

II-95 三角リブレット粗面乱流境界層の平均流特性

徳山高専 正員 大成 博文

〃 〃 渡辺 勝利

中電技術コンサルタント 〃 前田 邦男

山口大学 〃 斎藤 隆

1. はじめに

1980年代の後半より、リブレットによる摩擦抵抗軽減に関する研究が国際的に進展しつつあり¹⁾、近年、わが国においてもこの種の研究が徐々に盛んになりつつある。しかし、リブレットを有する粗壁面における流れの構造的なについては不明な点が少なくない。

前報²⁾においては、開水路底壁面にリブレット粗壁面を敷設して、その上に形成された組織構造に関する研究が行われた。そこで、本研究においては、新たにリブレット粗壁面を有する乱流境界層が製作され、そこに形成された流れ場の構造を解明するために、その平均流特性が考察された。

2. 実験装置および実験方法

本実験は、長さ15m、幅60cm、深さ15cm、勾配零の開水路内に設置されたリブレット粗壁面乱流境界層（長さ8m、幅60cm、深さ11cm）で行われた。図1に、そのリブレット粗面の断面の一部を示す。リブレットの峰間隔は4.25mm、峰幅は0.5 mmである。本リブレットは、塩化ビニール板を精密加工することによって製作され、それに4本の足部を設置して、水路内に組み込まれた。また、リブレット粗壁面は、境界層先端から15cmの平壁面の下流に設置された。水深は、下流の堰によって調節され、いずれも8cmとされた。実験は、レイノルズ数を約4000～9000の範囲で5種類かえて行われた。流速計測には、アルゴンレーザー流速計が用いられた。境界層前縁の直上流には、剥離防止のためにハニカム格子（径 4mm、長さ 32mm、幅 60cm）が設置された。表1に本実験条件を示す。

3. 平均流速分布特性

図2には、 $X=480\text{cm}$ の地点における平均流速分布がそれぞれのレイノルズ数において示されている。この分布の第1の特徴は、ケースAにおいて、壁から離れたところで一様流が存在するが、それがレイノルズ数の増加によって徐々になくなることにある。第2の特徴は、壁近くで直線速度分布則がかなり広範囲に成立することである。この領域を「リブレット粘性底層」と呼ぶが、この底層厚さは、ケースBでAよりも若干増加し、さらにレイノルズ数が増加したC、D、Eでは徐々に減少している。この直線分布則から、それぞれのケースの摩擦速度 u_τ が求められた。

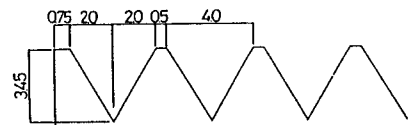


図1 リブレット粗面の横断面

表1 実験条件

	$U_{\text{ave}} (\text{cm/s})$	$u_\tau (\text{cm/s})$	$H (\text{cm})$	$Re (U_{\text{ave}} H / \nu)$
CASE A	6.38	0.195	8	4240
CASE B	9.36	0.227	8	6950
CASE C	9.86	0.249	8	6550
CASE D	11.0	0.315	8	7310
CASE E	13.4	0.385	8	8640

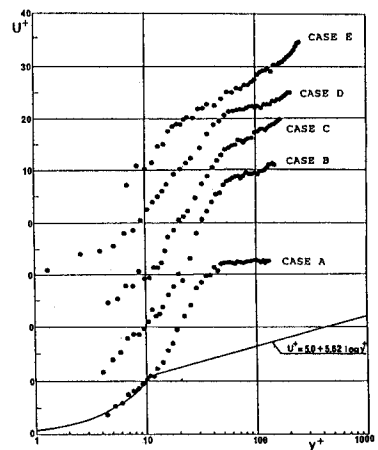


図2 平均流速分布 ($x=480\text{cm}$)

なお、これらの平均流速値は、リブレットの峰上で、その表面を $y=0$ として計測された。また、谷部でも同一の計測がなされ、その流速分布が峰上のそれとほとんど変わらないことが明らかとなった。その理由は、本計測に用いられたレーザー流速計の受感部の横幅厚が約5mmであることにありとされる。

ところで、境界層前縁に設置されたハニカムを取り除くと、前縁直上流部の流線のわん曲により、前縁部に剥離現象が発生し、そこに形成された剥離渦が一定の周期で下流方向に輸送される。この剥離渦はその流下に伴って流れ場の攪乱因子となり、流れの不安定を増大させるようである。

