

II-70 固体粒子を浮遊する流れの乱流構造 - IV

電研 正員 日野 幹雄

1) これまで、固体粒子を浮遊した流れの種々の特性について論じて来たが、ここでは主に流速分布・濃度分布の関数形の変化についてふれてみたい。〔論文I(中立浮遊粒子流の乱流構造)-オ7回水理講演会:II(一般の場合)-土木学会論文集 92号, Soc. ASCE 投稿中:II(固定床水路の土砂流の抵抗係数)-土木学会論文集 投稿中〕

2) 密度勾配をもつ流れにおける乱れは、二つの作用によって発生すると考えられる。一つ、機械的摩擦応力によるものであり、他の一つは密度変化による浮力にせうくもので、これらの作用は乱れの加速度式として次のように表わされる。

$$l \left(\frac{dU}{dy} \right)^2 = f_n(C, \gamma, d; y/r) l_0 \left(\frac{dU}{dy} \right)^2 - B_1 g \frac{\rho_0}{\rho_a} (\gamma - 1) \frac{U_p C}{U_*} \quad (1)$$

ここに、 l ・ l_0 はそれぞれ全体的混合距離、機械的摩擦応力による混合距離、 f_n は移動する渦と粒子群との衝突による加速度の減衰効果を示す関数、 γ は粒子の比重、 B_1 は定数その他は慣例記号である。この方程式は、加速度形式で書かれているが、Prandtlの混合距離理論の一つの拡張であると考えられる。

他方、流速分布・濃度分布については

$$\frac{dU}{dy} = \frac{U_*}{l} = \frac{U_*}{l_0} \psi(C, \gamma; y/r) \quad (2)$$

$$e_c \frac{dC}{dy} = -U_p C \quad (3)$$

のような方程式が成立する。濃度に関する交換係数 e_c が運動量のそれに比例するとすれば

$$e_c \approx e_m = \frac{U_*^2}{\frac{dU}{dy}} \left(1 - \frac{y}{r} \right) \quad (4)$$

である。

(1)式を解けば、 $\psi = \frac{l}{l_0}$ は、次のようになる。

$$\psi = \frac{1}{2 f_n(C, \gamma, d)} \left[1 + \left(1 + \frac{4 B_1 f_n \rho_0 g (\gamma - 1) U_p r}{\rho_a U_*^3} C y \right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (5)$$

f_n はCの影響をもつとも強くうけると考えられるので、

$$\psi \approx 1 + \beta C + B_2 \beta_3 C \frac{y}{r} + O\left(C^2, \left(\frac{y}{r}\right)^2\right) \quad (6)$$

$$\beta_3 = \rho_0 g (\gamma - 1) U_p r_0 r / \rho_a U_*^3 \quad (7)$$

と書くことが出来る。

したがって、(2)(3)式は(8)(9)式のように書き直される。

$$\frac{dU}{dy} = \frac{U_*}{k_y} \left[1 + \beta C + B_1 \frac{\beta_3}{k} C y \right] \quad (8)$$

$$\frac{1}{C} \frac{dC}{dy} = -\frac{U_p}{k_y U_*} \left[\frac{1}{y} + \frac{\beta C}{y} + B_1 \frac{\beta_3}{k} C \right] \frac{1}{\left(1 + \frac{y}{k}\right)} \quad (9)$$

これ5の式の一近似は、右辺のCを $C/C_l = \left(\frac{k-y}{y} / \frac{\eta}{k-\eta} \right)^Z$ ($Z = U_p/k_y U_*$)
として得られる。すなわち、

$$\frac{U_i - U}{U_*} = \frac{1}{k_y} \left[\ln \frac{h}{y} + \beta C_A \int_{\eta/k}^1 \frac{1}{t} \left(\frac{1-t}{t} \right)^Z dt + B_1 \beta_3 C_A \int_{\eta/k}^1 \left(\frac{1-t}{t} \right)^Z dt \right] \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \ln \left(\frac{C}{C_l} \right)^{\frac{1}{Z}} &= \ln \frac{k-y}{y} \frac{\eta}{k-\eta} - \beta C_A \int_{\eta/k}^1 \left(\frac{1}{t} + \frac{1}{1-t} \right) \left(\frac{1-t}{t} \right)^Z dt \\ &\quad - B_1 \beta_3 C_A \int_{\eta/k}^1 \left(\frac{1-t}{t} \right)^Z dt - B_1 \beta_3 C_A \int_{\eta/k}^1 \left(\frac{1-t}{t} \right)^{Z-1} dt \end{aligned} \quad (11)$$

が求められる。

右の二つの図は、 $Z=1$, $B_1 \beta_3 \frac{U_i - U}{U_*} = 50$ の場合の(10)(11)式の曲線と不
等式である。普通にかかる土砂
流では、土砂濃度は1%を超えるこ
とはない。

なお、本稿は ASCE に投稿中のも
のの一部です。

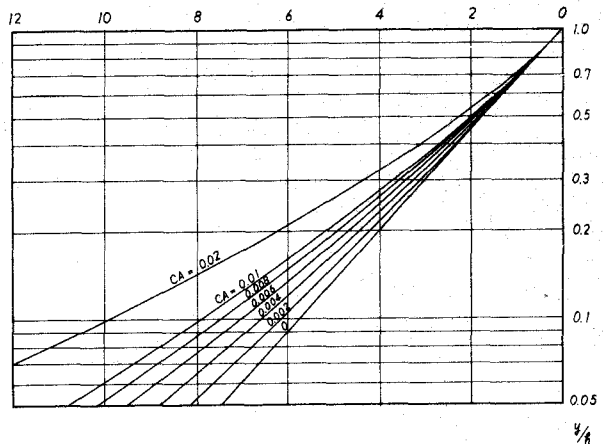


FIG. 1

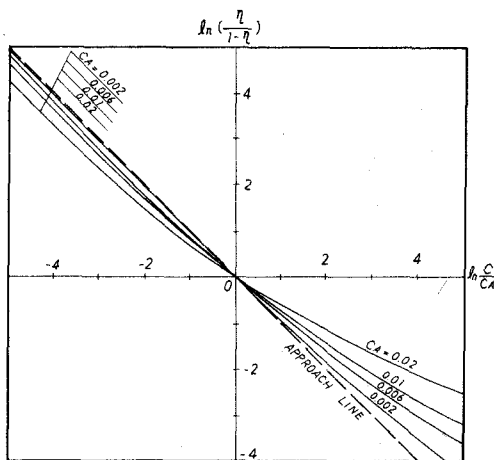


FIG. 2