

熊本大学大学院 学生員 ○森 高信
 熊本大学工学部 正 員 大本照憲
 水資源開発公団 正 員 松尾 誠
 九州大学工学部 正 員 平野宗夫

1.はじめに

河川合流部は、河状特性を異にする2つ以上の川が混合して複雑な流況を呈するために、河床には局所洗掘・堆積を生じ易く治水上の弱点となる。そのため、河川工学では導流堤や瀬割堤を設け、流れを安定化する方法が取られている。しかしながら、合流後の乱流構造に関しては不明な点が多い。本研究では、合流部における大規模渦構造を明らかにするために二河川が平行に合流する比較的単純な流れ場を想定した実験を行い、本川と支川の流速差によって生ずる鉛直渦と合流前に安定して存在した縦渦列との相互作用および合流後の三次元乱流特性について検討した。

2.実験装置および方法

実験水路は、長さ6m、幅25cm、高さ23.5cmの亚克力製樹脂の可変勾配水路である。隔壁として厚さ1mmのステンレス板が水路上流端より長さ2mにわたって水路中央に設置されている。流速変動は、表-1の水理条件下で隔壁より下流に0.5cm, 20cmおよび50cmの三断面において計測された。センサーには、熱線流速計システムにX型エンドフロブロープを使用し、流速の主流方向成分と鉛直方向成分、および主流方向成分と横断方向成分の同時計測が同一地点で行われた。

表-1 水理条件

		縦綫粗度				滑面		
		Run1	Run2	Run3	Run4	Run5	Run6	Run7
流速比	α	0	0.25	0.5	1.0	0	0.5	1.0
水深	H (cm)	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13
本川平均流速	U_1 (cm/s)		11.58	12.75	15.39		12.62	15.00
支川平均流速	U_2 (cm/s)		9.02	7.57	5.16		7.50	4.93
断面平均流速	U_m (cm/s)	10.10	10.25	10.08	10.19	10.10	9.98	10.10
水路勾配	I_0	1/500	1/500	1/500	1/500	1/500	1/500	1/500
フルード数	Fr	0.183	0.185	0.182	0.184	0.183	0.180	0.182
レイノルズ数	Re	2775	3208	3155	3189	2775	3124	3161

3.実験結果

(1) 二次流ベクトルおよび流れ関数の等値線

図-1、2および3は、各々Run3、6および7における二次流ベクトルおよび流れ関数の等値線を示す。図-2より、二次流の水平方向成分は高速流域では正の符号を低速流域では負の符号を持つこと、および鉛直方向成分は隔壁延長線上($y/H=0$)より若干低速側領域に寄った位置で強い上昇流、それ以外の領域では弱い下降流となっていることが認められる。一方、図-1より合流前まで河床に縦綫粗度を設けた場合には、二次流は $y/H=0$ より若干低速側領域に寄った位置および $y/H=\pm 2$ の近傍において上昇流、 $y/H=\pm 1$ の近傍で下降流となっていることがわかる。ところで、本川と支川の間に流速差のないRun1の場合には、 $y/H=0$ および ± 2 の近傍で上昇流、また $y/H=\pm 1$ の近傍で下降流となる縦渦列が観察された。しかし、図-2の流れ関数の等値線から流速差が $\alpha=0.5$ で底面が滑面のRun6においては、 $y/H=\pm 2$ の近傍において上昇流となる水深スケールの縦渦は明瞭には現れておらず、水路中央に1対の変形した縦渦の存在が示唆されることから、鉛直渦によって

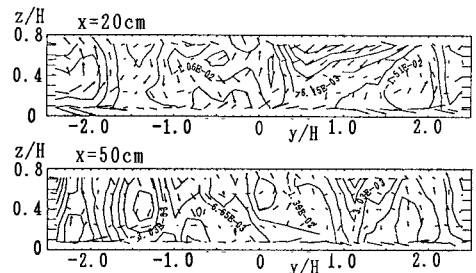


図-1 二次流ベクトルおよび流れ関数の等値線 (Run3)

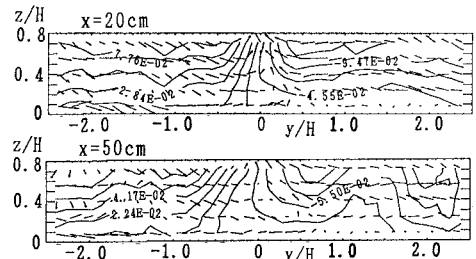


図-2 二次流ベクトルおよび流れ関数の等値線 (Run6)

変形されたことが考えられる。合流前に縦渦列が安定して存在した場合には、図-1の流れ関数の等値線から水路中央の縦渦列は変形しているが、配列は流速差のない場合と類似していることがわかる。 $\alpha=0.25$ のRun 2の場合にはRun 3と同様の結果であったが、 $\alpha=1.0$ のRun 4および7の場合には低速領域の $y/H=1$ 近傍で上昇流、高速領域の $y/H=1$ の近傍で下降流となる一個の縦渦として存在し、これまで合流部で見いだされた縦渦列と異なることから鉛直渦の影響が大きいことが予想される。

