

北海道大学工学部 正 員 I 博 岸 力

正 員 理 修 橋 岡 天

学 生 員 〇 山 崎 貞 元

昨年度、年次学術講演会で、泥濁の理論より底面摩擦速度 $\hat{u}_b^*$ の近似値と、天然砂の実験結果より濃度分布 $\bar{m}$ (①式) が成立することを確認した。

$$\log \frac{\bar{m}}{m_0} = - \frac{w_0}{K \alpha \hat{u}_b^*} \log \frac{z+z_0}{\alpha+z_0} \text{-----①}$$

本年は、更に天然砂と泥濁の異なるポリスチロール粒子の実験条件を加えて比較し、この場合でも、今回、修正した泥濁の理論に従い、計算より①式が成立する事が判った。また実験による濃度分布の理論の予測通りとなる。つまりこの結果が正しいと判断し、底面付近の濃度、即ち粒子の pick up の機構と Lane & Kalinske の理論に修正して検討したところ、好結果が得られた。すなわち、今回実験に用いたポリスチロール粒子の結晶は次の通りである。

平均粒径 0.9 mm , 比重 1.025 , 水中での沈下速度 1.0 cm/sec.

実験の結果、得られた濃度分布を FIG. 1. に示した。これより濃度分布の勾配を算出した結果、 $\frac{m_0}{\alpha \hat{u}_b^*} = 2.8 \sim 3.6$ となり、 $\alpha = 0.5$ 、 K (カルシ定数) = 0.4 とすると、 $\frac{m_0}{\alpha \hat{u}_b^*} = 0.5 \sim 0.7$ となる。従って $m_0 = 10 \text{ g/l}$ より、 $\hat{u}_b^* = 1.43 \sim 2.0 \text{ cm/sec}$ と推定できる。一方、泥濁の理論から求めた、次の式が成立する。

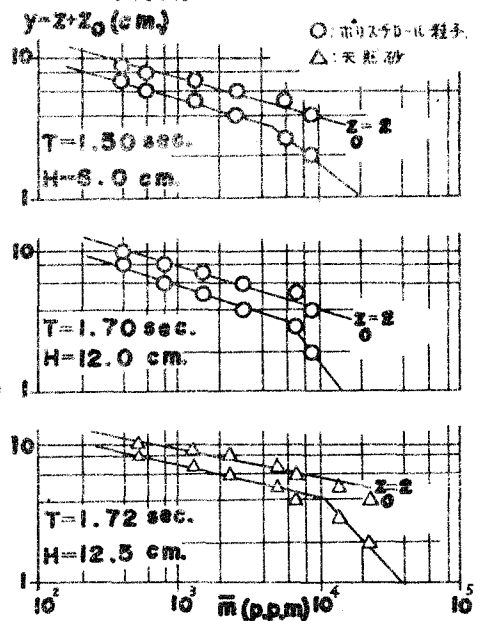
$$\hat{u}_b^* = C \left(\frac{\rho_s}{\rho} \frac{\hat{u}_0}{\alpha} \right)^2 = C \hat{u}_0^2 \text{-----②} \quad \text{但し } \hat{u}_0: \text{底面の流速の最大値。}$$

すなわち、Raynolds 数 $(=\frac{\hat{u}_0 \alpha}{\nu})$ と摩擦係数 $(=C)$ の関係が与えられておるので、これから $\hat{u}_b^*$ を求めた。実験から求めた $[\hat{u}_b^*]_{ex}$ と泥濁の理論から求めた $\hat{u}_b^*$ の相関を FIG. 2. に示した。

修正した泥濁の理論から求めた、次の実験における、その修正された rough bed と考えるべきだが、その考えと結果と一致しない。これは、推定すると、泥濁の理論の smooth から rough への移行の場合について何か問題があるのではないかと考えられる。この点と関し、Collins によると、流体の laminar から turbulence の移行臨界条件が与えられておる。これを実験に、この臨界付近まで、smooth の場合の turbulence として扱った。従って FIG. 2. の点へバラツキがつかず、水理学的 smooth の場合の理論値と求めた。これは、原因が存するのではないかと考えられる。

すなわち、底面付近の濃度を、昨年 Lane & Kalinske の方法で整理し、濃度と $P(\frac{\hat{u}_0}{m_0})$ との関係が、必要となる事を実験的に求めた。今回は Lane & Kalinske の理

FIG. 1. 濃度分布



総ては濃度が P_k に比例するといふ形はでてこないので、沈降速度を考慮すれば、ある範囲では2乗付近 k に比例し Lane & Kalinske の理論を成立するのではなからと見られる。

