

II-212

リブレット粗面開水路における壁面領域の流れ特性

山口大・院 学○倉本和正

山口大・工 正 斎藤 隆

1. はじめに

近年、リブレットによる摩擦抵抗軽減に関する研究が精力的に行われ、いくつかの有用な知見が得られている。本研究は、抵抗軽減の定量的評価を行う抵抗則と強い関連のある壁面領域の流れ特性を明らかにすることを目的に、等流状態で測定した平均流速分布から算出した混合距離について検討し、仮想原点位置、粘性底層厚さについて考察を行った。

2. 実験装置と実験方法

実験には、長さ10m、幅60cm、高さ30cmの亚克力製可変勾配開水路を用いた。水路床には1辺2mmの正三角形断面を有するテフロンゴム紐 300本を一樣に密に張り付けリブレット粗面とした。流速は、外径2mmのステンレス管で制作された動圧開口部厚さ0.35mm、幅3mm、先端部の肉厚 0.1mmの扁平断面を有する境界層用ピトー管を分解能1/100mmH₂Oの微差圧計に接続して測定した。リブレット頂を原点として算出した物理量には' を付けて原点を補正した値と区別した。

3. 実験結果とその検討

実測した流速分布より、連続する5点の実測流速を2次曲線で近似し、その中央点における速度勾配と、せん断力分布を三角形分布として算出した混合距離を y'^+ に対して描点したものが図-1である。この結果を用いて、仮想原点位置ならびに粘性底層厚さの評価を試みる。

図において、壁面近くではほぼ1.5乗で増加している範囲の混合距離を定式化する。その範囲における平均曲線を引き、その平均曲線の $y'^+=1$ における混合距離 A と H^+ との関係は図-2に示す。図中の直線は描点を最小自乗法を用いて1次近似したものである。この結果を用いると、その範囲での混合距離分布は次式で与えられる。

$$\frac{l}{\kappa H^+} = 0.053 \left(\frac{u_*' H^+}{\nu} \right)^{-0.84} \left(\frac{u_*' y'}{\nu} \right)^{1.5} \quad (1)$$

一方、粘性底層内では渦動粘性係数は動粘性係数であり、動粘性係数を混合距離で評価すると次式となる。

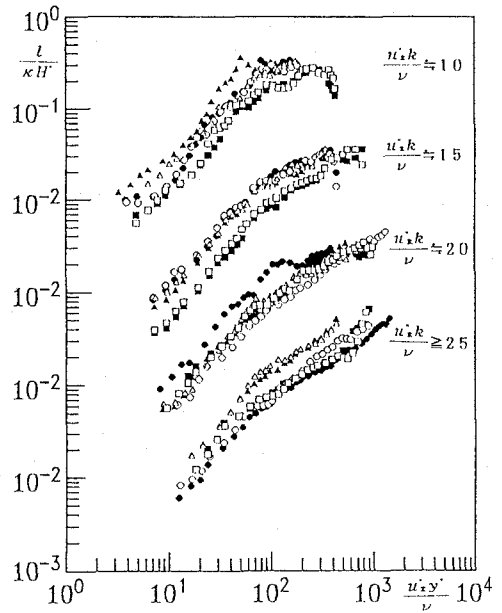


図-1 混合距離の分布

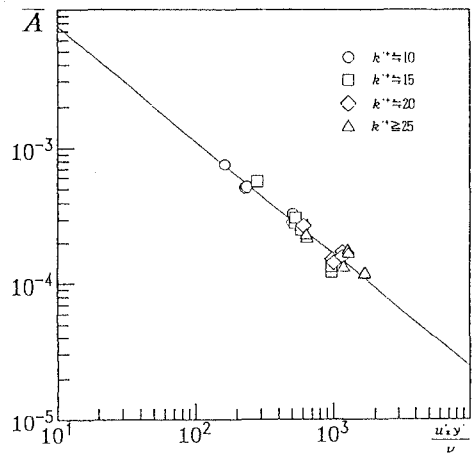


図-2 A と H^+ の関係

$$\frac{l}{\kappa H'} = \left\{ \kappa^2 \frac{u_*' H'}{\nu} \left(\frac{u_*' H'}{\nu} - \frac{u_*' y'}{\nu} \right) \right\}^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

