

II-346

非対称乱流後流の発達初期の特性

神戸大学工学部 学生員 池宮俊二

神戸大学工学部 正 員 中山昭彦

神戸大学工学部 正 員 川谷 健

1. はじめに

一様流れの中に置かれた物体の周りの流れは流体力学の中でも古くから研究されよく理解されている分野であるが、後流、特に発達過程にある領域での特性は流線型物体の後流の場合でも余り知られていない。近年計算流体力学の進歩で数値解析が試みられるようになったが、乱流モデルを必要としない直接シミュレーション法では建物や橋脚の回りの流れ等の土木構造物の規模でのレイノルズ数の流れを扱うには現在のスーパーコンピュータの規模でも到底無理である。レイノルズ方程式を解く方法では乱流モデルが必要で、多くの場合、壁面近辺の変化の急な部分で問題がある。極端に高い数値計算の格子密度が必要になる事、また局部的に低いレイノルズ数の場合にも対応できる乱流モデルの開発が難しい事、などにより壁面法則に代表される現象的相似則の適用に依存している¹⁾。壁面法則は境界層の境界条件として用いられるが、これに変わる法則が後流の発達原点である物体の後縁近辺でも見いだされれば有益である。

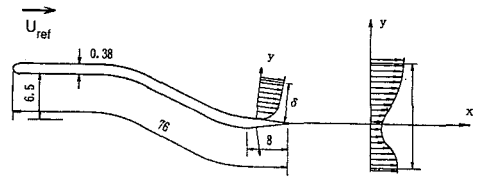


図-1 実験モデルの概形

表-1 3つの実験ケース

	Case A	Case B	Case C
δ , Upper Side	60mm	34mm	88mm
δ , Lower Side	12mm	25mm	15mm
C_f , Upper Side	0.00333	0.00338	0.00375
C_f , Lower Side			
H , Upper Side	1.27		1.36
H , Lower Side			
$R\theta$, Upper Side	7420		13800
$R\theta$, Lower Side	1647		1212

平板後流のように比較的簡単な、圧力勾配がなく、対称な場合は精度の高い計測がなされ相似則がみいだされている²⁻⁴⁾。しかし、より一般的な、すなわち非対称で圧力勾配があり、流線の曲率もある場合、この相似則が適用できるかどうかは大きな疑問である。そこで本研究では平板の対称後流から一歩進んで、異なる厚さと速度のスケールをもった境界層の融合による二次元乱流非対称後流の特性を実験的に調べた。非対称性に重点をおくため、また複雑な影響を避けるため圧力は一定になるようにした。平均流速と乱流応力を計測したが今回は主に平均流速の相似性についての結果を報告する。

2. 実験の概要

実験は図-1に示すような可塑性の薄板で出来たモデルを使っておこなわれた。この薄板の形を変えたり表面に粗度を施したりすることによりモデル板の後縁で性質の違った境界層を生成した。後縁から上流側約10cmの部分は風洞の天井と床に平行に置かれ後流域で圧力が一定になるようにされている。、3つのケースについて詳しく測定したが、その時のモデル板後縁での境界層の特性を表-1に示し、平均流速分布は図-2にプロットしてある。ケースAは、摩擦係数 C_f は板の上下殆ど同じであるが厚さの違う境界層が融合する場合、ケースBは厚さは変わらないが

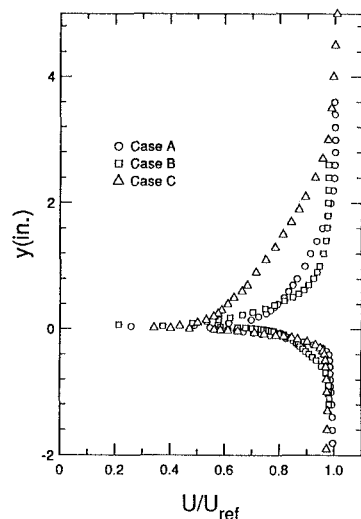


図-2 モデル後縁での平均流速分布

C_f が大きく違う場合、ケースCは C_f も厚さも異なった境界層が混じって発達する後流を調べる為のものである。いずれの場合も、モデルの全長(76cm)にもとづいたレイノルズ数を 1×10^6 に保ち、平均流速はピトー管、乱流応力は熱線流速計で計測した。

