

二次元壁面噴流の横断方向特性に関する可視化

徳山高専 正員 大成 博文
徳山高専 正員 佐賀 孝徳
山口大学 正員 斎藤 隆

1. はじめに

二次元壁面噴流の実験において、流れの発生地までの構造が横断方向に均一な二次元的流況を示すにもかかわらず、流れの発達とともに各種の横断方向特性が顕著となり、流れ場が複雑な三次元的流況を呈する場合が存在する。著者は、これまでにそのいくつかの特性を明らかにし、横断方向特性と出現させる原因と流れの発達とともに、装置内で生ずる各種規模の二次流れの複合化がなされるためと判断するに至っている。

この二次流れの存在は、従来の二次元的流れ場の取扱いの再検討を促すものであるが、最近Lauderらは、従来の壁面噴流の研究の総括的な検討を行ない、流れ場に対する次のような重要な示唆を与えている。

「二次元の場合、流れが良い二次元性を示しているという強い証拠があるべきである。最も原理的には二次元運動量積分方程式を満足するかどうかを試すことである。我々は、流れの横断方向特性がほとんど均一であることが、二次元性を示す強い証拠とは言えなかったことに注目している。」

この見解は、従来の研究において運動量保存則がかなり成立しない結果が示されていることから、あるいは、噴流の基本的特徴である拡散勾配や最大流速の低減などについてもかなりの差異が見られていいることに由来するものとされている。拡散勾配の違いについて一例を示す。平均流速階ごとのこの差異は、乱流特性に關してさらにその散らばりが示され、レイノルズ数分布についても5割以上も異なる結果が示されている。

著者は、この基本的特性の差異がLauderらの指摘するように流れの二次元性が完全に成立せず、三次元的な流況の要素と保有するからではないかという、その原因解明に着目してきたわけであり、その横断方向特性をもたらす二次流れを規定する条件として、装置条件としてのアスペクト比と境界条件としての水深の存在を指摘し得る。この両者を比較すれば、後者の方がより副次的な要素である。本論は、これらと前記に、この横断方向特性の存在を可視化法により証明し、さらに詳述することにある。

2. 流れの可視化

最近、可視化法による流れの構造の解明が重要であるという認識が深まりつつあるといえるが、壁面噴流に関する可視化の事例は極めて少なく、その横断方向特性に關しては著者の知る限り、ほとんど存在していない。

そこで、壁面噴流の各種規模の流れの三次元構造を次のように分類する。また Fig. 2 にその概念図を示す。

- 装置条件(アスペクト比)、境界条件(水深)に規定された最大規模の乱流構造
- 自由せん断流的流れ構造に規定された Coherent Structure
- 壁面流れに規定された Coherent Structure

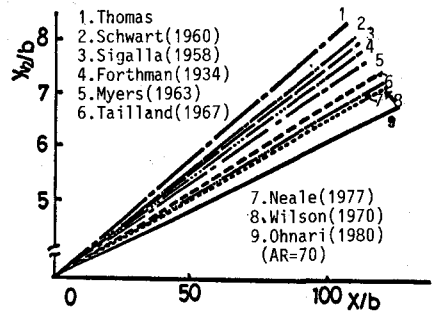


Fig.1 拡散勾配の比較

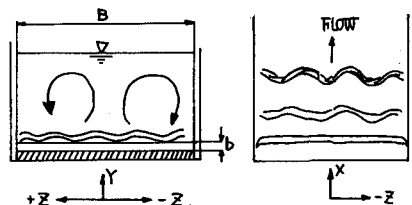
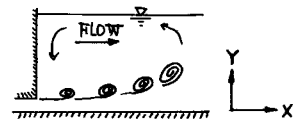


Fig.2 渦運動および二次流れの概念図

(d) 剥離現象に特徴付けられる剥離後の乱流構造

Fig. 3は、それぞれの地点の平面可視化写真のトレースを示したものである。可視化の手法は、水素気泡法であり、陰極線が横断方向に張られている。これは、噴流口付近で均一な流速分布が存在するにもかかわらず、流下とともに、渦管が成長し、発達する過程で各横断規模の横断方向不均一性が出現している。

