

日本大学工学部 正会員 木村喜代治

開水路における浮流土砂量計算は通常二次元計算として取扱われる。浮流土砂の濃度分布に Rouse の式または Lane-Kalinske の式が用いられ、これと流速分布に Prandtl-Kármán の対数式とによって任意点の濃度と流速とを表わし、この積を水深に亘り積分してその鉛直線上の浮流土砂量が計算される。よく知られていのように土砂を含んだ流れは Kármán 定数が減少することが実験的にも示され、また理論的にも研究されているが、最近(板倉らによる)土砂の混入の影響を Kármán 定数の変化としてではなく Monin-Obukhov length なるパラメーターによって流速分布、濃度分布などを一貫して取扱い土砂量計算式も示されている。

本報は長方形水路内を浮遊して流れる土砂量が側壁の影響などの程度受けるものであるかを概略的に推算しようとするものである。長方形水路水路の場合に断面全体の流速分布を表わす式が必要になるが、この式として著者が Prandtl-Kármán の対数則にもとづいて示した式(26回年講など)を用いる。さて、浮流土砂濃度の水平方向の分布式が必要であるが、今のところ十分な知識を有していない。一般に浮流土砂は二次流によって水平に濃度が均一化する傾向を有すると考えられている。Vanoni, Giandotti, Ismail などの実験、実例やまた円管における Howard, Gladfelter などの実験もこのことを示している。このようなことから小川は円管内の浮流土砂量式の提案において濃度分布を水平に一樣と来えた。以上によってここでも土砂濃度分布は水平に一樣として取扱った。流速分布は左右壁面粗度の等しいとき

$$u = \frac{K_* U_{*R}}{R} \ln\left(\frac{y}{y_1}\right) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_1}\right) \dots (1) \quad \text{ここに } K_* = \sqrt{\frac{1 + \frac{2h}{b}}{\frac{2h}{b} \left\{ \left[\ln\left(\frac{R}{z_1}\right) - 1 \right]^2 + 1 \right\} + \left[\ln\left(\frac{b}{2y_1}\right) - 1 \right]^2 + 1 }}, \quad U_{*R} = \sqrt{g R I}$$

h : 水深, b : 水路幅, y : 水平座標, z : 鉛直座標, R : Kármán 定数, I : 勾配, 粗面: $y_1 = R\omega/30, z_1 = R\omega/30$, 滑面: $y_1 = 0.111 \sqrt{u_{*w}}, z_1 = 0.111 \sqrt{u_{*b}}, u_{*w} = K_* U_{*R} \ln(z/z_1), u_{*b} = K_* U_{*R} \ln(y/y_1)$ 。濃度分布は Rouse の式を用いて $C/C_a = \{a/(h-a) \cdot (h-z)/z\}^2 \dots (2) \quad \text{ここに } z = W/\beta R U_{*R}$ とする。よって断面全体の浮流土砂量を Q_s とすると

$$Q_s = 2 \int_0^b \int_0^h u C \, dy \, dz = \frac{2 K_* U_{*R} C_a}{R} \left(\frac{a}{h-a} \right)^2 \int_0^{\frac{b}{2}} \ln\left(\frac{y}{y_1}\right) dy \int_0^h \left(\frac{h-z}{z} \right)^2 \ln\left(\frac{z}{z_1}\right) dz = \frac{b h \bar{u}_{*b} M}{R} \{I_1 + \ln\left(\frac{h}{z_1}\right) I_2\} \dots (3)$$

ここに $M = C_a \{a/(h-a)\}^2 = C \{z/(h-z)\}^2$, I_1, I_2 は例へば著者の計算法(論文集 58号)参照。一方、二次元流では $Q_s = R U_{*h} M / R \cdot \{I_1 + \ln(R/z_1) I_2\} \dots (4)$

倍して表わした浮流土砂量と式(3)による土砂量との比を γ と表わすと $\gamma = b Q_s / Q_s = U_{*h} / \bar{u}_{*b} = U_{*h} / U_{*R} \cdot U_{*R} / \bar{u}_{*b} \dots (5)$ となる。ここに $U_{*h} = \sqrt{g h I}$ 。もし水路の側壁面および底面の三辺が全辺滑面であるか全辺等粗面であるとき、 $2h/b \leq 1.0$ では昨年の年講に説明したように $\bar{u}_{*b} \approx U_{*R}$ である。

よってこのときの $\gamma \approx U_{*h} / U_{*R} = \sqrt{1 + 2h/b}$ となる。側壁面と底面粗度が異なるときは式(5)の $U_{*R} / \bar{u}_{*b}$ を計算しなければならぬが($\bar{u}_{*b} = K_* U_{*R} \{ \ln(b/2y_1) - 1 \}$; 洞道に滑面のあるときは $R_{ef} = U_{*R} R/2$) により底面粗面のとき R/R_b によりまた R/b によって変化する)側壁面と底面とが等粗面のものに比べて底面粗度が側壁面より大きい場合は γ の値がより 1.0 に近づいて来る。同様にして Monin-Obukhov length を導入した板倉らの流速式を鉛直方向に (L は一定として取扱う), また Prandtl-Kármán の対数式を水平方向に用いて

$$u = \frac{K}{R} \ln\left(\frac{y}{y_1}\right) \left\{ \ln\left(\frac{z}{z_1}\right) + \frac{\alpha}{L} (z - z_1) \right\} \quad \text{断面全体の流速を} \quad \text{として近似的に表}$$

わす。これと Monin-Obukhov length を考慮した(板倉らによる)土砂濃度分布式とにより、全断面の浮流土砂量を表わすと、前述とほぼ同様な γ となる。