

複断面水路における浮遊砂の流送機構

京都大学防災研究所 正員 芦田 和男
 京都大学防災研究所 正員 藤田 正治
 京都大学大学院 学生員 劉 炳義
 神戸市 正員 田中 孝昌

1. まえがき 複断面河道においては、低水路と高水敷の境界付近の横断方向への拡散現象によって、低水路上の浮遊砂が高水敷へ輸送され堆積する。この堆積量の予測は河川管理上重要であるが、そのためには、複断面河道の浮遊砂濃度分布の計算法を明確にする必要がある。本研究は、複断面直線水路における浮遊砂の濃度分布、高水敷上の浮遊砂の沈降量の分布および掃流砂量の分布について実験的、理論的に検討するものである。

2. 実験の概要 実験水路は、幅40 cm、長さ8 m、勾配1/670であり、高水敷の幅は20 cm、高さは2 cmと5 cmの2種類である。流量は7 l/sとし、平均水深は、高水敷高さ2 cmの場合(Case A) 5.1 cm、5 cmの場合(Case B) 7.1 cmであった。上流端から平均粒径0.1 mmの砂を0.87 cm³/sの割合で低水路のみに一様に給砂し、浮遊砂が流下方向および横断方向に拡散し、高水敷に沈降する過程を図-1に示すような採砂箱とサイフォンで測定した。

測定断面は給砂点から0.5, 1, 2, 3および4 mの地点である。なお、低水路には、Case Aで0.3 cm、Case Bで0.4 cmの波高の砂遣が生じたが、その波高は実験中あまり変化しなかった。以下、図-1のように、流下方向、横断方向および鉛直方向の座標軸をx, y, z軸とする。

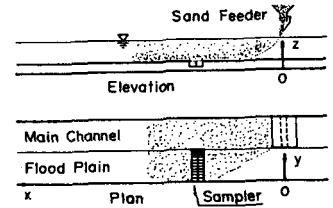


図-1 実験装置

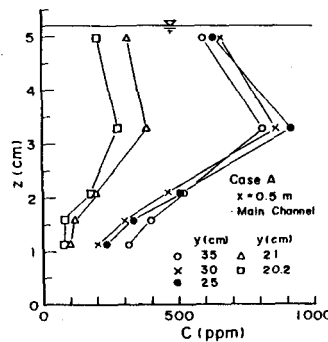


図-2(a) 濃度分布(低水路)

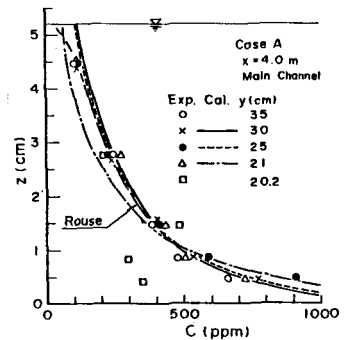


図-3(a) 濃度分布(低水路)

3. 浮遊砂濃度分布 図-2(a)(b) 図-3(a)(b)はCase Aのx=0.5 mおよび4 mにおける高水敷および低水路上の濃度分布の実験値を示したものである。x=0.5 mでは、濃度分布は平衡状態に達していないが、流下とともに濃度が発達し、x=4 mでは、濃度分布がx=3 mのものとはほぼ一致

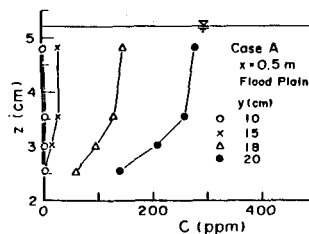


図-2(b) 濃度分布(高水敷)

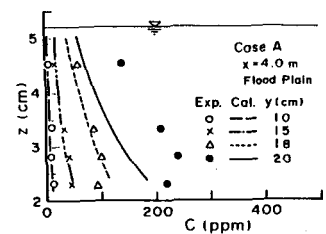


図-3(b) 濃度分布(高水敷)

することから平衡濃度分布が形成されていると考えられる。図-3(a)にはラウス分布も示しているが、低水路と高水敷の境界付近を除けば、濃度分布はほぼラウス分布に従っていることが