また、流下距離の増大とともに大きな装置規模の横断方向特性も顕著に出現し、水路中央部での流速の随所現象がFig. 4に明瞭に示されている。

1) ズル直下流に発生する渦管の断面を色素流脈法によ

って可視化したのがFig. 5である。この両者の明瞭な違いは壁の影響を受けずか受けないかで渦管の回転方向がまったく反対になることとあり、渦管形状もそれぞれ異なる。壁面より、より上部の自由せん断流的渦構造(Coherent Structure)は、Hama⁷⁾が指摘しているものと同様の形状を示し、流下とともに渦管同士の距離が縮まり相互干渉を生ぜしめる。この渦同士の相互干渉は、結果としてFig. 3に示した横断方向特性をもたらすひとつの重要な原因となるものと思われる。この渦相互の干渉作用の最も典型的な発達形態が渦管の合体運動である。この機構は、発生した渦管が流下とともに発達しながら移動し、主流に添って壁から離れようとするのに対し、その下部にそれらに比べて未発達の移動速度の遅い渦管が接近し、やがて合体してしまう場合が最も一般的である。この地点まで発達するとこの両渦管は回転方向は同じでも、その位相が横断方向に異なり、顕著な横断方向特性を示すようになる。

また、壁面領域内においても、乱流境界層内に普遍的に存在しうるとされる低速線に類似した挙動がみられ、興味深い。

剥離現象を左右する渦運動について興味ある挙動を見出したが、それらについては当日報告する。

3. まとめ

各種の横断方向特性を規定する渦運動についてその現象の一部を可視化によって表現することかできた。

(参考文献)

- 1), 2) 大成他: 土木学会年講(1980, 1981), 3), 4) 大成他: 徳山講義紀要(1981), 5) Lauder等: Aerospace Science vol. 19, (1981), 6) Contemell: J. F. M. Annual Review (1981), 7) Hama: Physics of Fluids, 5, 6, 644-50

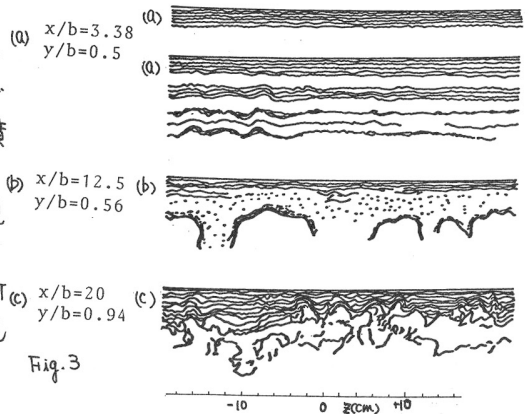


Fig. 3

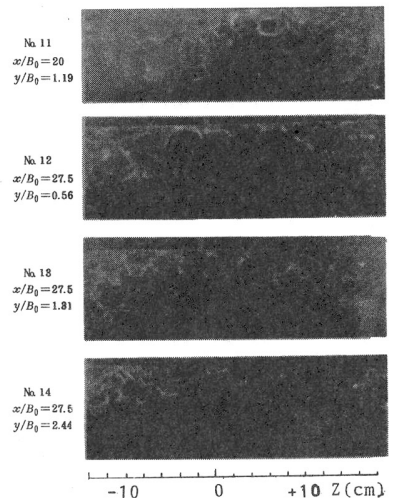


Fig. 4 The transverse depression in the wall jet flow
($R_e=618$, $U_0=7.67$ cm/sec, $B/B_0=70$)

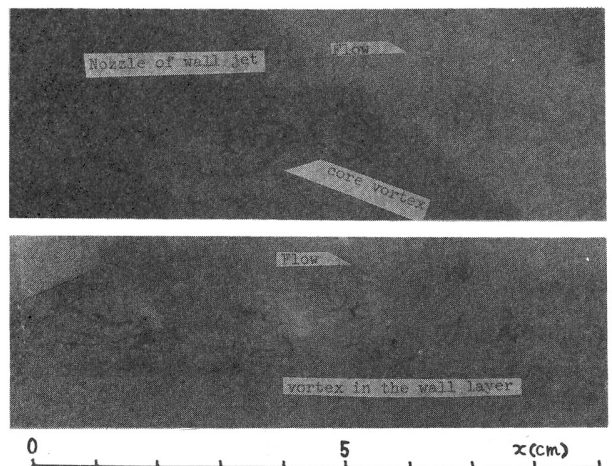


Fig. 5 Core vortices in the wall jet