

低レイ数における粗度上の流れ

徳山高専 正員 山本 恭子
 徳山高専 正員 大成 博文
 徳山高専 正員 佐賀 孝徳
 山口大学 正員 斎藤 隆

1. はじめに

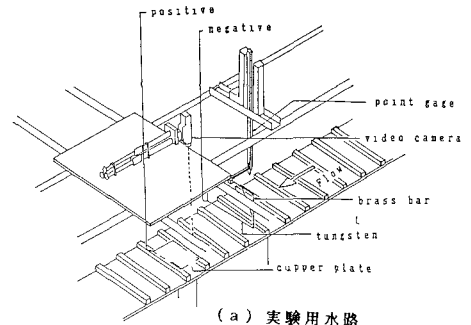
自然界には、速い流れだけでなく遅い流れが至るところに存在し、それが非常に重要であることも多々存在している。粗度は二次元の粗さ要素のひとつと言えるが、流れ場を単純化して二次元で扱う場合には、この粗さ要素がしばしば用いられてきている。たとえば、粗面のダクト流や血管流のモデルにおける使用がそうであるが、粗度の流れ方向の配置特性の相違によって、それぞれ流れ構造が異なることもよく知られている。

本研究は、従来どちらかといえばあまり試みられていない低レイノルズ数下の粗度上の乱流構造（特にその秩序構造）を詳細に解明しようとしたものである。その際、特にレイノルズ数が増すにしたがって流れの三次元性がどのように顕著になるかに注目し、粗度自身が形成する乱流構造と主流の乱流構造がどのように対応するかに注目することにした。またそのことと、粗度のピッチ比を1:1と1:4の両方において検討し、粗度の配置のいかたによって流れがどのように変わるかについても考察した。なお本研究には水素気泡および蛍光染料とトレーサーとする可視化法が主に用いられた。

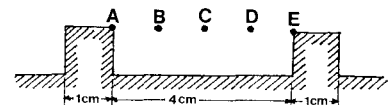
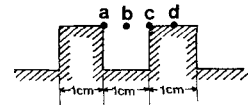
2. 実験装置、方法および実験条件

実験に用いた水路は幅10cm、深さ15cm、長さ2mの透明アクリル製で、勾配は $\frac{1}{5}$ に設定されており、底面には黒く塗られた金属板上に1cm角のアクリル棒が1:1および1:4のピッチ比で並べられた2種類のものを使用した。水深は下流端に堰を置いて一定値に調整されており、流量による水位の変化がないようにしてある。流速測定は、水素気泡法のタイムラインを水路上方からビデオカメラで撮影し、ラインの間隔から場所および時間平均を求めた。可視化には縦断面可視化法を用いた。この方法は、蛍光染料をトレーサーに用い、流れの縦断方向にスリット光源を挿入することによって、流れ場の縦断面形状を見ようとするものである。蛍光染料の持徴から、光が当たった部分のみが鮮明に浮かび上がって見えるため、断面形状が非常に見やすくなっている。

実験条件をTable 1に示す。この条件は、可視化で遷移の状態を見ながら設定されたものである。



(a) 実験用水路



(b) 底面縦断面図および計測点

Fig. 1. 実験装置

Table 1

CASE	Re	水深 (cm)	t (°C)	ν (cm ² /s)	U _m (cm/s)
I	800	5.0	12	1.24×10^{-3}	2.0
II	700	4.3	16	1.141×10^{-3}	1.8
III	430	4.3	16	1.141×10^{-3}	1.2

