

II-271

リブレット粗面開水路流れの平均流速分布

山口大・院 学○倉本和正

山口大・工 正 斎藤 隆

1. まえがき

リブレットによって表面摩擦抵抗が最大8%減少することがNASAの実験で明らかにされて以来、多様なリブレットを用いた実験が数多くなされている。しかしながら、抵抗軽減の機構についての本格的検討はChoiの研究以外は見当たらない。Choiは可視化と乱れ強さならびに条件付き計測で、摩擦抵抗の軽減はバーストの強さが弱められている結果と指摘している。彼の測定した無次元平均流速分布をみると、粘性底層とバッファ層での流速分布が滑面でのそれから著しく外れているが、その結果についての説明はされていない。

本研究は、秩序構造の変化が平均流速分布にどのような様子を反映しているのかを明らかにするため、平均流速分布を測定し、原点補正值と平均流速分布ならびに摩擦係数との関係を検討したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験は幅60cm、深さ25cm、長さ10mの可変勾配開水路で表-1の条件で行った。リブレットの断面形状は図-1の通りである。流速測定は動圧孔が幅3mm、厚さ0.5mmの偏平断面ピトー管を分解能1/100mmの差圧計に接続して行った。水面形状の測定は基準水位と横断方向に3本設置された静圧管の水位差を上記差圧計で測定する方法で行った。

3. 実験結果とその検討

水深とエネルギー勾配とで与えられる壁面摩擦速度と、I. 粘性底層内の平均速度勾配、ならびに、II. 対数領域での平均速度分布から得られる壁面摩擦速度とが一致する原点補正値を求め、平均流速分布を無次元表示したのが図-2である。白描点が粘性底層、黒描点が対数領域で原点補正値を求めた結果である。両原点補正値の違いを調べたのが図-3である。両原点補正値の差は小さいことから、図-2の対数領域での流速分布には大きな差はないが、粘性底層からバッファ層での流速分布は K^+ の値によって系統的に違っているのが注目される。すなわち、 K^+ が小さいほど黒描点は白描点の下方にあり、 $K^+ > 20$ では両描点の位置が逆転し、 K^+ が大きいほど黒描点が上方になっていることが判る。

図-2の原点補正値をみると、 $K^+ > 20$ での仮想原点

表-1 実験条件

Data No.	Ib $\times 10^4$	ν $\times 10^4$	Hx	Q	Re	le $\times 10^1$
323-10-800	0.875	0.9642	3.26	1376	2378	0.5446
315-15-800	1.875	0.9652	3.16	2300	3971	1.663
350-20-700	3.401	0.9428	3.55	3492	6173	2.546
337-25-600	5.361	1.010	3.37	4636	7650	5.083
341-35-650	9.750	0.9652	3.41	6520	11260	9.668
531-10-650	0.4167	1.000	5.31	2740	4567	0.4887

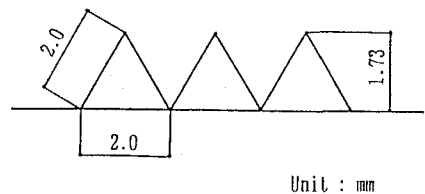


図-1 リブレットの断面形状

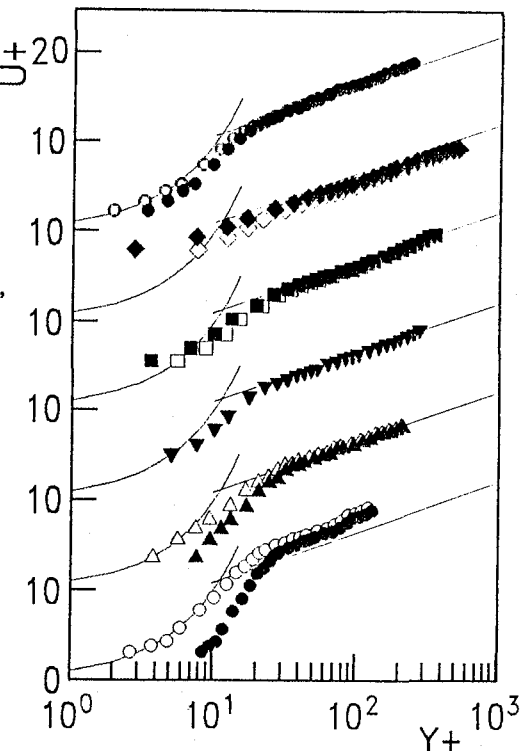


図-2 無次元平均流速分布

はほぼリブレットの頂点にあるが、摩擦損失係数が滑面のそれに較べて小さいほどリブレット頂点より下がった位置となっていて、意外な結果である。

粘性底層流速分布から求めた原点補正值を用いて、 $Y^*=6-15$ での流速分布を最小自乗法で求め、 $Y^*=10$ での U_{10} の値を K^* に対して描点したのが図-4である。 K^* が小さいほど U_{10} は大きい値となっていて、より粘性底層の流速分布に近くなっていることが判る。

