

北海道大学大学院	学生員	小野寺 勝
北海道大学工学部	正 員	黒木 幹男
北海道大学工学部	正 員	岸 力

1. はじめに

複断面水路の流れの構造は、きわめて複雑であり、未だ統一的な説明がなされているとは言い難い。昨年移動床複断面水路で砂州の形成領域を調べた実験の際、染料を用いて可視化により高水敷と低水路の境界において、流れの高水敷上への乗り上げと、低水路への沈み込みといった現象が、砂州の有無にかかわらずみられた。本論文では、実験水路を平坦固定床にし、同様の現象の確認と、境界部近傍の流速、流向をプロベラ流速計による点計測で測定するとともに、横断方向流速を流れの抵抗に結び付け検討を行った。

2. 実験方法

本実験では、全幅80cm、長さ10mの可傾斜水路を使用した。高水敷、低水路とも、平均粒径2mmのほぼ均一な碎石を平坦に敷つめ、高水敷高と低水路床高の差は1.23cm、高水敷幅、低水路幅はそれぞれ20cm、40cmである。この実験では、高水敷上の水深を1.13cm(実験1)、および1.40cm(実験2)の2ケースについて行った。高水敷河岸付近の流れの乗り上げ、沈み込みの可視化には、ポスターカラー水溶液をトレーサーとして用いた。流速、流向の測定は、実験1では水面から0.5cm、実験2では、1cmの深さで、横断方向に低水路中央から左半部を、プロベラ流速計を用いて行った。

3. 複断面水路の流れ

トレーサーにより流況の観測を行った。高水敷と低水路の境界部付近で、低水路河床から上昇し高水敷に乗り上げる流れと、高水敷から低水路に向かって沈み込む流れが認められた。このような乗り上げ、沈み込みの発生する位置は、比較的安定しており流れ方向に周期性を持っている様である。このような現象が明瞭に認められる区間の1つを選んで(上流から180~220cm地点)で流速、流向を測定した。、主流速 u および横断方向流速 v の分布の測定の1例を図1に示す。 v の分布では、正は、低水路から高水敷に向かう方向にとっている。境界部付近の v の分布をみると、第1, 2断面で $v > 0$ 、第3, 4断面で $v \approx 0$ 、第5断面で $v < 0$ となっている。高水敷上の流れについて、平均的には第1断面で $v > 0$ 、第2, 3断面で $v \approx 0$ 、第4, 5断面で $v < 0$ となっている。また、高水敷上の

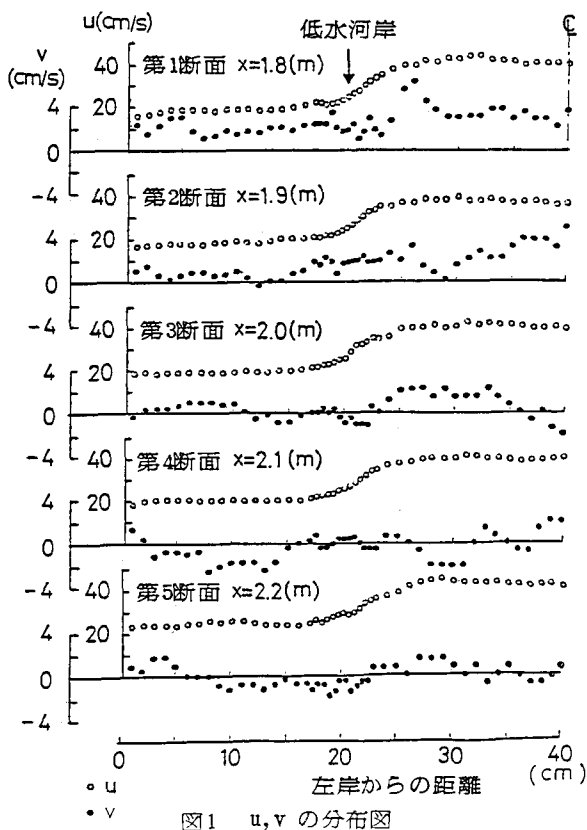


図1 u, v の分布図

u の分布をみると、流下に従って流速が増大する傾向が認められる。上流断面付近で低水路から高水敷に流れ込んでいる流れは、高水敷の流れを加速しつつ、流下とともに方向を変え、下部断面付近で再び低水路に流れ込んでいると考えられる。このような流れを生じさせる原因はいまのところ不明である。低水路の流れ自体に内蔵するとすれば、低水路内の流れの蛇行などが考えられる。実測値 v は低水路の上流断面で $v > 0$ が卓越、下流断面では縦横断面方向に v の正負の領域が複雑に入り組んでおり、明確に蛇行を判定することはできない。可視化による観測でも定常的な蛇行は認められなかった。

