

II-133

複断面直線河道における浮遊砂の流送と堆積

京都大学防災研究所 正員 藤田 正治
 京都大学防災研究所 正員 芦田 和男
 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、低水路側の高濃度な浮遊砂が高水敷側に輸送され堆積し、この堆積量の予測が河川管理上重要な問題となる。本研究では、流速分布を測定して横断方向の砂粒子の拡散係数について検討するとともに、浮遊砂濃度および高水敷上の浮遊砂の沈降量と掃流砂量の分布特性について実験的、理論的に検討する。

2. 流速分布と横断方向の拡散係数

実験は幅40cm、長さ8m、勾配1/673の水路を用いて行い、そこに幅20cm、高さ2cmの高水敷を片側に設置した。実験条件は表-1に示すとおりであり、流速測定には直径3mmのプロベラ流速計を用いた。ここに、 Δ :高水敷高さ、 Q :流量、 h , H :低水路および高水敷上の水深、 I :エネルギー勾配である。図-1は各実験条件に対する鉛直平均した流下方向の流速の横断分布を示したものであり、高水敷の先端から少し高水敷側に入った所で流速の極大値が見られ、従来指摘されているように¹⁾低水路と高水敷の境界付近に生じる二次流の影響がみられる。

さて、高水敷と低水路との相互作用領域内で水平方向の渦動粘性係数 ε を横断方向および鉛直方向に一定とし、山崎・石川らの研究²⁾と同様に運動方程式から横断流速分布を求め、この結果をもとに ε を求めると、

$$\varepsilon = (\gamma^2 h/2) \cdot \Delta u^2 \{ (\sqrt{u_1} + \sqrt{u_2})/u_* \}^2 \quad \dots\dots (1)$$

となる。ここに、 u_1, u_2 :相互作用領域外の低水路および高水敷の鉛直平均流速、 γ :係数(ここでは約0.03)である。実験結果と式(1)より ε を求め、鉛直平均流速の横断分布を計算すると図-1のようになり、境界付近を除けば全体的には実験値と適合している。従って、近似的には式(1)より流速の横断分布が計算できるものと考えられる。

次に横断方向の砂粒子の拡散係数 ε_y を ε と等しいものとして、 ε_y について検討する。 ε_y を支配すると思われる因子として横断方向の平均水深 H_m 、低水路と高水敷の流速差 $\Delta u (=u_1 - u_2)$ 、無次元高水敷高さ Δ/H などが挙げられるので、 ε_y をこれらの変数で無次元化し、 $\varepsilon_y/H_m \Delta u$ を Δ/H をパラメータとして表示すると図-2のようになる。

本実験では $\varepsilon_y/H_m \Delta u$ はほぼ0.12~0.22であり、 Δ/H とともに増加する傾向があることがわかる。しかし、この関係の一般性についてはさらに検討を要する。また、図中には、4.で述べる濃度分布の計算値と実測値との比較から ε_y を求めた結果(ただし、 $\Delta/h=0.45$)も示している。式(1)より ε_y を求めても近似的に濃度分布を計算することができるが濃度分布の実測値を詳細に説明するためには、このような ε_y の横断分

表-1 実験条件

Case	Δ (cm)	Q (l/s)	h (cm)	H (cm)	I
1	2.0	1.9	2.9	0.9	1/609
2	2.0	4.9	4.5	2.5	1/592
3	2.0	7.1	5.2	3.2	1/574