Kazuo ASHIDA, Masaharu FUJITA, Heig: RYU and Takamasa TANAKA

わかる。しかし、境界付近では、横断方向への拡散現象の影響により、濃度分布もラウス分布とかなり相異している。

4. 高水数上の浮遊砂の沈降量と掃流砂量の分布

図-4(a),(b), 図-5(a),(b)は、Case AおよびCase Bの高水数上の浮遊砂の沈降量と掃流砂量の横断分布の実験値を示したものである。河床付近の浮遊砂濃度は流下方向に発達し、またそれに伴って横断方向にも拡がるため、沈降量は流下方向に増加し、横断方向の沈降範囲も流下するにつれて増加する傾向がある。河床に沈降した砂粒子は主として掃流砂となり流送されるため、掃流砂量の分布も沈降量の分布と同様の傾向を示す。また、沈降量や掃流砂量は高水数と低水路との境界より2~5 cmほど高水数側で極大となる傾向がある。高水数の先端には斜昇流が生じ、二次流が形成されることが明らかにされており¹⁾、二次流の下降流の位置が極大点の位置に相当しているものと推察される。以上のよう、濃度分布や沈降量の分布性状は、とくに、境界付近で横断方向の拡散や二次流の効果を非常に強く受けているものと考えられる。

5. 理論的検討 以上の濃度分布や沈降量分布に対して、次式の平衡状態における拡散方程式より検討する。

$$\frac{\partial}{\partial y}(\varepsilon_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\varepsilon_z \frac{\partial C}{\partial z}) + w_0 \frac{\partial C}{\partial z} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $\varepsilon_y, \varepsilon_z$ ：横断方向および鉛直方向の拡散係数、 w_0 ：砂粒子の沈降速度である。境界条件は、側壁で $\varepsilon_y \frac{\partial C}{\partial y} = 0$ 、水面で $\varepsilon_z \frac{\partial C}{\partial z} = 0$ 、 $z = 0.05 h$ (h ：水深) で $C = C_a$ (低水路)、 $\frac{\partial}{\partial y}(\varepsilon_y \frac{\partial C}{\partial y}) + w_0 \frac{\partial C}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z}(\varepsilon_z \frac{\partial C}{\partial z}) = 0$ (高水数) である。上述の境界条件で、本解析では C_a に実験値、 $\frac{\partial}{\partial z}(\varepsilon_z \frac{\partial C}{\partial z})$ は無視でまゐるものとした。また、 ε_z はラウス分布、 ε_y は文献2)によって与えた。Case Aの濃度分布と沈降量分布、Case Bの沈降量分布の計算値を図-2、図-4(a)、図-5(a)に示す。沈降量は水深の5%の位置の濃度に沈降速度をかけた算定した。計算値は実験値とほぼ一致しているが、境界付近の詳細な分布性状については十分表現できていない。これは、 ε_y の横断分布や鉛直分布がまだ明確でないことや、二次流による移流の効果が基礎式に導入されていないためと考えられる。

6. あとがき 平衡状態の拡散方程式を使って、濃度分布や沈降量分布はある程度シミュレーションできるが、さらに高水数と低水路の境界付近の流れの特性を考慮した計算法を考へる必要がある。

<参考文献> 1) 今本・石垣, 第27回水講, pp. 41~66, 1983, 2) 茅田・藤田, 昭62年度関西支部年講 (投稿中)

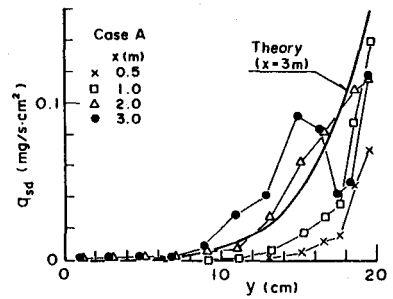


図-4 (a) 沈降量分布 (case A)

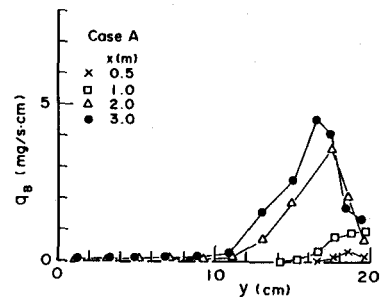


図-4 (b) 掃流砂量分布 (case A)

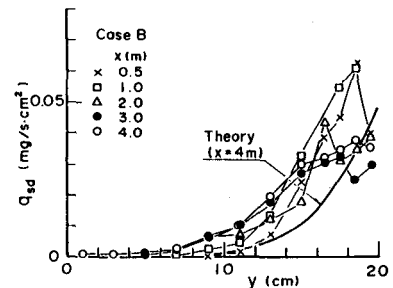


図-5 (a) 沈降量分布 (case B)

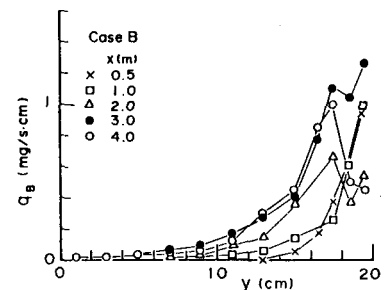


図-5 (b) 掃流砂量分布 (case B)