

II-205

開水路合流部の流れの乱流構造について

岐阜大学工業短期大学部 正員 藤田 一郎
 岐阜大学工学部 正員 河村 三郎
 名古屋港管理組合 正員 佐々木 浩二
 大和ハウス工業（株） 正員 横 博之

1. まえがき

従来、直線状あるいはわん曲した開水路における大規模な乱流構造の解明については、可視化法およびホットフィルム流速計等を用いた乱流計測による実験が数多く行われている。しかし、開水路が合流する場合の流れは非常に複雑な三次元流況を呈し、解析が容易ではないことなどから研究例が少なく¹⁾ ²⁾、流れの内部構造、大規模乱流構造等に関しては十分な検討が行われていないのが現状である。そこで本研究では、直角合流の流れについて水理実験を行い、主に合流部を中心とした乱流計測によって、流れの内部構造、特に二次流を含めた流れの三次元構造を定量的に明らかにした。また、流量比 Q_r やフルード数 Fr の影響についても検討した。

2. 実験装置と実験方法

本実験に用いた水路は、本川幅30cm、支川幅20cm、深さ30cmの循環式水平勾配水路で、水路床と側壁はアクリル製である。計測には、直径3mmの超小型正逆プロベラ流速計（SV-3W）と、境界層用90° X型ホットフィルムプローブを使用した。プロベラ流速計では10Hz、ホットフィルム流速計では50Hzのサンプリングで計測を行い、得られた出力はA/D変換ボードを組み込んだパーソナルコンピュータ（PC9801-VX）で統計処理を行った。本実験における水理条件を表-1に、測定断面を図-1に示す。

表-1 実験ケース

実験ケース	Q_r	Q_r	Fr	プロベラ	ホットフィルム
RUN A1	5.0	0.2	0.476	●	
RUN A2	5.0	0.4	0.476	●	
RUN A3	5.0	0.6	0.476	●	
RUN B1	2.5	0.2	0.238	●	●
RUN B2	2.5	0.4	0.238	●	●
RUN B3	2.5	0.6	0.238	●	●

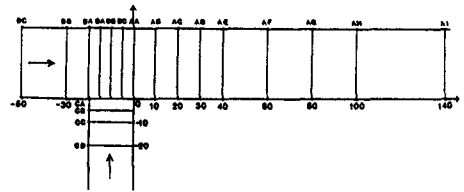


図-1 測定断面

3. 実験結果と考察

1) 平均流速分布、乱れ強度分布

主流方向平均流速分布 U_s

の一例を図-2に、主流方向乱れ強度分布 $U_t s$ の一例を図-3に示す。等値線の値は合流点下流の一樣流領域の断面平均流速 U_m で無次元化した値である。流量比 Q_r (= 支川流量/合流後流量) の増大に伴い最大流速を示す位置は河床近傍へ移動し、 $Q_r = 0.6$ では合流後、ほぼ河床付近に最大流速が現われることがわかる。これは、流量比 Q_r が大きくなると死水域内の渦活動が活発になり、水面付近に比べて河床付近では相対的

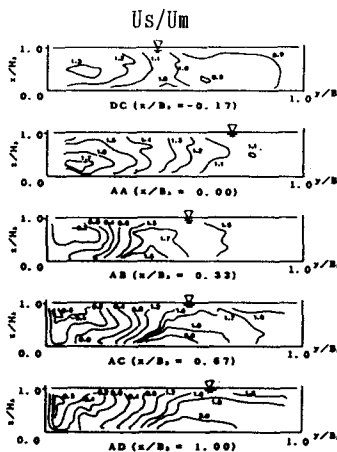


図-2 主流方向平均流速分布 (RUN B3)

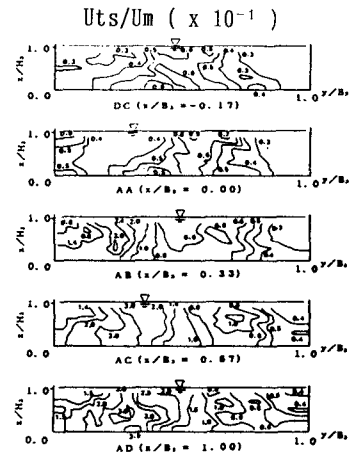


図-3 主流方向乱れ強度分布 (RUN B3)

に圧力が低下し、その結果死水域に向かうかなり大きな流れを生じるためだと考えられる。また、一定の流量比に対しては、 Fr 数の違いによらず、流速分布形状はほぼ相似形を保つことがわかった。

