

II-21 高濃度流の特性について

京大防災研究所 正員 工博 矢野勝正
建設省 正員 〇苗村滋克

浮遊流砂を含む低濃度の流体については、乱流理論での対数法則を用いて解析され、濃度の増大にともない、摩擦速度の等しい場合、渦動粘性係数や拡散係数が減少する結果、カルマンの定数の減少するということが説明されてきた。しかし壁面近くでの底層流については、この対数法則式ではあてはめないとされてきた。そこで、われわれは最大径 0.963mm のオガ屑を用いて、濃度が $75 \sim 130\text{g/l}$ の高濃度の流れを測定した。底層流は濃度の増大とともに変化を示すが、その流速分布の一例は(図1)のようになる。図中 d より上は乱れによる拡散の行なわれている乱流域とみなし、 d より下では、粒子と流体との均一な混合体である底層流域とみなして、非ニュートン流体としての擬塑性流体として取扱うのが妥当であると考えられる。

すなわち、擬塑性流体では、ずり速度と応力との関係は、次式であらわせる。

$$\frac{du}{dz} = \frac{\tau^n}{\mu_{psu}} \quad (1)$$

ここに、 n は構造粘性指数、 μ_{psu} は擬塑性粘度といわれるもので、 $\mu_{psu} = [M^n L^{-n} T^{1-2n}]$ である。(図2)に示すような、開水路の場合、 z を底からの距離、 h を水深とすると、

$$\frac{h-z}{h} = \frac{\tau}{\tau_0} \quad \tau_0 = \rho g h i \quad (2)$$

(2)式を(1)式に代入して積分すると、

$$u_z = \frac{h \tau_0^n}{(n+1) \mu_{psu}} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{z}{h} \right)^{n+1} \right\} \quad (3)$$

となる。

乱流域については、底層流の上をすべると考え、対数法則に従うとすると、

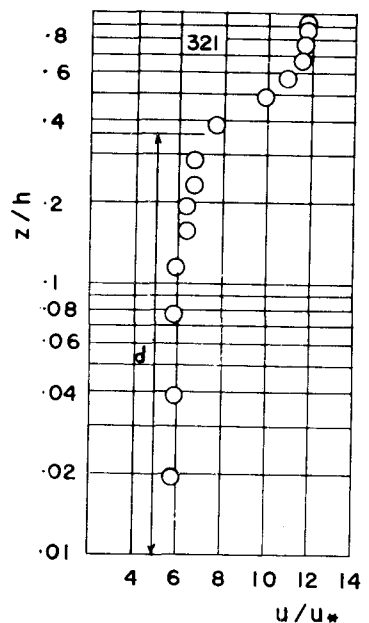
$$\frac{u_i}{u_{*0}} = A + \frac{1}{K} \ln \frac{(z-e)}{(h-e)} \quad (4)$$

ここに、 $u_{*0} = g(h-e)i$ は摩擦速度、 A は定数、 K はカルマンの定数である。

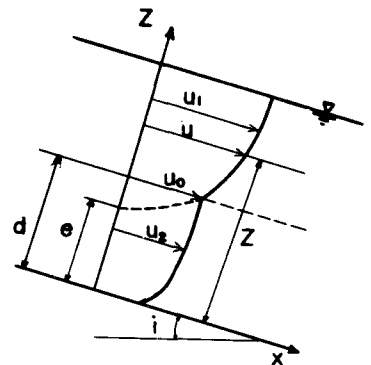
また、(3)、(4)式は $z=d$ において等しくなるので、

$$\frac{h \tau_0^n}{(n+1) \mu_{psu}} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{d}{h} \right)^{n+1} \right\} = A + \frac{1}{K} \ln \frac{(z-e)}{(h-e)} \quad (5)$$

となり、これより e を求めることができる。



(図-1)



(図-2)

平均流速は、(3), (4)式より、

$$U_m = \frac{1}{h} \left\{ \int_0^d U_z dz + \int_d^h U_z dz \right\}$$

$$= \frac{T_0^n}{(n+1)(n+2)\mu_{psu}} \left\{ (n+2)d - h + h \left(1 - \frac{d}{h}\right)^{\frac{n+2}{n}} \right\} + \frac{U_{zo}}{h} \left\{ A(h-d) + \frac{1}{K} \left[(d-h) - (d-e) \ln \frac{(d-e)}{(h-e)} \right] \right\}$$

(6)

となる。

この式に含まれる、 n , μ_{psu} , A , K については、実験値をもとにして求めた。 n については、速度勾配と剪断力との関係を各実験値をもとにして、グラフに描き、その勾配から、 $n=10$ の値をとった。

(6)式で求められた平均流速式を用いて、実験水路において、平均濃度、勾配、流量、

$$Q = U_m B h \quad (7)$$

を与えたとき、水深、平均流速を、(7)式を(6)式に代入し、近似式を用いることによって、求めた。

さらに、抵抗係数 λ を次式のようにあらわし、

$$\sqrt{\frac{2}{\lambda}} = \frac{U_m}{U_*} \quad (8)$$

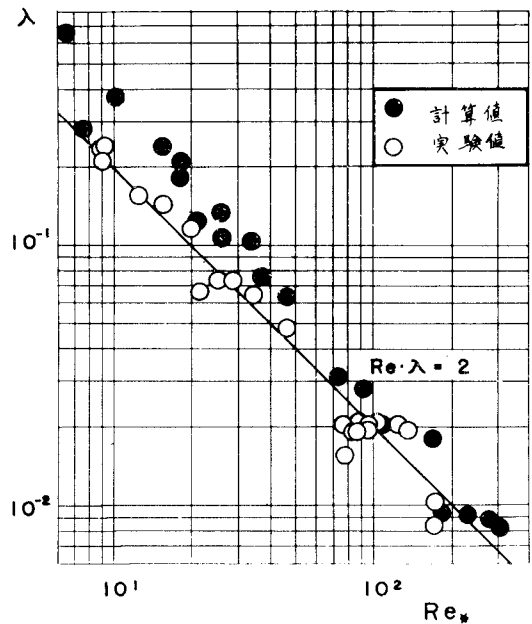
$$\text{レイノルズ数を } Re_* = \frac{\rho U_m^{2-\frac{1}{n}} h^{\frac{1}{n}}}{\mu_{psu}} \quad (9)$$

と無次元化してあらわし、各実験値を(8), (9)式に代入し計算して描いたものが、(図3)である。また、近似式を用いることによって求めた水深、平均流速を同様にして、(8), (9)式に代入し、 λ と Re_* を計算して描いた。(図3)に示されるように、 λ と Re_* の間には、

$$\lambda \cdot Re_* = 2 \quad (10)$$

という関係を見いだすことができたので、(10)式を用いることにより、実験水路で、平均濃度、勾配、流量を与えれば、(7), (8), (9)式を用いることにより、水深と平均流速を推定することができる。以上簡単に述べてきたが、近似式を用いての計算法について、その他講演会において説明する。

本研究について、つねに御協力下さり、
た京大防災研究所助教授、足立昭平博士
に深く感謝の意をあらわすものです。



(図-3)