両式における混合距離の交点がリブレット頂を原点とした仮定の粘性底層上縁高さを与える。このようにして求めた仮定の粘性底層上縁高さ y'^{+} と k'^{+} との関係を示したものが図-3である。この図から仮定の粘性底層上縁高さは H'^{+} の増加に伴い減少している。

通常、仮想原点は対数領域での流速分布から評価されているが、リブレット粗面では壁領域の流れ特性が滑面とは異なると考えられることから壁領域の流れ特性で仮想原点を評価してみる。

図-4は、 $y'^{+}=5\sim 20$ での実測流速を3次曲線で近似して求めた $y'^{+}=10$ での流速である。せん断力分布を三角形分布として(1)式の混合距離分布を用いれば、仮想原点位置 y_0 を仮定することでバッファ層内の流速が求まる。この様にして評価した流速が図-4の実測流速と一致するように y_0 を試算で求め、この値を k'^{+} に対して描点したものが図-5である。また、この様にして算出した仮想原点を用いて粘性底層上縁高さを評価したものを図-6に示す。図中の曲線は図-4示す $y'^{+}=10$ における実測流速の近似曲線を用いて算出された $H'^{+}=500, 1000$ の場合である。仮想原点は、 k'^{+} の増加に伴いリブ頂に近くなり、リブレットが粗度として寄与する $k'^{+} \geq 30$ ではほぼ一定値となっている。また、粘性底層上縁高さは、 k'^{+} の増加に伴い薄くなっており、 $k'^{+} \geq 30$ では $y'^{+}=7$ 付近で一定値となっている。従来、この種の研究では、仮想原点をリブレット頂から一定の距離下方に採ってデータの整理を行っているが、図のように k'^{+}, H'^{+} によって変化している。

4. 結語

本研究で得られた結果を要約すると以下の通りである。すなわち、

(1) 通常、仮想原点は粗度頂から粗度の大きさに比例した距離としているが、リブレットが粗度として機能する $k'^{+} \geq 30$ においてはほぼ一定値をとるようである。

(2) $k'^{+} \leq 20 \sim 25$ で抵抗軽減されている範囲の粘性底層厚さは厚くなっている。

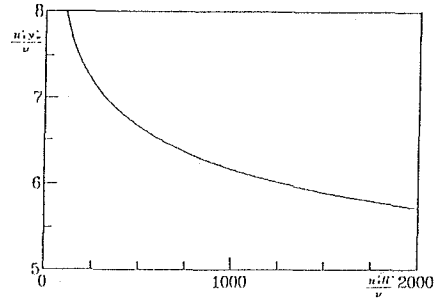


図-3 仮定の粘性底層上縁高さ y'^{+} と k'^{+} の関係

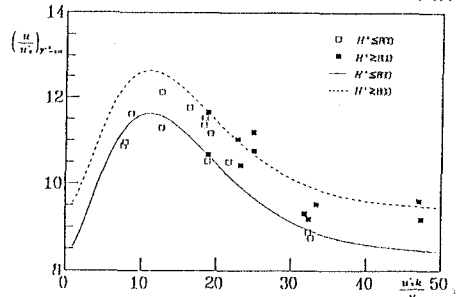


図-4 $y'^{+}=10$ における実測流速と k'^{+} の関係

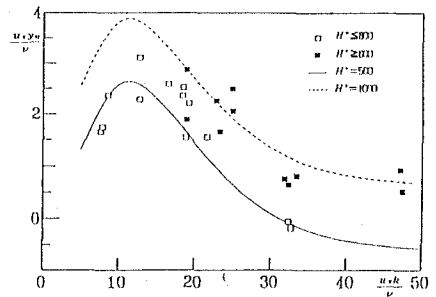


図-5 仮想原点位置 y_0 と k'^{+} の関係

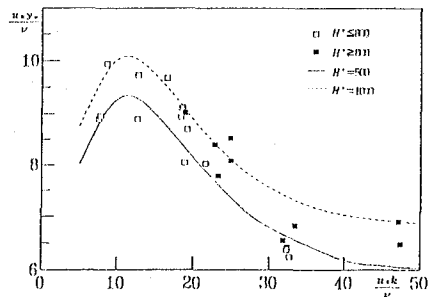


図-6 粘性底層上縁高さ y'^{+} と k'^{+} の関係