

II-345

三角リブレットによる乱流摩擦抵抗軽減について

徳山高専 正員 大 成 博 文
 徳山高専 正員 佐 賀 孝 徳
 徳山高専 正員 渡 辺 勝 利
 山口大学 正員 斎 藤 隆

1. はじめに

1980年代の半ばより、各種リブレットによる摩擦抵抗軽減に関するが本格化してきた。これは、乱流現象の本質のひとつとされる組織構造の制御を可能とさせる試みであり、その成就には多大な工学的意義が認められる。この種の従来の研究では、平滑面とリブレット壁面上の流れの比較を中心にその考察がなされ、その平均流速分布、乱れの統計量、摩擦抵抗係数の検討が行われている¹⁾。しかし、その組織構造に関する考察は、Choiの研究²⁾を除いてほとんど存在していない。そこで、従来にない長さのリブレット壁面が製作され、その壁面上に形成された組織構造が可視化法を用いて観察され、その2, 3の特徴が考察された。

2. 実験方法

実験には、幅60cm、長さ10m、深さ15cm アクリル製開水路が用いられた。この水路内にリブレット壁面が7m敷きつめられた。リブレットの峰同士の間隔は4mmであり、縦100cm、横595mm、厚さ20mmのアクリル板が精密に加工された。図1にそのリブレット断面の詳細を示す。実験は、同一の水理条件下($Re=3500$, $H=6.8\text{cm}(x=5\text{m})$, $I=0.001$)で、①CASE A: 流れの開始点(ハニカム)から1mの滑面があり、その下流にリブレット板を7m敷いた場合、②CASE B: 流れの開始点(ハニカム)から下流にリブレット板を7m敷いた場合、③CASE C: 流れの開始点(ハニカム)から下流がすべて滑面の場合の3通り(図2)で遂行された。

また、レーザー流速計による平均流速分布計測と流れ方向の8つの各断面における可視化³⁾がなされた。流れの整流と乱流格子用に、プラスチック性ハニカムが用いられた。ハニカムの径は4mm、その長さは32mm、また全体の幅は600mmである。このハニカム内を流れが通過した点が流れの開始点とされた。

3. 平均流速分布特性

図3には、リブレットの峰と谷の地点におけるy方向の平均流速分布が示されている。この場合、リブレットの峰の頂点で $y=0$ とされた。これより、リブレットの峰と谷の部分で、その平均流速分布がほとんど一致することが明らかである。この理由は、平均流速の計測に用いたレーザー流速計の計測受感部が横方向に約6mmあり、その間の流速が平均されて検出されることにある。そこで、本実験においては、リブレットの峰と谷における平均流速分布の相違は検出されないと判断し、すべての計測は峰の存在する断面においてなされた。

次に、すべてのケースにおいて、流れ方向の各断面における平均流速分布が計測された。図4には、 $x=380\text{cm}$ 付近の断面平均流速分布の一例が示されている。これより、ケースB、Cでは、壁近くの直線速度分布が成立する領域が増大し、それらが平滑面の流れよりも顕著に形成されていることが明らかである。また、BとCとではBの方でその増大が大きい値を示している。この直線分布が成立する領域を「リブレット粘性底層」と呼ぶ。注目される点は、A、Bにおいて、リブレット粘性底層厚さと境界層厚さを比較すると、いずれもBがより大き

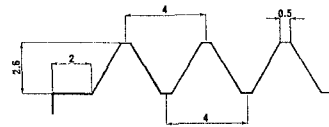


図1 リブレットの断面図

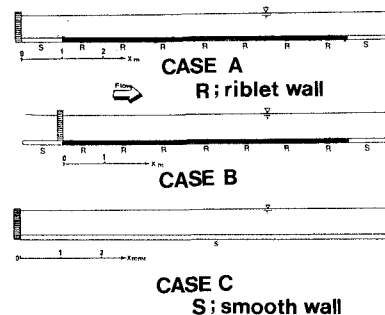


図2 滑面・リブレット板の敷設図

い値を示すことである。

このようにリブレット面および滑面の壁近くには、明確な直線分布則が成立することから、これより摩擦速度 u_τ が求められた。図5には、この摩擦速度を用いての無次元粘性底層厚さの流れ方向変化が明らかにされている。滑面での粘性底層厚さは流れ方向にわずかな変化を示すのに対し、ケースA、Bともにより大きな増加および減少を示し、とくにBではその極大値が存在していることが注目される。図6には、摩擦速度の流れ方向変化が各ケースで比較されている。これより、流下とともにケースBで摩擦速度はもっとも減少し、 $X=4\text{ m}$ 前後で極小値を示している。これは、前図のリブレット粘性底層厚さの極大値と対応する。この摩擦速度の値より抵抗係数を求め、それを滑面の場合と比較すると、最大60%もの軽減率が得られることには驚かされる。