仮想原点を任意に変えて、仮想原点からの高さとその位置での速度勾配との積 $Y \cdot du/dy$ の値を調べたのが図-5である。図中の水平線は前述した2通りの方法で求めた原点補正值からの U_{10}/κ の値である。対数分布式が成り立てば、 $Y \cdot du/dy$ は一定値 U_{10}/κ となる。図より $Y \cdot du/dy$ の値が一定値となる原点補正值は存在しないことが明らかである。通常対数領域とされる所での描点は波状に変化していて、測定値の平均勾配から得られた値に対して局所勾配から得られた値は最大10%以上の差がある。流速測定精度を含め、対数分布については更に別の観点からの検討が必要である。

実験流量と河床と水面勾配から求めた滑面の摩擦損失係数に対する前述した原点補正值から求められた摩擦損失係数の値を K^* に対して描点したのが図-6である。図中の破線は従来の実験結果の範囲で、不等流性か強い実験描点を除くと、この範囲内に描点がある。

4. むすび

リブレット粗面上の平均流速分布を検討した結果を要約すると、次の通りである。すなわち、

- 1) 仮想原点位置は、予想に反して、摩擦抵抗の軽減が大きいほどリブレット頂より下方であった。
- 2) 粘性底層の存在を前提にすると、バッファ層での流速分布は摩擦抵抗の軽減が大きいほど粘性底層内の流速分布に近い分布となっている。
- 3) 平均的には大差はないが、対数分布式の適用領域については慎重に検討することが必要である。

参考文献

- 1) Kwing-so Choi : Near-wall structure of turbulent boundary layer with riblets, J.F.Mech., vol. 208, pp.417-458, 1989
- 2) J.J.Rohr, G.W.Anderson, L.W.Reidy, and E.W.Hendricks : A comparison of the drag-reduction benefits of riblets in internal and external flow, Experiments in Fluids, 13, pp.361-368, 1992

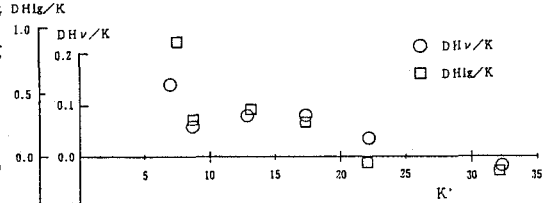


図-3 原点補正值 $\Delta H \sim K^*$ の関係

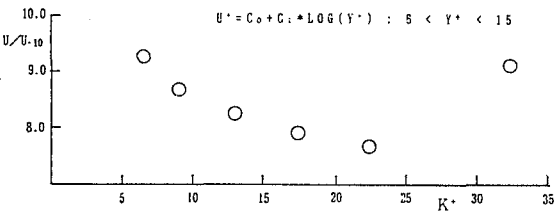
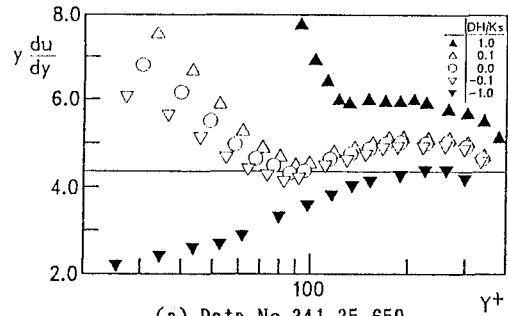
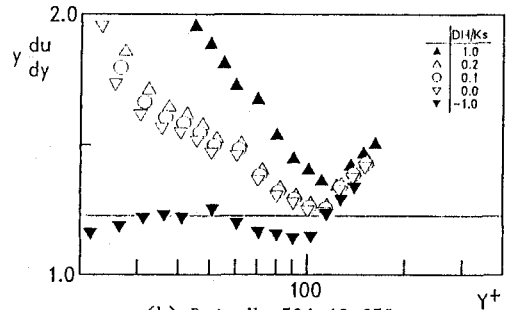


図-4 バッファ層内流速分布の K^* による変化



(a) Data No.341-35-650



(b) Data No.531-10-650

図-5 $Y^* dU/dy \sim Y^*$ の関係

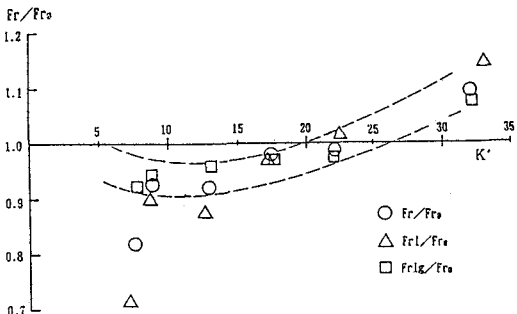


図-6 $Fr/Frs \sim K^*$ の関係