3. 結果と考察

図-3に後流断面内の平均流速の極小値 U_{min} の x についての変化を板の後縁での上下面の境界層の摩擦速度の平均 $u_{\tau,av}$ を用いた壁面法則座標で表してある。対称後流の場合と同様に対数的増加がみられる。傾きは全ての場合を通じて一定になっているのが見られる。しかし対称後流³⁾の場合と異なり切片は一定でない。次に平均流速分布を調べる。平板後流の場合、上流の境界層の壁面領域は後流にはいっても継承され、後縁で新たに発生する内部後流の伝播により内側から消されていくことがわかっている²⁾。これは速度スケールが摩擦速度 u_{τ} で一定であることによる。非対称、または圧力勾配がある場合この速度スケールが一義的に決まらないため相似性の存在は不明確である。そこで、今回のデータを速度最小点を境に上下半分ずつに分け、境界層の壁面則と同様の座標でプロットしてみた。但し、 u_{τ} の代わりにそれぞれの側の $x=0$ での摩擦速度、 y の代わりに仮想壁面からの距離 $y-y_0$ を用いている。図-4にその結果をしめしてある。これによると全ての場合で対数則は後縁近くで存在し後流中心部で二方からきた流れの混合により対数則が削られて行くと言える。これは u_{τ} を x の関数と見なさなければならないとした翼等の後流の場合⁵⁾とは違っている。

4. 結論

圧力勾配のない場合、スケールと特性の異なった境界層が混合することにより形成される非対称乱流後流の発達初期領域でも、対称後流と同様上流の境界層の壁面則領域が継承される事が解った。但し、中心より上部と下部では速度、長さスケールが異なり、対数則の原点は壁面を後流部に延長した「仮想壁面」にとらなければならない。

参考文献：1)Rodi, W. : Recent Development in Turbulence Modelling, Refined Flow Modelling and Turbulence Measurements, Tokyo, 1988. 2)Andreopoulos, J. and Bradshaw, P. : J. Fluid Mech. 100, 639, 1980. 3)Bogucz, E. A. and Walker, J. D. A. AIAA Paper 87-0483, 1987. 4)Nakayama, A. and Liu, B. : J. Fluid Mech. 217, 93, 1990. 5)Nakayama, A. : J. Fluid Mech. 160, 155, 1985.

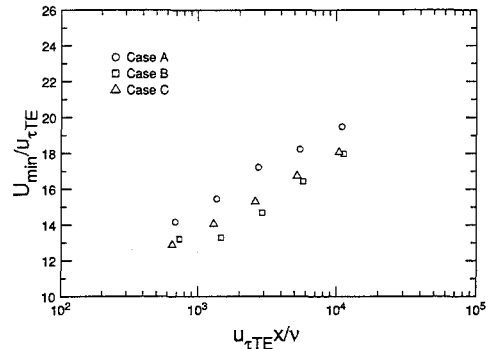


図-3 最小速度の流下方向変化

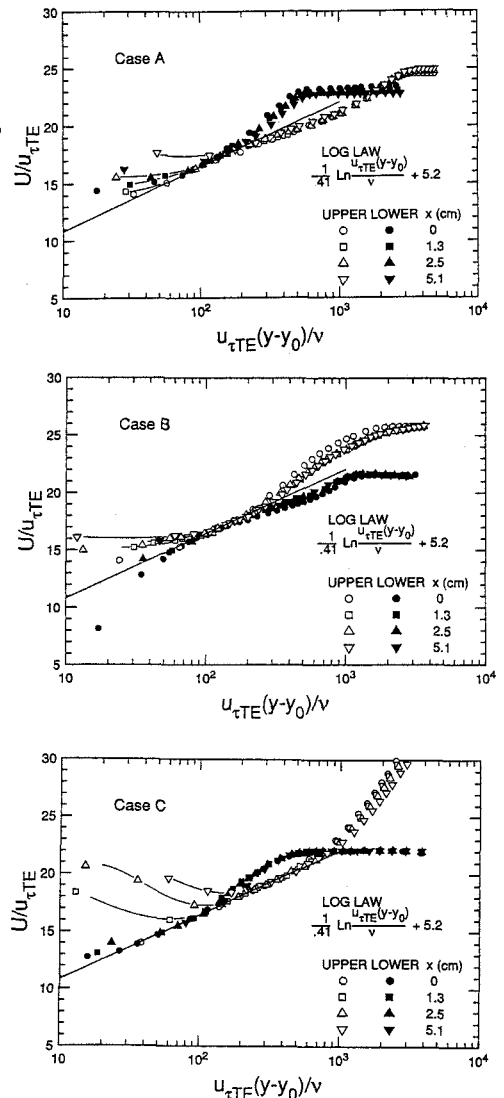


図-4 後流における壁面則