

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 ○久 下 俊 夫

複断面水路における流れは，単断面の場合と異なり，高水敷の存在のためかなり複雑な性状を呈し，その水利特性については不明の点が多く残されている。本研究は，複断面水路における流れの水利特性を解明するための第一段階として，種々の複断面水路形状を対象とし平均および乱れ速度の分布特性をホットフィルム流速計により実験的に明らかにしようとしたものである。

1. 実験装置および方法

実験水路は，幅40cm，深さ20cm，長さ13mの亚克力樹脂製滑面直線水路であって，高水敷として種々の大きさの亚克力樹脂板が水路下流端より両側壁に沿い約10mにわたって敷きつめられ，その路床こう配は1/500に設定されている。また，高水敷の高さは1.6，3.2および4.8cmの3段階，幅は4，8，12および16cmの4段階に変化させた合計2種類の複断面水路形状が実験の対象とされている。

流速の計測にはホットフィルム流速計を用いたが，流れ方向の速度成分のみを対象とする場合には1成分用円錐型プローブを，流れ方向およびそれに垂直な2種の速度成分を対象とする場合には2成分用V型プローブを使用した。流速計の応答特性については静水中でプローブを移動させる検定法により求めた。なお，ホットフィルム流速計の使用に際しては，流水の温度変化ならびに流水中に含まれる微細粒子のプローブへの付着がもっとも重要な問題となるが，これらの影響を極力除去するよう細心の注意が払われている。

また，データの処理は，流速計の出力を一旦データレコーダに記録し，A-D変換器により数値化したのち電子計算機により行なったが，数値化におけるサンプリング周波数は20Hz，データ数は400個を基準とし，必用に応じて数回の繰返し解析を行ないその平均値を採用することにした。

2. 平均および乱れ速度分布

図-1は，高水敷高 $h=3.20\text{cm}$ ，高水敷幅 $b=12\text{cm}$ ，低水路の路床を基準とした水深 $H=5.6\text{cm}$ の場合について，2成分用V型プローブによる平均および乱れ速度の計測結果を示したものであるが，この図よりつぎの事項が知れる。まず，図-1(1)は，流れ方向の平均速度 U については等速度線による表示を，横方向および鉛直方向の平均速度 V および W については小さな黒丸で示した計測点ごとに矢印によるベクトル表示を用いて示したが，流れ方向の等平均速度線図によると，高水敷先端近傍において低水路側への低速度領域の広がりならびに高水敷自由表面近傍における低水路側からの高速度領域の広がりが認められる。また，横方向および鉛直方向の合成ベクトルによると，高水敷先端近傍から低水路側自由表面に向かう顕著な上昇流とともに，高水敷側自由表面近傍における接岸流および路床面近傍における離岸流，ならびに低水路側における高水敷との隅角部に向かう下向流および中央部路床面近傍における上昇流