4. 複断面流れの抵抗

直線複断面流れにおいて、高水敷と低水路の流れの交換が存在することが確かめられた。低水路の流れが蛇行する場合には、このような交換現象はより明確になることが推定される。このような流れの交換にともなう運動量の輸送を考えると、低水路から高速の水塊が高水敷に流入する際に、低水路の流れは加速され運動量が増加する。反対に、高水敷から低速の水塊が低水路に流入する際に、低水路の流れは減速され運動量は減少する。このような運動量輸送にともなう付加抵抗が複断面の流れを特徴付けるものと考えられる。こうした運動量輸送にともなう付加抵抗については、低水路河岸付近の渦を対象にした玉井らの解析がある。ここでも、ほぼ同様な考え方で、前節で測定した v の値を用いて付加抵抗を見積り、マンニング則を用いて高水敷、低水路の流量を求めると次式のようにになる。

$$Q_1 = \frac{b_1 \cdot h_1}{n_1} R_1^{2/3} i_1^{1/2} \simeq b_1 \cdot h_1 u_{10} \left\{ 1 - \frac{h_2 v (u_{10} - u_{20})}{g A i_0} \right\} \quad (1)$$

$$Q_2 = 2 \frac{b_2 \cdot h_2}{n_2} R_2^{2/3} i_2^{1/2} \simeq 2 b_2 \cdot h_2 u_{20} \left\{ 1 + \frac{h_2 v (u_{10} - u_{20})}{g A i_0} \right\} \quad (2)$$

R_1, R_2 : 低水路、高水敷の径深 u_{10}, u_{20} : 流れの交換のないときの低水路、高水敷の平均流速

図3に固定床実験で得た水位—流量曲線を示す。

図中の丸印が、実測値、破線が従来の断面分割法による計算値を示すが、計算値の方がほぼ一様に実測値よりも大きくなっている。(1)、(2)式のそれぞれ第1項は、流れの交換を考えない通常の断面分割法による流量であり、第2項が流れの交換の効果を表現する項である。 v が与えられれば第2項が確定する。図3の実線は、上記の方法で求めた計算値である。実験による v の値で、概略値を与えることにし、 $v = 1, 2 \text{ cm/s}$ の2通りの場合を示した。破線で示した従来の断面分割法によるものよりは、実測値に近くっており、高水敷、低水路間の流れの交換にともなう付加抵抗の導入により、複断面水路の抵抗増加をある程度説明することができる。しかし、 v の与え方によって補正量は異なり、 v の見積りが重要である。今後は断面の形状や、水深、流速、流路の平面形状の影響を考慮するとともに、実河川における v の見積り法を検討することが必要である。

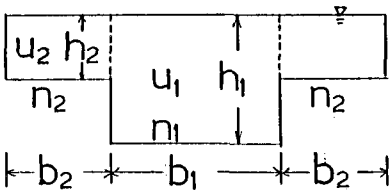


図2 水路形状

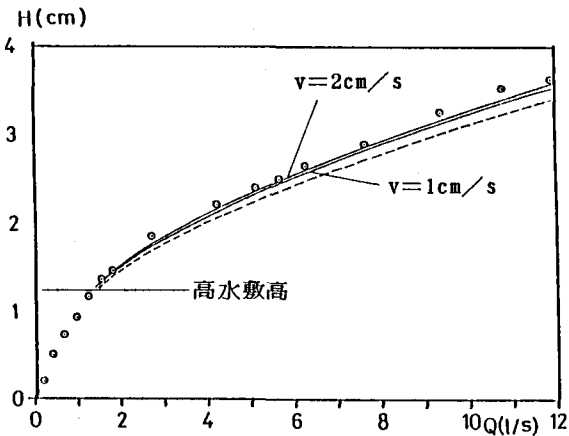


図3 H—Q曲線