

内部境界層について

隆文德 藤成賀 畚大佐 員正員正 學專專 大高高 口山山 山德德

1. はじめに

種々の流れが粗度の異なる壁面上を流れる現象は、工学分野においても多数存在している。「内部境界層」(Inner Boundary Layer)は、平面一様壁面上の流れが一変して、前壁面と異なる粗度壁面上に突入することによって発生、発達する境界層の一種といえる。

内部境界層についての研究は、最近では吉川氏らのものがあるが、それは内部境界層の発生・発達が壁面粗度による乱れの拡散によって規定されるとされている。著者らは、境界層の発達が、粗度効果による乱れのみによって規定されるのではなく、境界層外の主流部の乱れが影響するという観点に立脚し、速度勾配が急で境界層が発達しやすく、かつ安定した流速分布を得やすいという特徴を有する壁面噴流について、その妥当性を検証してきた。²⁾ それらの前提が内部境界層においても適用できるのではないかとこの仮説に立脚したから、以下、壁面噴流における内部境界層についての測定結果、および考察を述べる。

2. 測定結果および考察

実験装置は、長さ10 m、幅60 cmの本槽を用い、本槽内には噴流厚0.5 cm、幅15 cmの噴流口を設定したものをを用い、流速測定は受感部を1 mmに平坦化したピトー管を用いた。

図1は流れのモデルと本文で用いられている記号の説明を示したものである。

図2は、壁面噴流の水撃方向の流速分布を、粗度急変点、およびその前後の地点で表わしたものである。主流部の流速分布形状は、流下距離にかかわらず、一定であり、自己保存性が示されているといえるが、境界層内の流速分布は、それぞれ異なる。

境界層内の流速分布を表わす式は、滑面の場合、指数公式として、 $1/\eta$ (Blasius), $1/2$ (土屋), $1/4$ (Schwarz) 則が提案されているが、流下距離や壁面粗度をパラメーターとして、それぞれ異なることから、分布全体を包括するものとはいえない。著者らは、境界層を粘性底層、乱流底層、内層の三つに区分し、それぞれα層の物理的機構に適合する滑動粘性係数を仮定し、流速分布式を妥当性を示してまた、最も重要な規定要因は、せん断力分布と滑動粘性係数の分布を決定することにある。図7からも明らかなように、滑面領域においては、流下距離の増加に伴い、壁面に接近するほど、 $\frac{u}{u_{*c}}$ の値は減少割合を大きくしている。しかし、

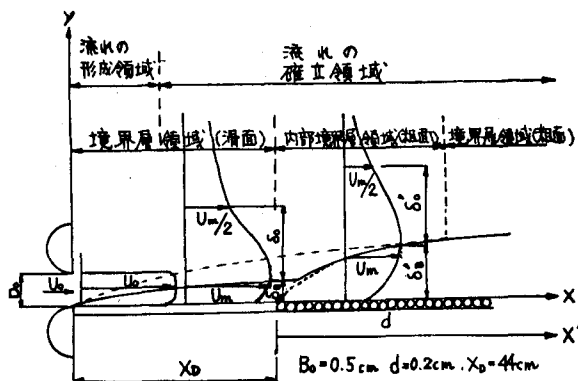


図-1 壁面噴流における内部境界層モデル

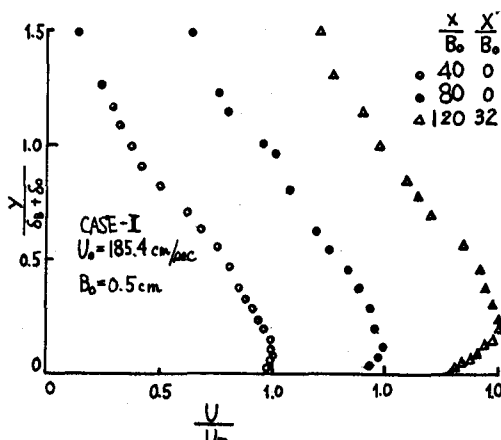


图-2 壁面噴流流速分布

滑面から粗面に移行する内部境界層発生領域では、この傾向が逆となっている。これは、内部境界層領域が開始せられるとともに、粗度効果の加味で速度勾配の増加となり、運動量保存則下で、最大流速の逆減、急激な境界層の発達、主流部流速分布のよりあがり、という現象をひきおこすに類推させる。せん断力分布と渦動粘性係数分布の新しい分布形の決定が必要である。

