

九州大学 正員 ○横辺 訓南

" 学生員 岡田 豊昭

" " 正木 清嗣

粗面上の流れにおいて、いわゆる対数分布式が、粗面近傍に於ては成立しないことは、古くから指摘されてきた。この roughness layer の存在は流速の絶対値を決める上に重要であるばかりでなく、sand wave による roughness layer の存在は、淨流動量の推定においても、最も重要な役割を果すことが、横辺などによって指摘されている。この様な意味で、種々の型式の粗度について、粗度層の流れの特性を究明するための実験を行っているが、本文では最も簡単な球状粗度(径169 μ m)を取扱う。球状粗度については、最近足立教授らによつて研究されているが、実験結果に若干の疑問がある事と、及び各種粗度の研究の予始めという意味を取りまとめたものである。

(1) roughness layer 内の流速分布

まず流れを便宜的に、粗面によつて惹起された乱れ層(roughness layer)と、流速分布によつて発生する乱れの卓越する主流部に分ける。roughness layer の解析にあたり、粗度層に於て混合距離 l_0 が一定値 l_0 とする考え(足立)と、滑動粘性係数が一定値 E_0 とする仮定が考えられる。前者によると、慣用されている記号を用いて、 $z = z_0(1-\zeta) = \rho l_0^2 \frac{u}{u_0}$ は球形粗度の頂点($\zeta=0$)における流速を u_0 とし z 次式となる。

$$\frac{u}{u_0} = \frac{u_0}{u_0} + \frac{E_0}{u_0} \{1 - (1-\zeta)^2\} \quad (1)$$

滑動粘性係数 E を一定 $E = E_0$ とすると、次式の様になる。

$$\frac{u}{u_0} = \frac{u_0}{u_0} + \frac{E_0}{u_0} \left(\zeta - \frac{\zeta^2}{2} \right) \quad (2)$$

①或いは②の流速分布は、粗度の大きさを l_0 、roughness layer の厚さを δ 、その点の流速を u_δ とすると、

$$\frac{u}{u_0} = \frac{u_\delta}{u_0} + \frac{1}{\kappa} \ln \frac{z}{l_0} \quad (3)$$

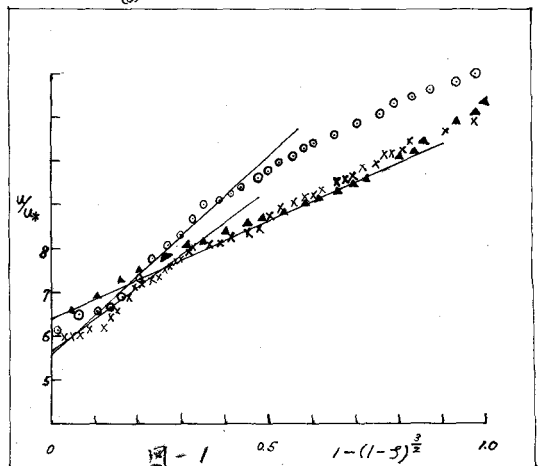
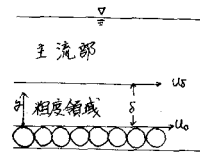
に接続する。従つて、roughness layer 上部の流れは次のようになる。

$$l_0 = \text{一定: } \frac{u}{u_0} = \frac{u_0}{u_0} + \frac{E_0}{u_0} \{1 - (1-\zeta)^2\} + \frac{1}{\kappa} \ln \frac{z}{l_0} \quad (4)$$

$$E_0 = \text{一定: } \frac{u}{u_0} = \frac{u_0}{u_0} + \frac{E_0}{u_0} (1 - \frac{\zeta^2}{2}) + \frac{1}{\kappa} \ln \frac{z}{l_0} \quad (5)$$

(2) 粗度層の性質

$\frac{u}{u_0}$ を $\{1 - (1-\zeta)^2\}$ 或いは、 $(\zeta - \frac{\zeta^2}{2})$ に対して plot すると、 $\frac{u}{u_0}$ は粗度層内では直線であるから、その勾配から l_0 、 E_0 、 $\zeta=0$ に対応する流速から u_0 がわかり、 $\frac{u}{u_0}$ がこの直線からはずれ始める ζ が頭を与える。④式による例を図-1に示した。この様な操作から求めた諸量を図-2、図-3、図-4に示す。同図には⑤式で求められた足立の実験結果も記入してある。これらの図から④⑤式による差異は殆んど認められず、ほぼ同一の精度を有す。



(ii) 粗度層の厚さ δ ; 値は δ に無関係に一定値を採り平均的には, $\delta = 2R$ ($\alpha = 0.6$) である。

(iii) 混合距離 l_0 ; 足立氏の実験では, l_0 は R よりも R に比例する傾向がみられる。この実験は実験範囲が狭いので断定はできないが, l_0 はほぼ一定で平均的には, $l_0 = \beta R$ ($\beta = 0.21$) と成る。