そこで、ケースAの条件下で、この前縁剥離がある場合とない場合（ハニカムを設置した場合）で、 $X=480\text{cm}$ の地点の平均流速分布を比較した。それが、図3に示されている。これより、両ケースにおいて流速分布の形態が大きく異なることが明らかである。

すなわち、前縁剥離がある場合には、いわゆる乱流タイプの流速分布を示し、直線流速分布の成立する領域も約四分の一に減少している。そして、壁近くでより速く、壁から離れた領域でより遅くなっている。しかも、壁から離れた領域での一様流の形成は水表面近くにわずかにあるのみであり、前縁剥離の効果は、流れ場全体に及んでいることが明らかである。これより、初期攪乱が流れ場の乱流化におよぼす効果は明らかであり、同時にリブレットの壁面の存在が、流れ場の乱流化を大きく抑制しているように思われる。図4に剥離なしの場合の低速縞の可視化写真の一例を示す。

図5には、各ケースごとの摩擦速度 u_τ が示されている。これより、摩擦速度は、レイノルズ数の増加に伴って、徐々に増加の傾向を示すことが明らかである。ところが、図6に示されたリブレット粘性底層厚さの変化では、ケースBで最大値を示し、レイノルズ数の増加に伴って摩擦速度が低減傾向にあるにもかかわらず、リブレット粘性底層厚さのピークがこのケース付近で存在していることが注目される。

以上の結果を平滑壁面の乱流境界層と比較すると、たとえばケースD ($X=480\text{cm}$)において、摩擦速度で0.6倍、粘性底層厚さで3.6倍の変化を示している。

参考文献 1)Savil, A.M.:Structure of Turbulence and Drag Reduction, pp.429-465, 1989. 2)大成他:第23回乱流シンポ講演論文集, pp.94-98, 1991.

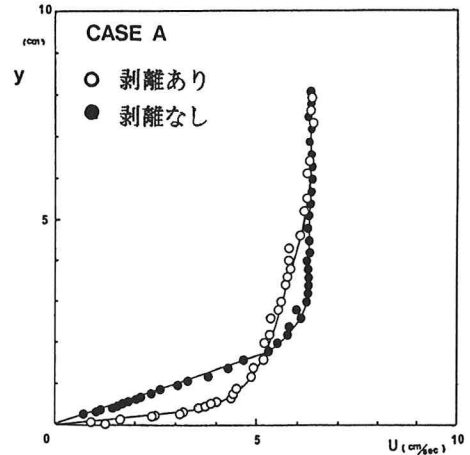


図3 前縁剥離の有無による平均流速分布特性

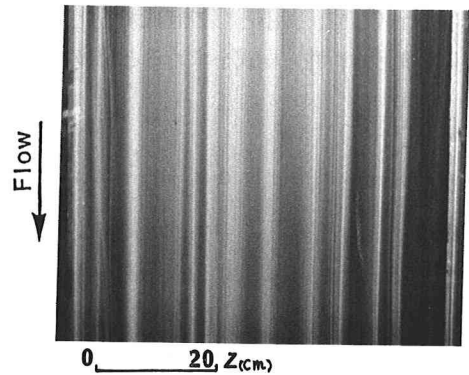


図4 低速縞の可視化 (CASE A)

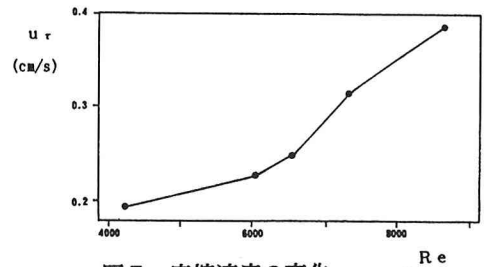


図5 摩擦速度の変化

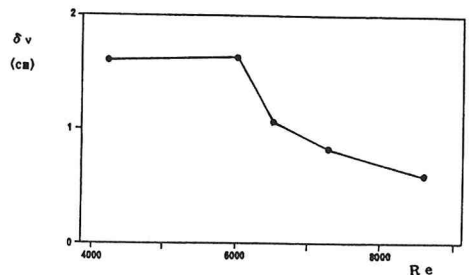


図6 リブレット粘性底層厚さ