4. 横断面形象特性

上記3つのケースにおける流れ方向の各地点で、横断面可視化が行われた。図7には横断面可視化写真の代表例が示されている。横断面視写真の下部のやや太い線が底壁面およびリブレット壁面であり、底壁面近くの細い横方向の実線は、図3に示された各粘性底層の外端を表す。本研究では8つの地点における可視化画像をもとに総合的な観察が行われたが、ここでは次の2地点の画像のみを示す。 $x=260\text{ cm}$ では、滑面でかなりの乱れの発達が見られるが、ケースBでより乱れの発達が少なく、さらにAではほとんど乱れが発生していない。ところが $x=438\text{ cm}$ では、Cの滑面でより発達するが、A、Bではその発達が逆転してBよりもAでより乱れが発達している。これは、Bにおいてリブレットの効果によっていわゆる「再層流化」現象が発生していることを示唆しているように思われる。本実験にはいくつかの不備が存在する。今後、ハニカムウエイクの影響、乱れの特異量、各断面における可視化画像の検討が必要である。

参考文献 1)Walsh, M. J. 他:AIAA Paper 84-0347, 1984 2)Choi, K. S. : J. F. M., 208, 1989 3)大成他:土論, 363, 1985

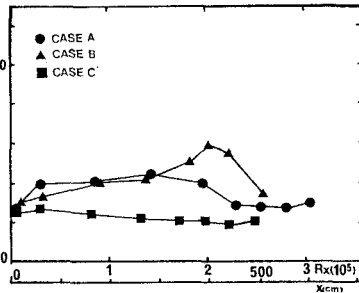


図5 リブレット粘性底層厚さの変化

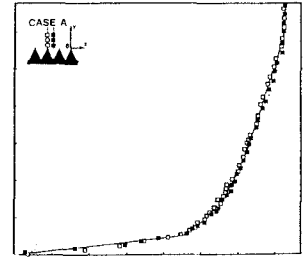


図3 リブレットの峰と谷における断面平均流速分布の比較

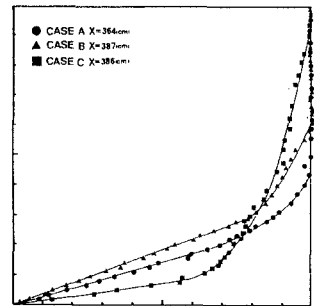


図4 平均流速分布

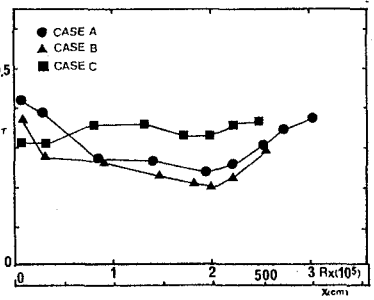


図6 摩擦速度の流れ方向変化

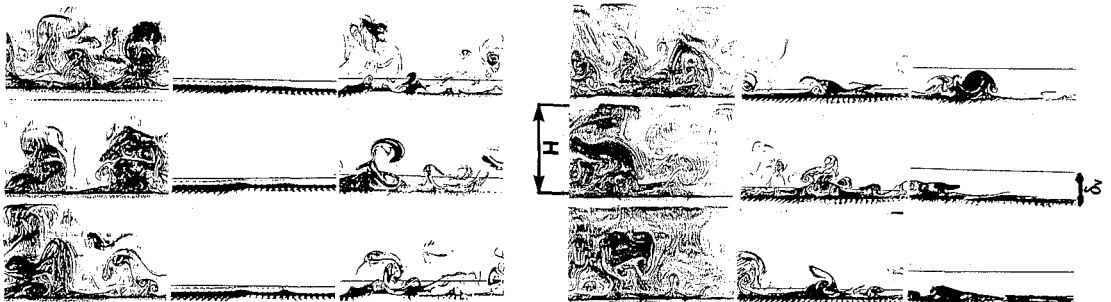


図7 横断面可視化写真