

薄層流と粗度要素の関係

神戸大学工学部 正 員 神田 徹
神戸大学大学院 学生員 〇喜久里政宏

1. まえがき

粗面上の薄層流では、レイノルズ数、相対水深の大小だけでなく粗度要素との位置関係により、水深の大きい一般的な開水路流れに比べて流れの場所的変化が著しい。本研究は、球状粗度をつけた固定床水路の薄層流について実験を行ない、粗度近傍の流れと抵抗係数について検討したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験水路は長さ585cm、幅424cmのアクリル樹脂製である。粗度要素として粒径 $d=4.24\text{mm}$ のガラス球を用いた。粗度の集中度は $C=0.05$ である。ここに、 $C=na/A$ (n : 面積 A の水路床面内の粒子数、 a : 1個の粒子の水路床面への投影面積)。水路床勾配は $S_0=0.000717\sim 0.0272$ である。水深測定は $1/10\text{mm}$ 読みポイントゲージを、流速分布測定は熱線流速計を用いた。流況の観察はウォーターブルーをトレーサとして流し写真撮影によった。

3. 流況

写真-1, 2は、レイノルズ数:

$Re=48/\nu$ が小さく、相対水深:

$h/k > 1$ の場合の流れを示したものである。水面(写真-1)では、流脈は乱れることなく直進するが、水底(写真-2)では、個々の粗度の周りに明瞭な死水域の形成と、粗度の直後部に後流の発生が見られる。 Re は小さくても h/k が小さい場

合は、写真-3のように乱れが生ずる。また、 Re の増加とともに写真-4のように拡散が激しくなる。図-1は、トレーサ観察において乱れが発生する領域を($Re \sim h/k$)の値により分類したものである。 $S_0=0.000717$ の場合には、乱れの始まるレイノルズ数は $Re=1000\sim 1500$ であるが、勾配の増加とともに同一のレイノルズ数でも相対水深が小さくなるため、乱れが始まるレイノルズ数は減少する。

4. 流速分布

粒子の中心線上の点で、図-2に示す3断面A, B, Cで流速分布を測定した。表-2の実験条件に対する流速分布を図-2, 3, 4に示す。粗度の後方0.5cmの点Aでは、後流の影響を受けて粗度の頂点より深い位置の流速は、点B, Cの流速よりもかなり小さい。また、3点とも流速は水面から水底へ向って比較的急勾配で減少

表-1 実験条件

	S_0	Re	h/k	水面or水底
Photo-1	0.000717	423	1.226	水面
Photo-2	0.000717	423	1.226	水底
Photo-3	0.00807	610	0.656	水底
Photo-4	0.00807	5383	2.111	水底

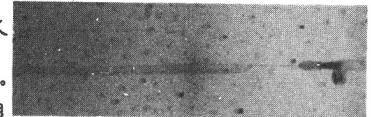


Photo-1 流脈(水面)

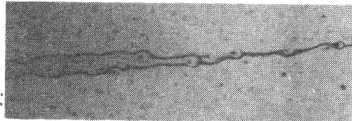


Photo-2 流脈(水底)

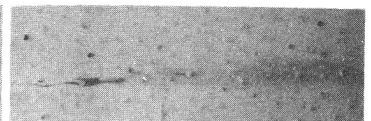


Photo-3 流脈(水底)

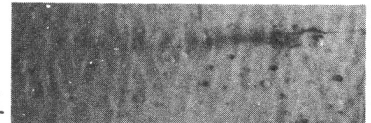


Photo-4 流脈(水底)

