

σ の変化を図-7中の直線の様に仮定して(5)式から求めた噴流中心流速の変化と実験値とを比較して図-8に示した。図-9は噴流幅を表す代表的量として Y をとり同様に(5)式と実験値とを比較したものである。図-10は流速分布の一例である。

次に渦の終端 $x = x_R$ における流速分布の近似解を求める。実験結果を考え合わ



さてこの検査面Ⅱにおける流速分布を図-11に示すような台形と仮定し V , b 及び水深 h を未知数にとりその値を求めることにする。 h_0 を検査面Ⅰにおける水深とし既知とする。また水深 h の方向に関しては一定とする。

運動量の方程式は x 方向について

$$\int h_0 B V_0^2 + \frac{1}{2} \rho g B h_0^2 = \int (B-b) h V^2 + \frac{1}{3} \rho b h V^2 + \frac{1}{2} \rho g B h^2 \quad (6)$$

連続の方程式は

$$(B-b) h V + \frac{1}{2} b h V = D h_0 U_0 + B h_0 V_0 \quad (7)$$

主流の平均値について Bernoulli の方程式は

$$\frac{V_0^2}{2g} + h_0 = (1-f_r) \frac{V^2}{2g} + h \quad (8)$$

ここに f_r : 合流による主流のエネルギー損失係数

上式から求めた値の一例は図-4中の破線である。同図中の実測値と比較すると合流による主流のエネルギー損失 (f_r) はこの場合殆んど無視して支障ない程度であることが判る。

以上は河川合流点の一つのモデルに対し、その解析の第一近似としての合流後の噴流中心の軌跡及び流速分布に対する概算の方法であるが、より適切な解析方法を今後も継続して研究して行く予定である。終りに本研究について絶えず懇切に御指導下さった岸カ教授に深く感謝の意を表します。

本研究は文部省科学研究(特定研究)「水理構造物の機能」(代表者東工大 吉川香夫教授)の一部である。

参考文献

- 1) NEWMAN, B.G.: "THE DEFLEXION OF PLANE JETS BY ADJACENT BOUNDARIES-COANDA EFFECT." Ed. LACHMANN, 'BOUNDARY LAYER AND FLOW CONTROL', PERGAMON PRESS, 1961, pp 232-264
- 2) GÖRTLER, VON H.: "BERECHNUNG VON AUFGABEN DER FREIEN TURBULENZ AUF GRUND EINES NEUEN NÄHERUNGSANSATZES", ZAMM, Bd. 22, Nr. 5, Okt. 1942, pp. 224-254
- 3) 岸カ・板倉忠興: "WALL JET に関する研究" 第18回土木学会年次学術講演会, 1963
- 4) 板倉忠興: "静水中における JET の拡散" 第19回土木学会年次学術講演会, 1964
- 5) 新津靖・加藤孝夫: "エア・カーテンの性能および設計に関する研究" 衛生工業協会誌, 第32巻10号, 第34巻2号, 第34巻12号, 第35巻4号