乱れ強度分布に関しては、断面内での最大値の等値線がほぼ剥離せん断層の形状に対応していると考えられるが、剥離せん断層の領域は中層部で最も大きく、河床付近で最も小さくなっていることがわかる。

2) 二次流の流速ベクトルと流れの三次元構造

主流方向の平均流速 U_s と水平方向流速 V_s 及び鉛直方向流速 W_s をもとにした二次流の流速ベクトルを図-4に示す。合流直後の断面(DB, AA断面)では、わずかながら下降流が卓越していることがわかる。剥離直後の断面(AD, AG断面)では、平均流速分布形状より推測されていた死水域に向かう二次流が明らかに存在していることがわかる。また、これらの流れに誘起されて死水域の対岸側に逆向きの縦渦が形成されている。また、AD断面では $Y/B_3 = 0.4$ 付近でかなり大きな下降流が認められ、 $Y/B_3 = 0.0 \sim 0.5$ の範囲で、時計回りの大規模な縦渦が形成されており、 $Y/B_3 = 0.5 \sim 1.0$ の範囲では、それに引き寄せられるような流れが生じている。AG断面では、AD断面で述べた渦の他に $Y/B_3 = 0.5 \sim 1.0$ の底面付近で対をなすように、反時計回りの弱い縦渦が生じていることがわかる。

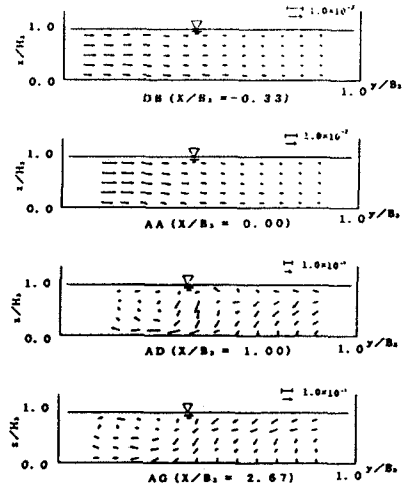


図-4 二次流の流速ベクトル (RUN B2)

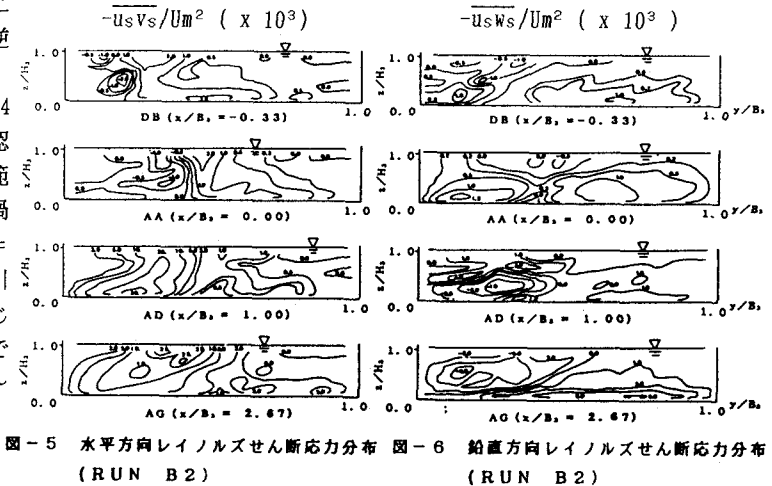


図-5 水平方向レイノルズせん断応力分布 図-6 鉛直方向レイノルズせん断応力分布 (RUN B2)

3) レイノルズ応力

レイノルズ応力分布図を図-5、図-6に示す。DB, AA断面における水平方向レイノルズせん断応力のピーク領域は、合流した2つの流れの境界に生じる自由せん断層の位置にほぼ対応していると考えられる。DB, AA断面におけるピーク領域は剥離せん断層に対応していると思われる。AD断面における水平、鉛直レイノルズせん断応力の値を比較すると、剥離せん断層近傍においては、水平成分の方が卓越しており、鉛直渦の発達が著しいものと考えられる。

4. おわりに

本研究では、まずプロペラ流速計を使用して、死水域を含めた合流部付近の全体的な流れの内部構造を定量的に明らかにし、つぎにホットフィルム流速計での詳細な乱流計測により、二次流を含めた流れの三次元構造をほぼ把握することができた。今後は、さらに詳細な計測を行うと同時に、合流角が変化したときの流れの内部構造への影響について検討していく予定である。

<参考文献>

- 1) 板倉 忠興：河川合流点における流れの機構の研究，第16回水理講演会講演集，1972。
- 2) 神田 徹・山崎 篤：開水路合流部の流れの水理学特性，建設工学研究所報告，第19号，1977。