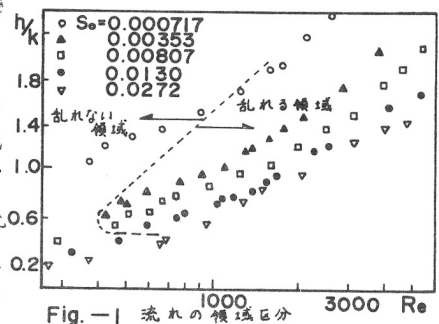


Fig. 1 流れの領域区分

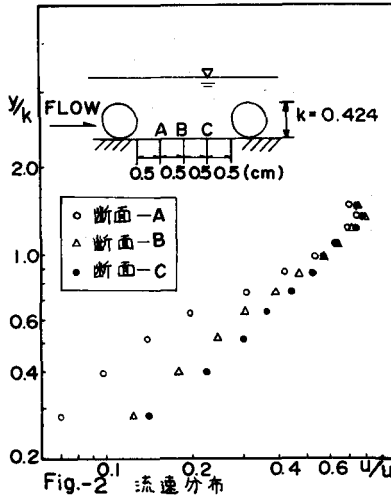
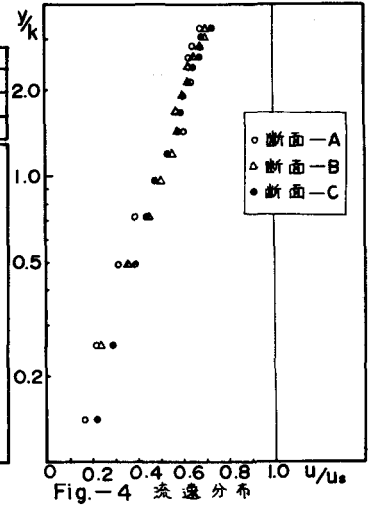
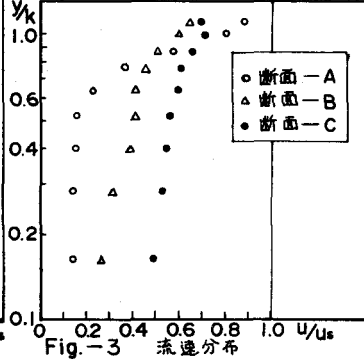
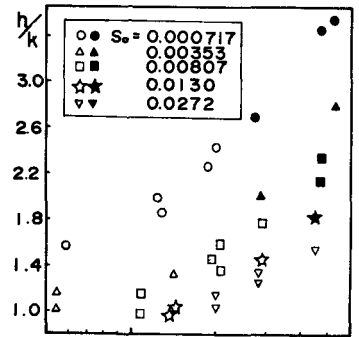


表-1 実験条件

	S_o	Re	h/k
Fig-2	0.000717	601	1.580
Fig-3	0.0272	2892	1.226
Fig-4	0.000717	4928	3.561

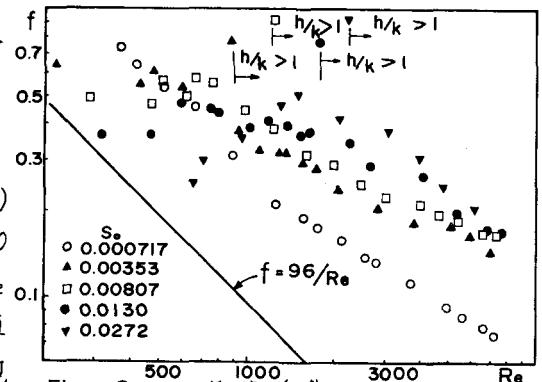


する。図-3では、水面から粗度の頂点より少し下までは流速は対数的に減少するが、それより深い位置での流速は一樣化する。これは、粗度による渦の発生と乱流混合によるものと考えられる。図-4では、3断面の流速分布はほとんど一致し、対数分布を示す。以上の図から、流速分布が粗度による後流の影響を受ける度合を示したものが図-5である。ここに、3断面のいずれかの断面で図-4のような流速分布があらわれる場合を黒印、それ以外を白印で表わす。 Re が大きければ粗度の頂点より上の流れと下の流れの間のエネルギー供給が活発で、流速分布への粗度の影響は小さいが、 Re と h/k が小さい場合に水深に占める粗度高さの割合が増加し、流速分布は粗度の影響を大きく受ける。



5. 抵抗係数

図-6は、抵抗係数: $f=89S_o h^3/g^2$ (g :単位幅流量)を示したものである。 $S_o=0.000717$ では、 $Re<1000$ の流れは層流で、 f の値は $f=96/Re$ に平行で、 $Re=1000\sim1500$ で流れは遷移して $f=96/Re$ よりも緩い直線に沿って減少する。 $S_o=0.000717$ 以外の勾配では、 $h/k<1$ の流れが生ずる。この流れでは、 Re が増加し、 h/k が0から1.0に近づくとともに、粗度に作用する抗力が増大するため、 f の値は直線 $f=96/Re$ から離れて大きくなる。この間に、流れは層流から乱流に移るので、 $h/k\geq 1.0$ となれば f の値は $f=96/Re$ よりも緩い勾配で減少する。



謝辞: 本研究を行なうに当り有益な御助言を賜、に、神戸大学工学部、崑源亮教授に謝意を表します。