(iv) 底面流速 u_b ; u_b は Re に無関係に $u_b \approx 0.6$ 以上の様に, 粗度層内に於ける, 粗度による乱れの発生や, 粘性消失等の乱れの機構はさきわけ複雑であるのに対して, 球形粗度の特性量は, 簡単な形をもちこに成る。次に, (4)(5)式は $Re \rightarrow 0$ のとき $Nikuradse$ の粗法則; $\frac{u_b}{u_{*c}} = 8.5 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{\delta}$ (6) に帰着しなればならぬ。(4)式を, $Re \rightarrow 0$ とする(7)式の様に成る。

$$\frac{u_b}{u_{*c}} = \frac{u_b}{u_{*c}} + \frac{u_b}{u_{*c}} - \frac{5.75}{2} \log_{10} \frac{R}{\delta} + \frac{5.75}{2} \log_{10} \frac{R}{\delta} \quad (7)$$

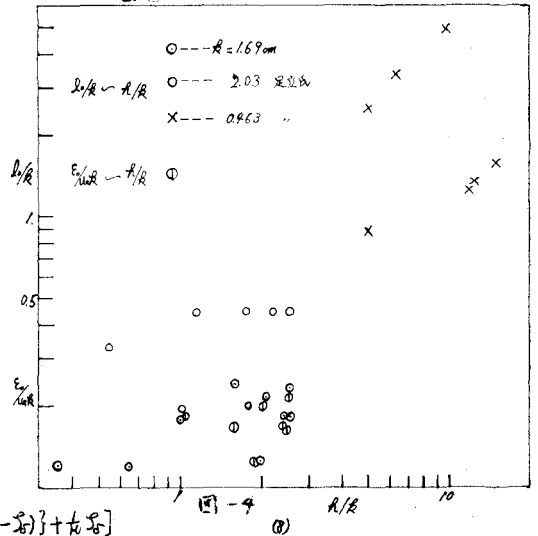
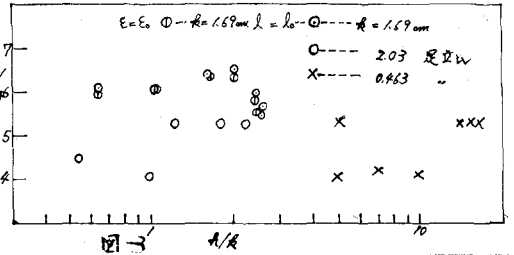
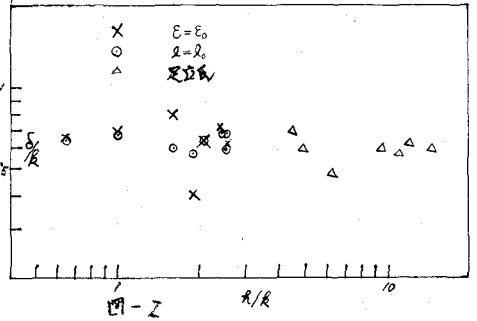
$u_b = 6.0$, $u_{*c} = 2.5 = \frac{0.6}{0.21} = 2.85$ とすると, $u_b = 10.1 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{\delta}$ と成り(4)式にくらべて若干大きい。これは球形粗度のつめ方等も関係して, 確かな事は言えないが, $Nikuradse$ の実験は細砂を壁面に張り付けたのに対し, この実験では $R (= 1.69mm)$ が大きく粒子面にかんりの水が流れることによるものであろう。実際この実験より細かい砂(粒径 $0.46mm$)を用いた足立の実験では u_b は 50 程度である。細砂の場合, $u_b \approx 4.5$ 程度の値を取ることが予想される。

(3) 平均流速 (4)式を用いて, 平均流速を求めると $Re \rightarrow 0$ のとき $Re = \frac{u_b R}{\nu}$ とし, 次式

$$\frac{u_b}{u_{*c}} = \left(\frac{u_b}{u_{*c}} + \frac{u_b}{u_{*c}} + \frac{u_b}{u_{*c}} \right) + \left[\frac{5.75}{2} \log_{10} \left(\frac{1 - \frac{u_b}{u_{*c}}}{1 - \frac{u_b}{u_{*c}}} \right) + \left(1 - \left(1 - \frac{u_b}{u_{*c}} \right) \right) \left(1 - \frac{u_b}{u_{*c}} \right) + \frac{u_b}{u_{*c}} \right]$$

のようになり(7)式内が対数式からのはずれを表わしている。山内氏の流速を対象として, 対数式による u_b と(4)式による u_b と示すと次表のようである。

R/δ	0.6	1	2	4	7	10
u_b/u_{*c} ; (4)式による	7.14	8.06	9.59	11.2	12.6	13.5
u_b/u_{*c} ; 対数式	5.4	6.75	8.5	10.2	11.6	12.5



参考文献

足立・伊藤; 球形粗度の実験的研究, 大 23 回年講

昭 43 年 10 月