

京都大学防災研究所 正員 石垣 泰輔
 京都大学防災研究所 正員 今本 博健
 京都大学大学院 学生員 木下 聖司

複断面開水路流れは低水路部と高水路部の流れから成り、その境界部では流体の激しい混合が生じているにめ
 流れは複雑なものとしており特有の抵抗特性を示している。本報告は、複断面流れの水理特性を知るための基
 礎として、平均速度分布について、低水路部と高水路部の境界付近の分布形を自由せん断流の分布形との相似性
 について検討するとともに、内部構造との関連について実験的に検討しにものである。実験は、幅100cm、深さ
 30cm、長さ16mの循環式直線水路において、幅30cm、高さ1cmの高水敷を左右兩岸に敷設し、直径3mmの超小型
 プロバ流速計を用いて速度計測を行はうとともに、幅40cm、深さ25cm、長さ13mの循環式直線水路において、
 幅12cm、高さ2cmの高水敷を敷設し、アルミニウム粉末を塗布しにおが屑をトレーサーに用いてカメロン効果利
 用による可視化実験を行は、た。なお、いずれの水路でも床勾配は $I=1/1000$ としている。

1. 速度分布の相似性

複断面流れの平均速度の横断分布を見ると、低水路部
 の速い流れと高水路部の遅い流れが互いに干渉し合い、
 その分布形を決定している。この分布形より、噴流や後
 流などの自由せん断流の速度分布形状との相似性の存在
 がうかがわれ、ここにその検討を行はう。

図-1は、低水路部および高水路部の境界付近におけ
 る平均速度の計測結果を用い、代表流速として低水路部
 と高水路部で横断方向に速度がほぼ一定となる区間の境
 界値を用いて整理しにものである。なお、図中の理論曲
 線は、噴流、後流および

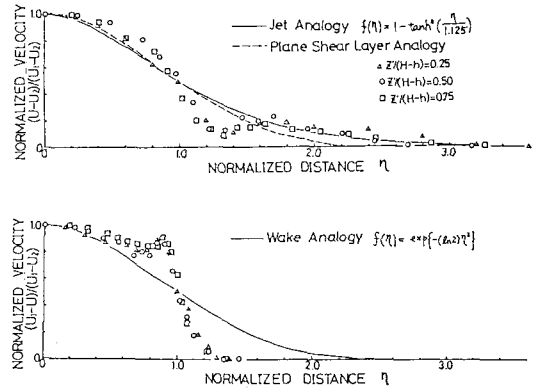


図-1 速度分布の相似性 (1)

2次元せん断層に対する
 Görtler の解を示してい
 る。図より、噴流および
 2次元せん断層の分布形
 との適合性は良いが、後
 流については適合性はあ
 まり良くないことがわかる。

図-2は、低水路部と
 高水路部を独立に取り扱
 い、自由せん断流の速度
 分布形および Rajaratnam
 -Ahmadi の提案式との適
 合性を検討しにものであ
 る。いずれの分布形も適
 合性に大きな差異は認め

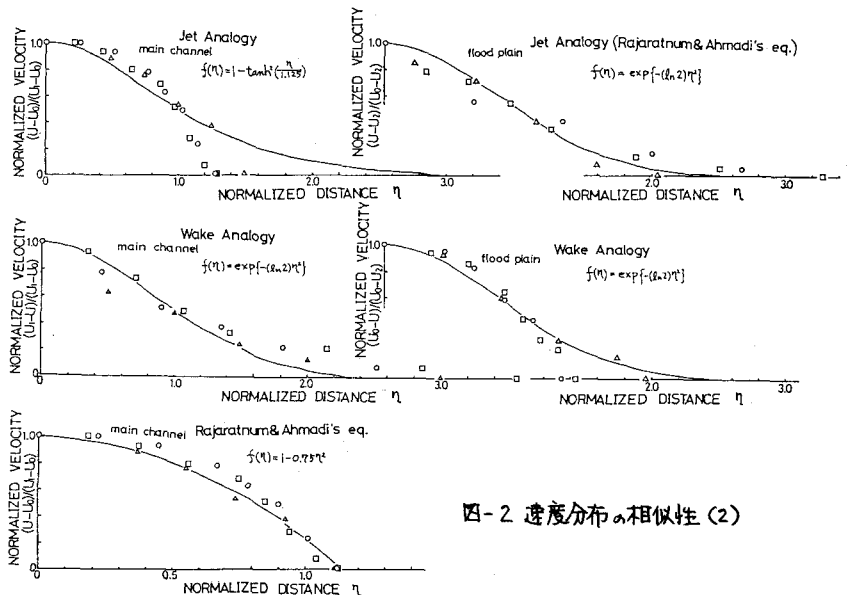


図-2 速度分布の相似性 (2)

