

壁面噴流の横断方向特性

山口大学 正員 齋藤 隆
徳山高専 正員 大成 博文
徳山高専 正員 〇佐賀 孝徳

壁面噴流 (Wall Jet) に関する研究は、1956年のGubart にはじめて以来、今日に至るまでに多くの分野で研究がなされ、多くの有益な結果を得ている。しかし、流れ自身本質的にその複雑さと高次元性を有するものであり、この種の研究においても未解明の部分も多く残しており、その部分の解明が非常に重要な場合も当然ありうるといえよう。流れの多重構造性の解明は、本来、流れの高次元性考察を不可欠とするものであるが、低次元化するによって解明が簡略化してもよい場合も当然ありえた。その場合においても、流れの特性が損われないうちの前提条件が当然のことながら存在していた。

従来、壁面噴流に関する研究のほとんどが二次元的に取り扱われてきたものばかりであり、流れの横断方向特性も一定とみなした噴流におけるアラントルの「オニ仮説」が成立するものと考えられてきた。本研究は、最近の乱流境界層の三次元性、開水路流れの大規模乱流構造等の多重構造性を明らかにした一連の研究に触発されたものであり、噴流口での二次元流が流れ本来の三次元流入移行してゆく様子を明らかにしてゆくために横断方向特性に注目したものである。また、従来の二次元流での研究では、ほとんど装置上の制約から側壁を持ったものであったと言えるが、側壁の効果がどのように壁面噴流の横断方向特性に影響を与えるかは考慮されていなかったと言える。自由噴流に関する側壁効果に関する研究(Bounded Jetに関する研究)は、最近になっていくつか存在し、噴流口で発生した渦管の変形(stretched model)ととらえての議論が行なわれているが、それらはいずれも低アスペクト比(噴流幅 B /噴流厚 B_0)で行なわれたものばかりである。^{2),3)}

本研究の特徴は、オーに壁面噴流であること、オニに高アスペクト比であるといった特徴を持ち、その平均流速分布を計測することによって横断方向特性を明らかにしようとしたものである。

実験用水路は幅60cm、長さ10m、深さ1mのものを用い、壁面、側壁には同質のアクリル樹脂板を用いた。噴流幅 $B=56\text{cm}$ 、噴流厚 $B_0=0.8\text{cm}$ である。噴流口詳細図をFig. 1に示す。平均流速測定に付、ピトー管を用い、水頭差をマノメータで計測した。Fig. 2に噴流口流速 U_0 の計測結果を示す。横断方向および水深方向で均一な噴流口流速が得られていることがわかる。

Fig. 3に既採用いられてきた二次元モデルを示す。記号の説明は図に示したとおりである。Fig. 4に流れの確立領域における主流部の横断方向平均流速分布のモデルも簡単に示す。Fig. 5は、本結果を用いての平均流速分布の立体描写を試みたものである。

壁面噴流の内部構造は、二次元モデルからも明らかなように、流下方向には、流れの形成領域と流れの確立領域に区分され、水深方向には、主流部と境界層部に分けられる。また著者は、流下距離の増大とともに主流部の乱れが境界層部までかなり影響するという立場にあり、それらの区分と観点をふまえたうえで横断方向特性を考える必要があり、このことはより詳細な壁面噴流の

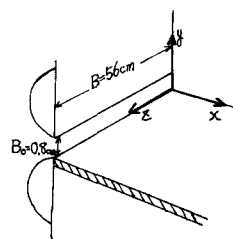


Fig. 1

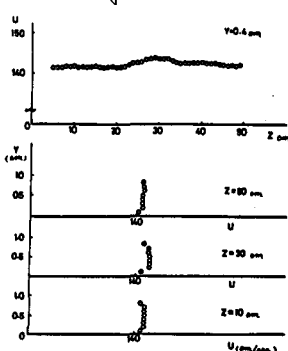


Fig. 2

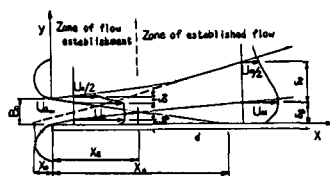


Fig. 3

内部構造の発明につながる問題と言える。

Fig. 6に流れの確立領域における主流部の横断方向平均流速分布を示す。特徴は水路中央部における陥没であり、陥没率はこの場合4割を越えている。流下距離に伴う変化は、さほどなくほぼ一定であり、また、端部では側壁の効果をうけ流速の減少がみられる。