3. 平均流速分布

Fig. 2にRe数を変えたピッチ比1:4の粗度上の流れの平均流速分布が示されている。これより流れ方向には粗度後端(A)で底壁面近

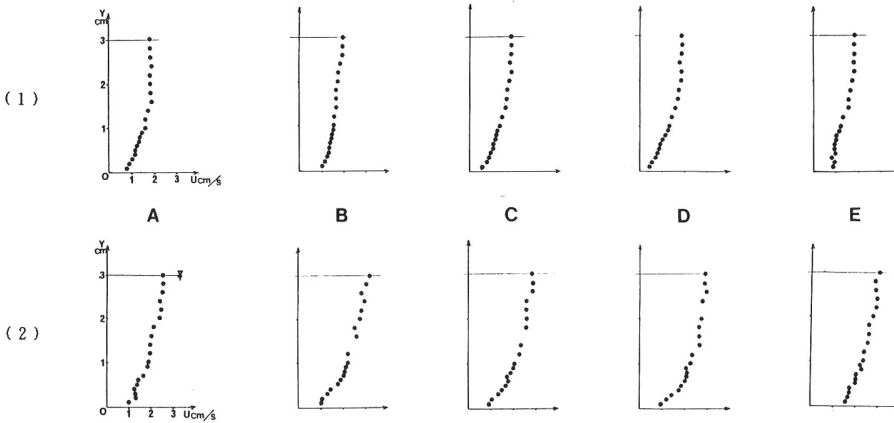


Fig.2. 粗度上の各点における流速分布 ピッチ比 1 : 4 (1) CASE II (2) CASE III

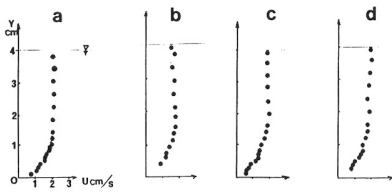


Fig.3. d 型粗面上の各点における流速分布 (CASE I)

く、流速の減少のないのが、B, C, D とゆくに従って底壁近くでの速度の減少を示し、速度勾配をより急にさせている。レイノルズ数が増加した CASE III の場合はさらにその傾向が顕著となっている。

Fig.3 にはピッチ比 1 対 1 の流れの平均流速分布が示されている。この場合も同様に C 点で底壁近くの加速が示されている。しかし、全体としては、底壁近くの速度勾配が CASE II と比較して急であり、より滑面上の流れに近い傾向を示しているようである。そのことをより明らかにしたのが、Fig.4 であり、両者における速度勾配の相異が明らかである。

Fig.5 には、1 対 1 の粗度上の流れの可視化写真の一例が示されている。これより、粗度の間にローラーのような渦が形成され、さらにその上では流れ方向に長いストリークが明らかである。これは、流れ方向にほぼ一定の傾斜角度 (10 度 ~ 20 度) をいずれも示しているようである。おそらく、流れの二次性が顕著となって形成されたヘヤピン渦の縦断面形象が捉えられたものと思われる。

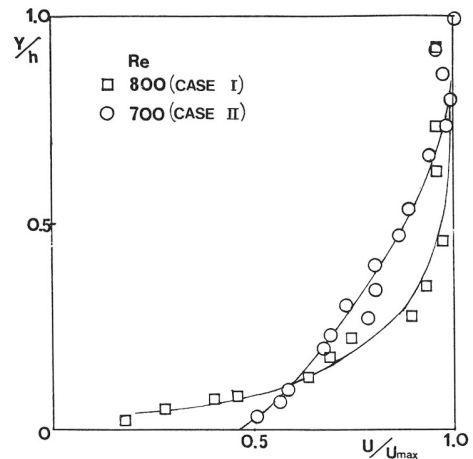


Fig.4. d 型粗面と粗度における流速分布の比較

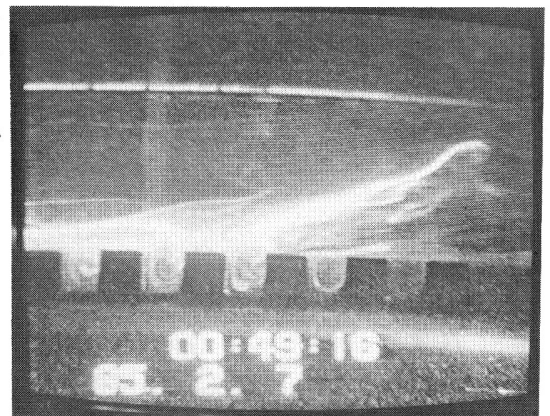


Fig.5. 縦断面可視化 (d 型粗面, CASE I)