(2) 主流速の等値線

図-4はRun 3およびRun 6の場合の $x=50\text{cm}$ 断面における主流速の等値線を示す。図より低速領域側の等値線が高速領域側の等値線の下にもぐり込むような形となっていることがわかる。また等値線は、図-1および図-2で示した二次流ベクトルの方向に突出しており、二次流の主流速への影響が無視し得ないことがわかる。

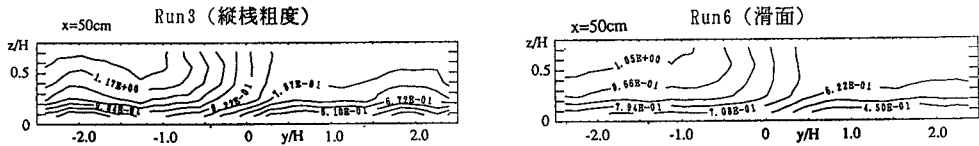


図-4 主流速の等値線 ($\alpha=0.5$)

(3) 主流速の自己相似性

図-5は、Run 3および4の $x=50\text{cm}$ における主流速の無次元横断分布を示す。なお、河床よりある高さにおける極大流速差 $\Delta U (=U_{\max} - U_{\min})$ を代表流速とし、 ΔU を主流速の横断方向変化率の極大値で除した値 $\delta (= \Delta U / |\partial U / \partial y|_{\max})$ を代表長さとしている。また、図中の実線はWyganskyにより与えられた二次元混合層における無次元主流速分布の経験式をプロットしたものであり、次式によって求められる。

$$F(\eta) = (U - U_{\min}) / \Delta U = [1 + \tanh(\eta) \{1 + (2/3) \text{sech}^2(\eta)\}] / 2, \quad \eta = (y - y_c) \quad (1)$$

ここに、 y_c は $(U_{\max} + U_{\min})/2$ に相当する y の値である。図-5より無次元化した主流速の横断分布は、 $\alpha=0.5$ および1.0のいずれも $\eta=0$ の近傍だけではなく、二次流の影響により $F(\eta)$ が波状性を示す位置においても鉛直方向にはほぼ相似形が保たれているが目される。また、二次元混合層と比較して本研究が対象としている三次元混合層では、 $\alpha=0.5$ の場合には $\eta=0$ の近傍では式(1)の適合性は良いが、波状性を示す $\eta=\pm 2$ の近傍において二次流の影響が強く現れることが認められ、この影響を考慮する必要がある。また $\alpha=1.0$ の場合には $\eta=0$ の近傍で主流速は式(1)の値に比べて横断方向の変化が急激であることがわかる。この一因として、 $\alpha=1.0$ の場合には対を成した縦渦列ではなく、低速側の $y/H=1$ 近傍で上昇流、高速側の $y/H=1$ 近傍で下降流となる扁平な縦渦が発生していることから、この縦渦が主流速の分布形に影響したことが考えられる。

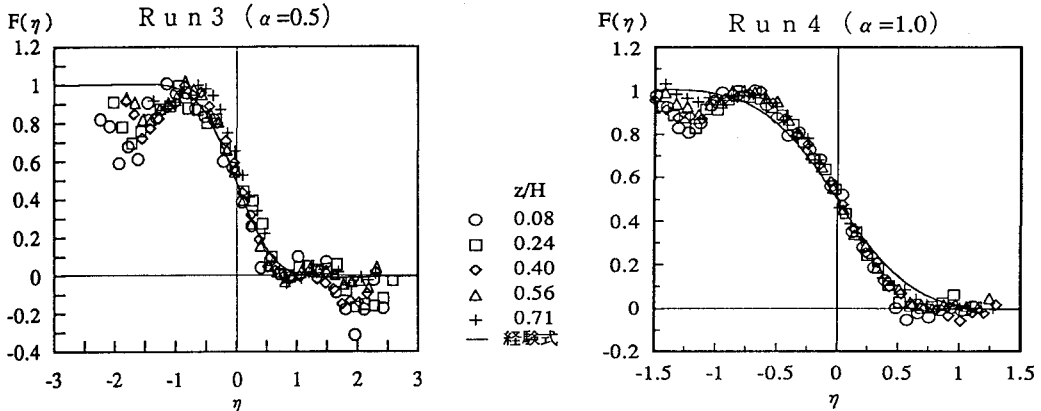


図-5 無次元主流速分布

- 参考文献 1) 大本、平野、天野、松尾：水工学論文集第36巻、PP.373-378,1992
2) 松尾、大本、平野、福永：土木学会第47回年次講演会、PP.278-279,1992