Fig. 7は、境界層内の横断方向平均流速分布を示したものである。この図からも、流下距離が増大するとともに、主流部の乱れが境界層部まで影響を与えていることがわかり、主流部の陥没の影響が境界層内まで及んでいることがわかる。また、噴出口からの距離が比較的小さい地点では、比較的小スケールの横断方向特性を示している。これは、大坂らが示した縦洞に相当するものが存在することによるものと思われるが今後詳細な実験が必要となろう。Fig. 8は、1ズル口流速を変化させた場合のものであり、陥没率はさらに大きくなっている。

Fig. 9は、境界層内の流速分布を示したものであり、横断方向の違いが如実である。狭幅水路($B=20\text{cm}$)での同様の実験結果は水路中心部で一致する傾向を示している。Fig. 10は、主流部の振散の様子を示したものであり、水路中心部と側壁側では、顕著な違いを示している。図中に示した、従来の実験式とは大きく異なっており、従来の実験式は、横断方向の一断面にしかあてはまらないことがわかるであろう。Fig. 11は、境界層の発達を示したものである。側壁近くを除いて、狭幅水路での実測値とほぼ一致し、境界層の発達が壁面にかなり影響を受けたかたちで発達していることがわかる。

Fig. 12は、横断方向の陥没率を流下距離および水深方向で比較したものである。この図から、陥没率は、壁面から離れるに従って増大し、陥没率の勾配は、流下距離の増大とともにゆるくなっているといえ、 $X/B_0=90$ では、境界層内まで主流部の影響が肩いていることから、その部分で逆転する傾向も生じているといえる。

以上のことから、従来の二次元壁面噴流に関する研究は、主流部の特性がかなり側壁の効果を受けたものであるといえ、横断方向特性を考慮すると新しい体系化が必要となろう。陥没の因果関係を究明することを今後の課題とした。

(参考文献)

- 1) 斎藤隆;土木学会論文集 1977, 第264号
- 2) ROCKWELL; ASME, 1977
- 3) HOLDEMAN; ASME, 1975
- 4) 機械学会論文集, 1974

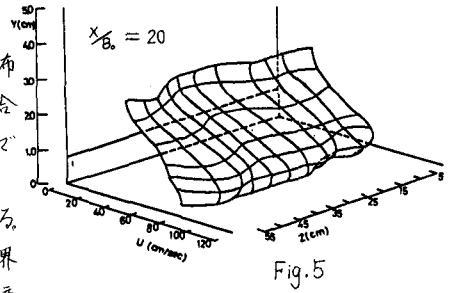


Fig. 5

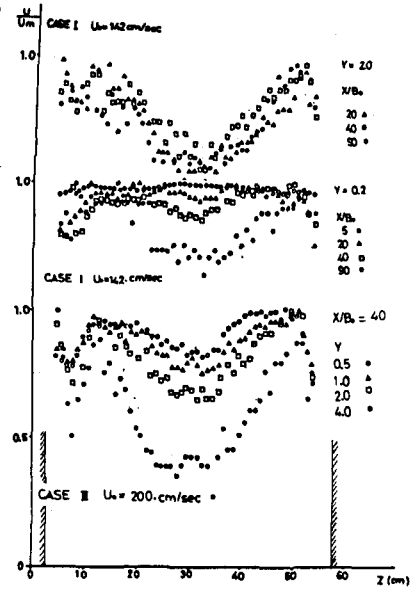


Fig. 6, 7, 8

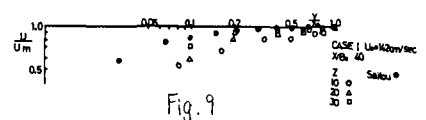


Fig. 9

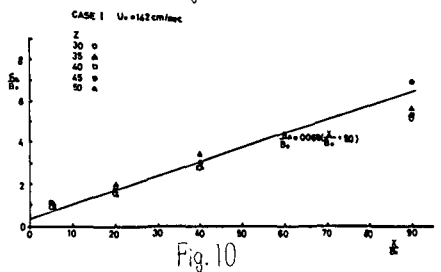


Fig. 10

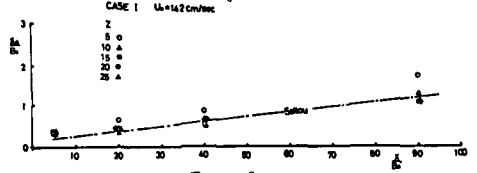


Fig. 11

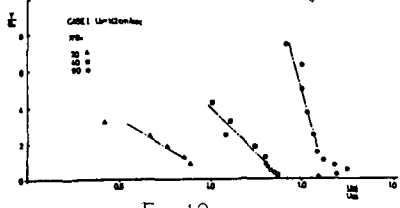


Fig. 12