

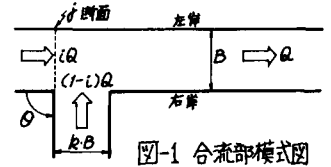
1. はじめに

開水路流れの合流に伴う物質の混合、拡散の予測は工学的に大きな問題点の一つである。これにアプローチするには合流機構のモデル化が必要である。jetの流入のように現象を二次元的に取り扱える場合についての合流機構モデルに関しては、従来多くの研究がなされており、種々の数流モデルによって流速分布および圧力分布が得られている。¹⁾しかし開水路の場合は合流部直下流での水面の横断勾配が顕著であり、現象は二次元的ではなく更に複雑であると考えられる。

本研究は、開水路流れの合流機構のモデル化の第一歩として、実験による水深と流向の分布の特性から、流れの領域および混合機構について考察を行なうものである。

2. 実験

合流模型水路は前報²⁾と同様である。図-1に示すように、本川水路幅 $B=30\text{cm}$ は固定し、合流角 θ および支川と本川の水路幅の比 k は変化できる。



実験は、本川合流部近傍の縦横断面形状の計測、およびタフト法による流向分布の計測を行なった。計測点は図-1の j 断面より 25cm 上流から下流に向かって、水面形では 10cm 間隔、流向は 5cm 間隔の断面において、水路幅方向は左右側壁近傍を含め 5cm 間隔の7点である。計測点の下流端断面は j 断面より水路幅の約4倍下流であるが、本実験範囲では水面の横断勾配および流向の一定方向への偏りは少なく、 j 断面より下流ではみられない。流向は同一地点で水面付近と河床より 5mm の高さの2点とした。

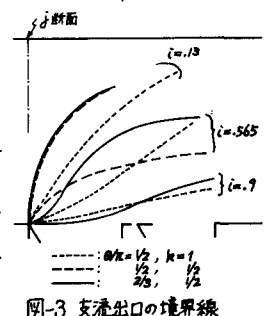
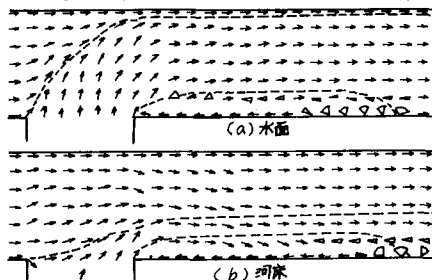
実験ケースは、 $\theta/\pi=1$ において $k=1$ および $1/2$ 、および $\theta/\pi=2/3$ において $k=1/2$ の計3ケースの幾何条件のもとに、流量比 $i=.13$ 、 $.565$ 、および $.9$ の3ケース、および水深調節用の水路下流端増高 $W=0$ および 4cm の2ケースを組み合わせ、計18ケースである。合流系下流側の流量は $Q=4\text{Q/s}$ とした。ここに i は、合流系上流側の本川流量と Q の比である。計測点下流端断面におけるフルード数の範囲は $0.15\sim0.5$ である。

3. 実験結果と考察

i) 流れの領域および混合機構について；タフト法による流向分布の一例を図-2(a)、(b)に示す。流向は流水中の糸の方向を水平面に投影するよう写真撮影、およびスゲツチしたもの、各計測点で矢印によって、または変動する場合はその範囲に扇形によって示している。(a)、(b)は同一の実験ケースであり、前者は水面付近、後者は河床付近のものである。図の $i=.13$ の場合は両者の相違が特に顕著であるが、支流から出たと規定される流向は水面に比べ河床付近が本川水路軸となす角度が小さい。 $i=.9$ の場合は差は明瞭ではない。

これらの流向を連続な線によって結びとみかけ上流線を描くことができ、また流線の出発点と支流出口の両角部にとればこの線分によって平面は3つの領域に分割される。いま仮にこれを左岸のり方順にA、BおよびC領域と呼ぶことにする。2本の境界線を同上図上に破線によって示した。実際の三次元的な流れを平面で切ったデータを用いているから流線は連続の線分としては得られないものもあり、境界線は形式的なものである。

二つのA-B境界線の特性を検討する。特に i が小さい場合水面と河床のもの



相違は大きく前者の方が左岸寄りである。支川出口上流側り表面の境界線の形状は図-3に例を示すが、二次元 jet の場合と異なり、出口直後の接線方向は支川側壁に必ずしも平行でなく、また曲りは楕円形でないものもある。またこの部分では境界線に沿って流向の変動している場合がある。角部の境界線の接線と本川水路軸とのなす角は、 θ が等しいケースでは θ が小さい程、また k が小さい程大きい。

