

複断面直線河道における浮遊砂の流送、堆積機構

京都大学防災研究所 正員 芦田 和男

鳥取大学工学部 正員 藤田 正治

京都大学大学院 学生員 ○劉 炳義

1. まえがき 複断面流れにおいては、低水路と高水数間に生じる渦によって、高水数への流れの運動量や浮遊砂の輸送が顕著になる。複断面河道の浮遊砂の挙動を明確にするためには、横断方向の拡散係数をいかに評価するかが肝要である。本研究は、流速の横断分布式に関する従来の研究結果を幅広い実験水路を用いた本実験の結果で検証して、その分布式を使って、拡散係数の計算法を提示する。ついで、浮遊砂濃度分布や高水数上における浮遊砂の堆積率の分布特性について詳細な実験より議論する。

2. 横断方向の拡散係数 Reynold's analogyによって、横断方向の粒子の拡散係数は横断方向の渦動粘性係数との比例関係より求められる。そこで、まず、横断方向の渦動粘性係数 ε_y の評価方法について述べる。

片側に高水数を有する直線水路の場合を考え、座標系及び記号は図-1に示すとおりとする。図中の Δ ：高水数の高さ、 H, h ：低水路及び高水数上の水深である。流下方向の運動方程式において、定常かつ等流の条件で、 $z=\Delta$ から $z=h$ まで積分し、さらに、高水数上の水深 h と低水路と高水数の相互作用の影響範囲外における高水数上の摩擦速度 u_{*0} で無次元化すると次式を得る。

$$A(\hat{y}) \frac{\partial \hat{\varepsilon}_y}{\partial \hat{y}} + B(\hat{y}) \hat{\varepsilon}_y + C(\hat{y}) + D_1(\hat{y}) + D_2(\hat{y}) = 0 \quad \text{----- (1)}$$

ただし、 $A(\hat{y}) = \int_{\Delta}^{H/h} \frac{\partial \hat{u}}{\partial \hat{y}} d\hat{z}$ 、 $B(\hat{y}) = \int_{\Delta}^{H/h} \frac{\partial^2 \hat{u}}{\partial \hat{y}^2} d\hat{z}$ 、 $C(\hat{y}) = 1 - \tau_{\Delta} / \rho u_{*0}^2$ 、

$$D_1(\hat{y}) = - \int_{\Delta}^{H/h} \frac{\partial (\hat{u} \hat{v})}{\partial \hat{y}} d\hat{z}、D_2(\hat{y}) = \hat{u} \hat{w} \Big|_{\hat{z}=\Delta} \text{である。}$$

ここに、 ρ ：流水の密度、 u, v, w ： x, y, z 方向の時間平均流速、 $\hat{\varepsilon}_y = \varepsilon_y / u_{*0} h$ 、 $\hat{y} = y/h$ 、 $\hat{z} = z/h$ 、 $\hat{u} = u/u_{*0}$ 、 $\hat{v} = v/u_{*0}$ 、 $\hat{w} = w/u_{*0}$ 、 $\hat{\Delta} = \Delta/h$ 、 τ_{Δ} ： $z=\Delta$ における z 平面に作用する x 方向のせん断応力である。 $\hat{\varepsilon}_y$ は y 方向にも z 方向にも変化するものと考えられるが、ここでは z 方向には変化しないものとして y 方向の変化だけを解析する。 $A(\hat{y})$ および $B(\hat{y})$ はRajaratnam・Ahmadi¹⁾の流速分布式を用いると、 Δ と低水路と高水数における抵抗係数 ϕ 、 ϕ_r をパラメータとして計算される。ここに、 $\phi = u_a/u_{*0}$ 、 $\phi_r = u_{ra}/u_{*0}$ 、 u_a 、 u_{*0} ：相互作用の影響範囲外における低水路上の流速と摩擦速度、 $\bar{u}_0$ ： u_a の鉛直平均、 $\bar{u}_{ra}$ ：相互作用の影響範囲外における高水数上の流速 u_{ra} の鉛直平均である。 $C(\hat{y})$ については、 $z=\Delta$ におけるせん断応力 τ_{Δ} の算定方法が問題である。Prandtlの混合距離理論によれば、せん断応力は速度勾配と混合距離に関係しているが、それらを精密に議論することは難しい。ここでは、速度勾配を $u_a(\Delta)/L$ 、 $u_{ra}(\Delta')/L$ （ここに、 L は代表長、 Δ' は Δ より少し上の地点）と仮定すれば、 τ_{Δ} は前と同じの流速分布式から求められる。従って、 $C(\hat{y})$ は低水路と高水数において次の式で計算される。

$$C(\hat{y}) = 1 - (1 - 0.6 \eta^2)^2 \psi \quad \text{----- (2)} \quad C(\hat{y}) = 1 - (0.2(\gamma - 1) \exp(-0.693 \eta'^2) + 1)^2 \psi_r \quad \text{---- (3)}$$

ここに、 $\eta = (y + b_1)/b_m$ 、 $\eta' = y/b_r$ 、 b_m 、 b_r ：相互作用の影響を示す低水路側と高水数側のスケール、 b_1 、 b_2 ：低水路および高水数上の流速分布における相互作用の影響長さ、 ψ 、 ψ_r ：混合距離が y 方向に変化する影響を表す係数、 $\gamma = u_a(\Delta')/u_{ra}(\Delta')$ である。 $D_1(\hat{y})$ 、 $D_2(\hat{y})$ は二次流の強さが小さいものとして省略する。以上の式に従って、 $y \leq -b_1$ で $\hat{\varepsilon}_y = 0$ という条件で、式(1)を解く。ただし、式(3)中の γ の値は $y > b_2$ で境界条件 $\hat{\varepsilon}_y = 0$ を満たすように決定した。図-2は低水路と高水数がともに滑面の場合で、 $\phi = 21$ のときの Δ によ

K. Ashida M. Fujita B.Y. Liu