壁面噴流における壁面粗度の主流部流れの拡散に対する影響は、従来ないといわれてきているが、内部境界層の発生・発達から、主流部流れの拡散にどのように影響するかも、また、その反対の作用を正確定量的に評価することはかなり難解である。図4に主流部拡散流れを示しているが、流下距離が大きくなって、勾配の変化が示す点については、本実験条件下では、下流水深が十分深くなく、壁面噴流自身の適用限界からはずれる地帯であるかもしれないという問題があり、結論づけるにはおよばない。同様のことが、運動量保存則下で、主流部の最大流速の逆減特性についてもいえる。それらをもつて、図6を参照すれば、粗度急変後、急に境界層発達が急峻が増加し、それは、主流部の拡散以上の勾配となっている。

図7は、境界層の発達を示したものであり、それらから、内部境界層流れを次のように定式化しよう。すなわち、内部境界層は、粗度急変点から発生し、その地帯まで発達してきて滑面境界層を埋め、流下とともにそれは内部境界層面に漸近し、一致する。その後、内部境界層は発達するが、粗度急変の効果が消滅すると同時に、壁面噴流口から発生・発達してゆく粗面での境界層発達曲線と一致する。この一致地帯までが内部境界層領域と定義されるものである。境界層発達を規定する要因は、境界層内の流れの構造の違いによって決められるべきものであり、粗度急変点から急激に発達するという内部境界層の特殊な考慮をすれば、粗度要因による流れおよび、主流部の流れが影響する量の両者を統一的に説明する物理量として、渦動粘性係数分布およびせん断力分布が明らかにされるのではない。

本報告は、内部境界層の発生・発達領域を測定結果から決定できたに留った。流れ速度の計測や実験条件で変化させ詳細に、今後検討を加えてゆきたい。

<参考文献>

- 1) 池田他「開水路内部境界層の発生領域の研究」第5号
 - 2) 池田他「下流に粗面を有する噴流に関する研究」第5号
- 2648, 1971.

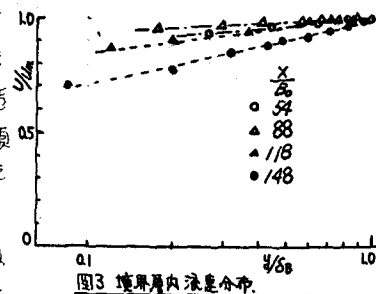


図3 境界層内流速分布

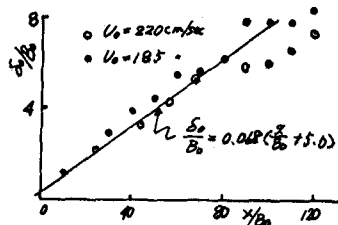


図4 主流部拡散

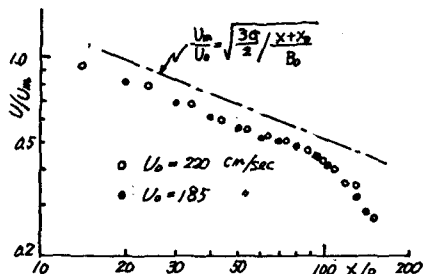


図5 最大流速逆減

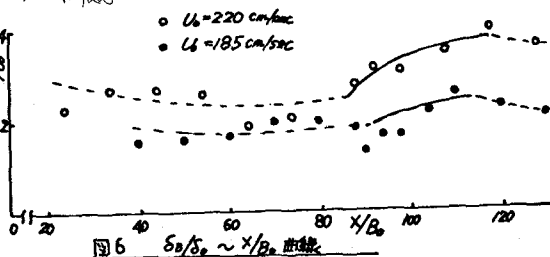


図6 $\delta_0/\delta_0 \sim x/B_0$ 曲線

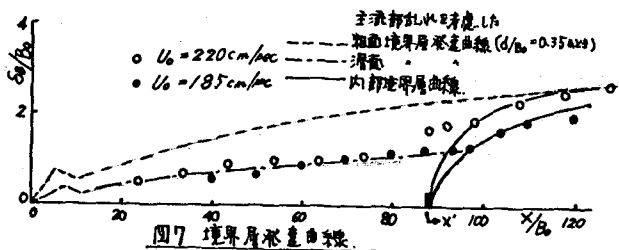


図7 境界層発達曲線