表面と河床付近の両境界線とも、本実験範囲では断面より 2~3 倍の距離干流の断面で本川水路軸と平行となり、平衡状態となる。二における境界線と左岸との幅の大きさは θ が等しければほぼ等しいが、 θ が $\theta = 5.65$ が最大で、 $\theta = 9$ の場合が最も小さい。図-4 に平衡状態における境界線の水路幅方向の位置の θ による相違として、水面と河床を直線で結んだ境界面を実線と示す。同図上に全水路幅を左岸から流量比 θ で配分した境界を破線と入れているが、これは本流と支流が完全に二次元的に分離して流れると仮定した場合の境界であると考えられる。これらの境界面と左岸との間の面積は、図からわかるように θ によって実線と破線とは大きさが異なる。 $\theta = 0.13$ の実験ケースでは、A 領域の面積の全断面面積に対する比が約 0.32 であり、本流の流量比 0.13 より大きい。よって流速の連続から、河床に垂直に境界面を通過して B から A 領域に移行する流れが存在せねばならない。このことから、水面と河床の境界線が弯曲しながら離れて行く上、下で流向の相違があるところで、支流表面の流れが本流の A 領域に捲り込んでいることが推定できる。これを模式的に図-5 (a), (b) に示す。(a) は水路を上から見たもので矢印の付いた太い実線は水面付近、破線は河床付近の流れ、および細い実線と破線の曲線はそれぞれにおける境界である。実線から破線に連続した流れは境界面を通過して A 領域に捲り込んでいることを表わしている。図中の 1-1 断面は (b) に示すが、境界面の下部の A 領域において支流の流れと本来の本流の流れが混合していると考えられる。

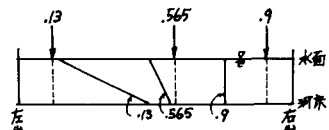


図-4 境界面

$\theta = 9$ の場合は逆に A から B 領域に移行していることが図-4 からわかる。この場合境界線の水面と河床付近の差異は明瞭ではないから、上の場合のようになり A 領域への移行は少ない。A から B へ移行は、境界線上で流向が変動している実験結果から、本流と支流の流速差による生ずる渦が混合の役割を果たしていることが予想される。

以上混合に関していづれり作用が卓越するかにについては、合流点近傍の横断水面勾配と境界に生じる渦の特性に關係すると思われる。

ii) 水面の横断勾配について：水面の結果の一例を図-6 に示す。上述の B 領域に相当する領域で図-5 (b) のような水面勾配がみられるが、A および C 領域では縦断勾配はあるが横断勾配は微小である。断面と、水路幅 B の 3~4 倍下流の断面の水深の關係は既報³⁾で示したように与えられるが、左右側壁の水深差に關しては同様の方法で次式によって与えられる。

$$\int_0^L (h_l^2 - h_r^2) dx = 2 \sin \theta (1 - \theta^2) Q^2 / (g k B h_g) \quad (1)$$

ここに h_g ：断面の水深、 h_l , h_r ：それぞれ左岸と右岸側壁の水深、 x ：断面から本川下流方向への軸、および L ：control volume 長である。実験値では $L = 3.3B$ と仮定する。一般に左の方が大きく式 (1) は成立立たない。成立するような L は幾何条件に關係し (1~1.5)B であり、これは control volume の下流端が支川出口の下流側角部の直下流側の奥に相当している。

4. おわりに

本研究は文部省科学研究費、自然災害特別研究（代表者：神田敬神戸大助教授）の補助を受けた。また実験と解析には本校卒業生、森川一弘（大阪市）、福島正雄（日立造船）の援助を受けた。記して謝意を表します。

参考文献 1) Steki, Aeronautical Quarterly, 1976. 2) 多田, 第35回年講, 1980. 3) 室田明・多田, 水田構築, 1981.

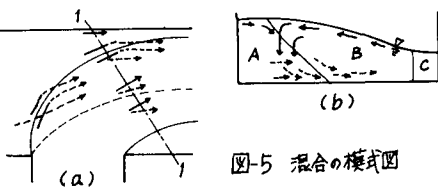


図-5 混合の模式図

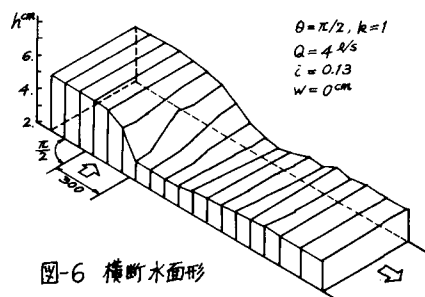


図-6 横断水面形

$$\begin{aligned} \theta &= \pi/2, k=1 \\ Q &= 4 \text{ m}^3/\text{s} \\ \theta &= 0.13 \\ w &= 0 \text{ cm} \end{aligned}$$