られたい。以上のように、分布形状からは自由せん断流の速度分形との相似性は認められるが、流れの内部構造との関連が考慮されておらず、その面からの検討が必要である。

2. 速度分布と内部構造

複断面流れにおいては、高水敷先端付近より自由表面に向う斜昇流が存在し、その付近の速度の横断分布を計測結果に基づいて模式的に表わすと図-3(A)のようになる。ここで、レイノルズ応力の測定結果を因中(B)に示すような三角形分布で近似し、Prandtlの第2級差を用いることにより速度分布は2次式で表わされることになる。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} \tau_i &= \frac{d_i}{d_i} \tau_{0i} \\ \tau_i &= \rho \epsilon_i \frac{d u_i}{d y_i} \end{aligned} \right\} \rightarrow u_i = \frac{\tau_{0i}}{2 \rho k_i d_i^2 \Delta u_i} y_i^2 + \bar{u}_i \rightarrow u_i = \bar{u}_i + \Delta u_i \left(\frac{y_i}{d_i} \right)^2$$

$$\epsilon_i = k_i d_i \Delta u_i \quad \text{--- (1)}$$

となる。ここに、 τ :せん断力、 ρ :密度、 ϵ :渦動粘性係数、 d :横断方向スケール、 Δu :速度差、 k は定数である。 a, c, e, g 点の速度計測結果を与えて(1)式と計測値との適合性を見ると図-4のようになり、(1)式の妥当性がうかがえる。図-3において a および g 点は、境界部の流体混合の影響が及ぶ範囲と考えられ、(1)式を計測結果に適用することにより得られた高水敷端より a および g 点までの距離を、高水敷部水深($H-h$)で基準化して整理すると図-5のようになる。図より、自由表面に近づくにしたがって影響範囲は広がるとともに、低水路部水深 H が大きくなるにつれ相対的に影響範囲は狭くなることから知られる。

速度分布に見られる極小値および極大値は、それぞれ斜昇流の位置と斜昇流により喚起される縦渦が下降する位置に相当すると推測される。このことは、カメロン効果を利用して可視化結果からも確かめられる。すなわち、写真-1を実体視することにより図-6のような速度分布の実体視像が得られ、速度分布特性、斜昇流の自由表面に達する位置、縦渦の配列などが面的に確かめられる。

以上、速度分布と内部構造との関係が定性的に述べられたが、今後は点計測と流れの可視化を同時に行ない流れの3次元特性について検討して行く予定である。

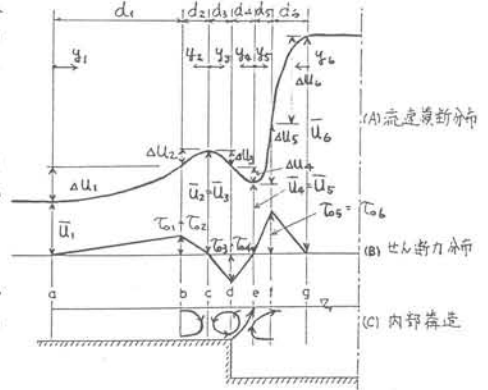


図-3 速度分布と内部構造

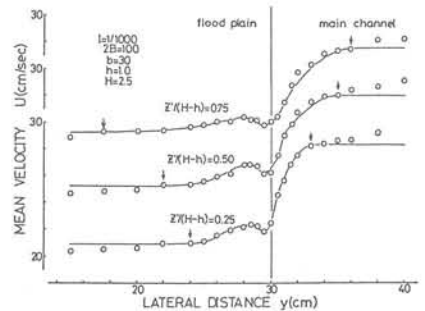


図-4 分布式の適合性

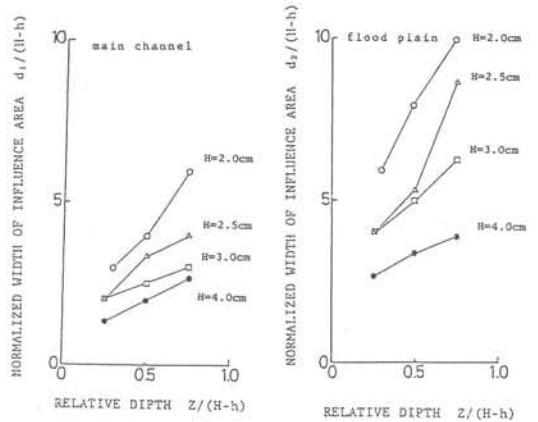


図-5 境界部の影響範囲

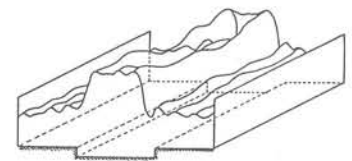
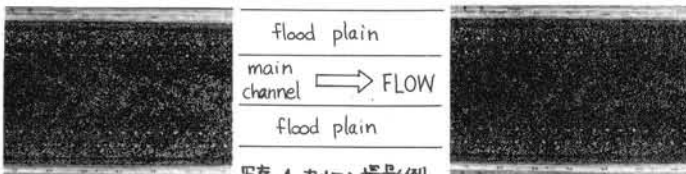


図-6 速度分布の実体視像