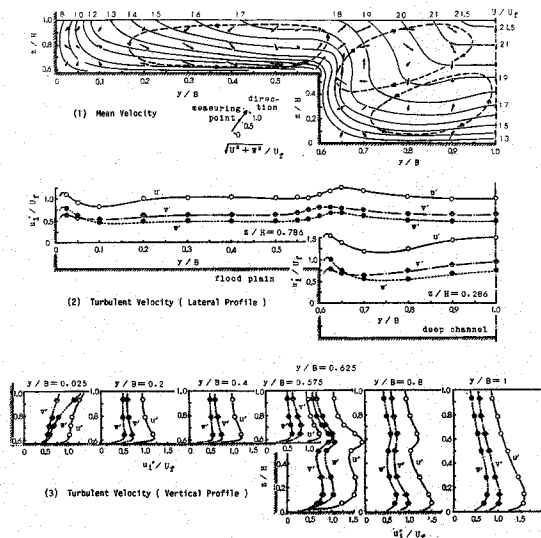


図-1 流れ方向，横方向および鉛直方向の平均および乱れ速度分布（流量 $Q=5.68\text{ l/sec}$ ）

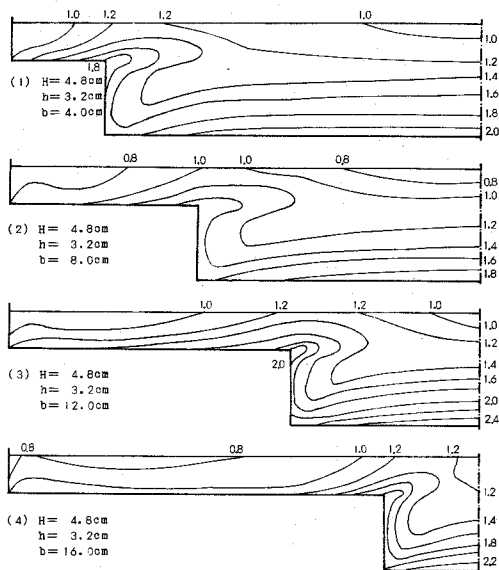


図-2 等乱れ速度線図 (高水敷幅の効果)
— 数値は u'/U_f を表わす

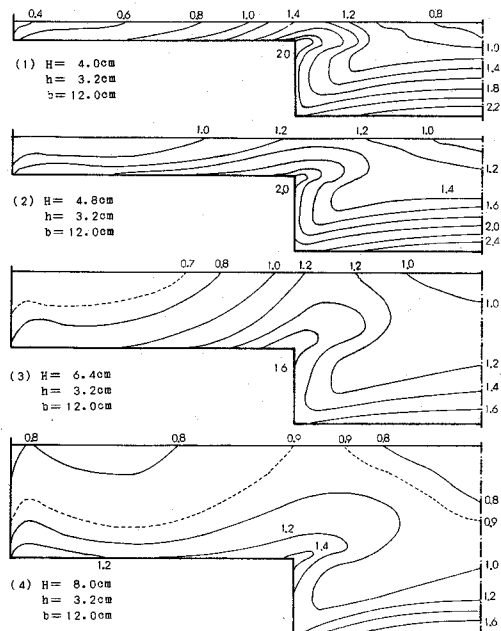


図-3 等乱れ速度線図 (水深の効果) — 同左

の存在が認められ、図中に示されるような3種のら旋流の存在が推測される。一方、図-1(2)および(3)は、流れ、横および鉛直の3方向の乱れ速度 u' , v' および w' の横および鉛直分布を示したものであるが、横分布より低水路側と高水敷側との境界面近傍においていずれの方向の乱れ速度も極大となるとともに、鉛直分布より低水路側では高水敷高と同程度の高さ付近において極大となり、高水敷より離れるにしたがってその傾向は薄れることが知れる。また、3方向の乱れ速度の大きさを比較すると、大半の領域では $u' > v' > w'$ であるが、側岸ならびに低水路岸近傍では壁面の束縛性により横方向と鉛直方向の乱れ速度の大きさは逆転し $v' > w' > u'$ となる。なお、平均および乱れ速度はいずれも径深に基づく摩擦速度 U_f で無次元化されている。

3. 断面形状の効果

平均および乱れ速度分布より明らかなように、複断面水路の流れにおいては低水路側と高水敷側との境界面近傍に低平均速度ならびに強乱れ速度で特性づけられる領域の存在が認められるが、以下においては、このような領域の広がりや断面形状との関係を乱れ速度の分布特性より検討する。

図-2は、水深および高水敷高を $H=4.8\text{cm}$, $h=3.2\text{cm}$ の一定に保ち、高水敷幅 b を変化させた場合の流れ方向の乱れ速度 u の分布を等乱れ速度線によって示したものであるが、強乱れ速度の領域が高水敷先端より低水路側に広がり、 b が水路の半幅 B に比し小さい場合、強乱れ速度の領域は低水路側に大きく張り出すが、低水路中央部において等乱れ速度線は路床面にはほぼ平行となっており、高水敷の影響は中央部にまで及ばないのに対し、 b が大きくなるにしたがって高水敷側の等乱れ速度線が高水敷面に平行になるとともに高水敷の影響が低水路中央部に達し、さらに b が大きくなると対岸の影響により強乱れ速度領域の横方向への広がりが制限されることが知れる。また、 h および b を一定 ($h=3.2\text{cm}$, $b=12\text{cm}$) とし、 H を変化させた場合について示した図-3によると、強乱れ速度の領域は H が大きくなるにしたがって鉛直上方への広がりが顕著となり、側岸の影響と絡みあって、等乱れ速度線は低水路側および高水敷側のいずれにおいても鉛直に立ち上がる傾向が見られる。

以上のように、複断面水路における流れはとくに高水敷先端近傍において単断面の場合と異なった性状を呈し、低平均速度ならびに強乱れ速度で特性づけられる領域の存在が指摘されるが、今後においてはさらにこの領域における混合機構の解明を目的として Reynolds 応力の特性についての検討を進めたい。