そこで沈下速度 w_0 以上の清澄のまじりてゐる時間は1秒間 k (1秒) $\times \int_{w_0}^{\infty} f(w) dw$ 粒子が pick up される k 秒とする時間: $t = \tau \cdot \frac{1}{v-w_0}$ と仮定する。(但し τ : 比例定数)。従つて1秒間 k pick up が生ずる回数 $\frac{1}{\tau d} \int_{w_0}^{\infty} (v-w_0) f(w) dw$ とする。ここで1個の粒子が占める面積を k (cm²) とすると、

1 cm² 中に存在する粒子の個数は $\frac{k}{4\pi d^2}$ で表わされ、結局、1秒間 k 個の π を pick up する個数は $\frac{k}{4\pi d^2} \cdot \frac{1}{\tau d} \int_{w_0}^{\infty} (v-w_0) f(w) dw$ 。粒子1個の重量は $\frac{\pi d^3}{6} \rho_s g$ (ρ_s : 粒子の比重、 g : 重力加速度) であるから、全重量は $\frac{\pi}{3} \cdot \frac{k}{\tau} \rho_s g \int_{w_0}^{\infty} (v-w_0) f(w) dw$ とする。今、単位面積中に k 粒子が一様 k 分布してゐて、濃度を $\bar{n}_a$ とすると、沈降量は $w_0 \bar{n}_a$ とする。ここで、沈降量と pick up される量が平衡状態を保つものと考へてゐる。従つて

$$\frac{\bar{n}_a}{\rho_s} = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{k}{\tau} g \cdot \frac{1}{w_0} \int_{w_0}^{\infty} (v-w_0) f(w) dw \quad \text{--- ①}$$

但し $\tau = \tau' \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot v} e^{-\frac{v^2}{2v_0^2}}$

④ τ' は結局

$$\frac{\bar{n}_a}{\rho_s} = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{k}{\tau'} \left\{ P\left(\frac{v_0}{w_0}\right) - \int_{\frac{w_0}{v_0}}^{\infty} F(w) dw \right\} \quad \text{--- ②}$$

$$\tau' = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{v_0^2}{2v_0^2}}}{v_0}$$

$$P\left(\frac{v_0}{w_0}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot p_c} e^{-\frac{p_c^2}{2}}, \quad p_c = \frac{w_0}{\sqrt{2} v_0}$$

定数 $\frac{\pi}{3} \cdot \frac{k}{\tau'} = 25 \times 10^{-3}$, $k = 0.2 \sim 0.3$ (White, Chapil は夫々 0.3, 0.2)

従つて $\tau = 5.3 \sim 8.0$ (但し、この値は FIG. 1 k が $1 \sim 2$ cm の清澄から決定したもので、図一様 k の値に向つて濃度が増加するとの仮定が成り立たないといふ点に注意すべきことと推定でき、実験値から考えると $\tau = 2.5 \sim 3.5$ とする方が利便的。)

結局④ τ' は粒径や比重 k の関係にならなで、ポリスチレン粒子

と天然砂の実験資料を同一のグラフに表わされる。④ τ' の値、

と与えられる曲線は FIG. 3 の実験で示されてゐる。この図表上の二点 A, B を結んで直線へ勾配 $n = 1.77$ で与えられる。昨年度得られた $n = 1.80$ はこの付近に、ついで検訂してゐる事になる。

(参考文献)

Kajiura, K.: On the Bottom Friction in an Oscillatory Current. (1963.)

Kajiura, K.: On the Bottom Friction Stress

in a Turbulent Oscillatory Flow (1965.)

Jonsson, I. G.: Measurements in the Turbulent Wave Boundary Layer.

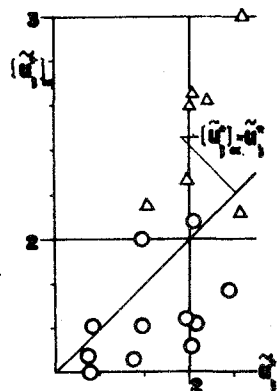
(1963.)

Collins, J. I.: Incapion of Turbulence at the Bed

under Periodic Gravity Waves (1963.)

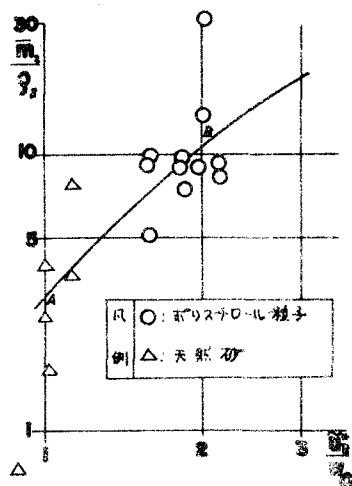
Kishi, T.: 初期 k 値と底質の清澄に関する研究) - I (1964.)

FIG. 2. $[\bar{w}] \sim \bar{w}_0$ の関係



○: ポリスチレン粒子,
△: 天然砂

FIG. 3. 底面付近の濃度



凡 ○: ポリスチレン粒子
例 △: 天然砂