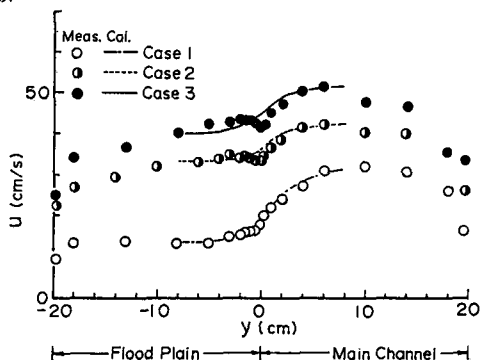


図-1 鉛直平均流速の横断分布

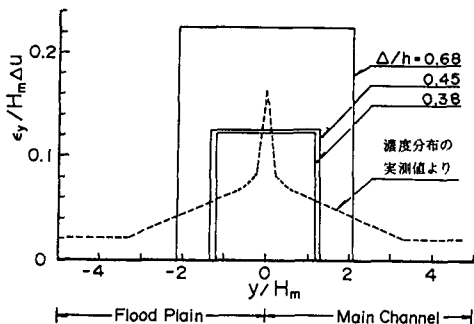


図-2 砂粒子の横断方向の拡散係数

布を考慮する必要がある。

3. 濃度分布と高水敷上の浮遊砂沈降量および掃流砂量の横断分布

実験水路および高水敷の形状は2.と同様である。流量は71/s、低水路における平均水深は5.1cmであり、水理条件は、2.のCase2とほぼ同じである。水路上流端から平均粒径0.1mmの砂を0.87cm³/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採砂箱とサイフォンを用いて調べた。図-3は、給砂地点から4m下流の地点における濃度分布を示したもので、この断面では濃度はほぼ平衡状態に達していた。この図にはラウス分布も示しているが、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わかる。また、境界より少し高水敷側で濃度が極大になっていることがわかる。図-4, 5は、高水敷上の浮遊砂の沈降量と掃流砂量の横断分布を示したもので、浮遊砂が流下するにつれて横断方向へも拡散し、浮遊砂の沈降範囲が増大することがわかる。沈降量や掃流砂量は境界から2~5cm高水敷側で極大となる傾向がある。このように、境界付近に形成される二次流は濃度分布や高水敷の堆積量の分布にも影響を与えているものと考えられる。

4. 理論的検討 3.で示したような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。

$$\frac{\partial}{\partial y}(\varepsilon_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\varepsilon_z \frac{\partial C}{\partial z}) + w_o \frac{\partial C}{\partial z} = 0 \quad \dots\dots(2)$$

ここに、 ε_z :鉛直方向の拡散係数、 w_o :砂粒子の沈降速度である。境界条件は、側壁で $\varepsilon_y \partial C / \partial y = 0$ 、水面で $\varepsilon_z \partial C / \partial z = 0$ 、河床から水深の5%の位置で低水路では $C=C_b$ 、高水敷では $\partial / \partial z (\varepsilon_z \partial C / \partial z)$ が無視できるものとして、 $\partial / \partial y (\varepsilon_y \partial C / \partial y) + w_o \partial C / \partial z = 0$ である。本解析では、 C_b に実験値を用い、 ε_y は図-2の点線、 ε_z はラウス分布を適用した。濃度分布と沈降量の分布の計算値を図-3, 4に示す。境界付近の分布形状は十分適合していないが、実験値の傾向を大体表現している。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。

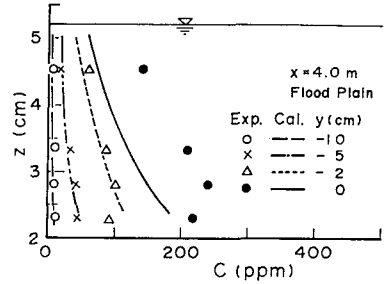


図-3 (a) 濃度分布 (高水敷)

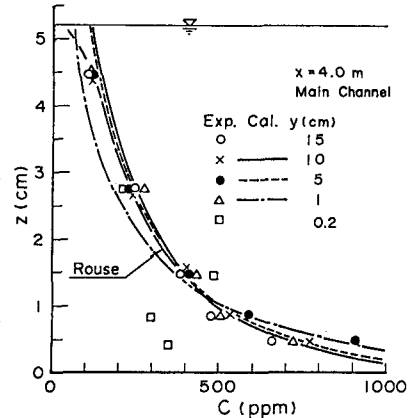


図-3 (b) 濃度分布 (低水路)

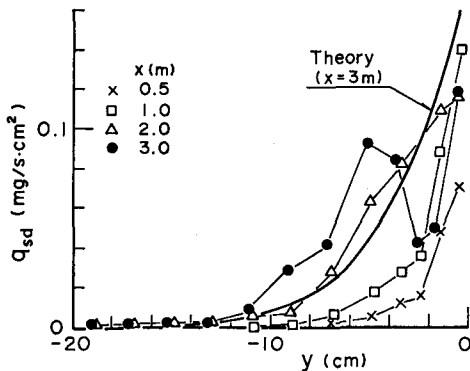


図-4 浮遊砂の沈降量の横断分布

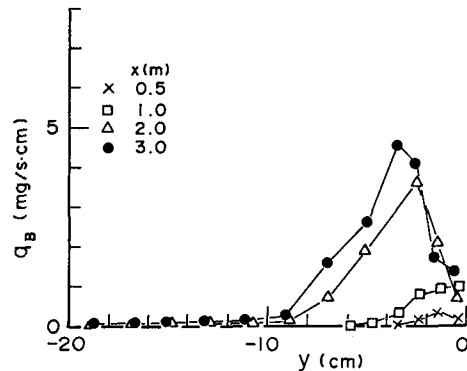


図-5 掃流砂量の横断分布

5. 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をある程度シミュレーションしたが、さらに ε_y の一般式や高水敷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える必要がある。

<参考文献> 1) 今本ら; 第27回水講, pp.61-66、1983、2) 山崎・石川ら; 第39回水講 II - 237、1984