

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

壁面噴流(Wall Jet)に関する研究は、1956年のGulmar<sup>1)</sup>によって開始せられて以来、その内部に秘められた水理学的特性を明らかにしてきている。しかし、それらの多くは、実験装置内で形成した二次元的空間において二次元的諸特性の考察のみにとどまるものであった。壁面噴流は、流れの発達とともに、本質的にその複雑性と高次元性を有する多重構造の流れであり、その本質的解明のためにはより高次元の考察が必要であると言える。

本研究は、噴流口で発生した二次元壁面噴流が流れの発達とともに三次元流へと移行してゆく過程を明らかにするために横断方向特性に注目したものである。また、従来の水流での二次元流での研究では、装置上の制約条件として側壁を必ず有するものであったが、それらにおいて側壁の効果かどのように壁面噴流の横断方向特性に影響を与えているかはあまり考慮されてはいなかったと言え、広幅水路と狭幅水路での結果と比較することによってその効果の差異が明らかとなりうる。自由噴流における側壁効果に関する研究(いわゆるBounded Jet)は、噴流口で発生した渦管の変形をstretched model<sup>2),3)</sup>としてとらえて説明しているが、いずれも低アスペクト比(噴流幅 $B$ /噴流厚 $B_0$ )であることが特徴である。

本研究は、高アスペクト比下での壁面噴流を対象としたことが特徴であり、その平均流速分布を立体的に計測することによって横断方向構造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を用い、壁面、側壁には同量のアクリル樹脂板を用い、噴流口から下流堰までの距離を7m、壁面上の水深を50cm以上とした。平均流速計測には、ヒート管を使用した。噴流幅 $B=56$ cm、噴流厚 $B_0=0.8$ cmであり、噴流口詳細図をFig.1に示す。Fig.2は、噴流口流速 $U_0$ の分布を示したものであり、横断方向および水深方向で一様な噴流口流速分布が得られていることがわかる。

Fig.3は、壁面噴流の従来の二次元モデルを示したものであり、流下方向には、流れの形成領域と確立領域とに、水深方向には主流部と境界層部とに大きく区分されるが、横断方向特性もこの区分に従いそれぞれの領域において検討される必要があるといえるであろう。

Fig.4は、計測結果とともに平均流速分布の立体描写を試みたものである。上述の二次元モデルに従えば、境界層は三領域においてそれぞれ異なる特性を示すと思われる。すなわち、A( $0 < x < x_E$ )のポテンシャルコア下での境界層、B( $x_E < x < x_C$ )の主流部と境界層部とが相互に影響しあう領域、そしてC( $x > x_C$ )の主流部の流れが完全に境界層の内部まで影響を与えている領域等に分けられる。

Fig.5は、B、Cの領域内の境界層の横断方向特性を示したものである。領域Bでは比較的小スケールの不均一性を示しており、大坂<sup>4)</sup>が指摘した渦糸の存在と関連する傾向と思われる。それに対し、領域Cでは、次に示す主流部の陥没の影響とうけてBとは異なる傾向を示しているといえる。

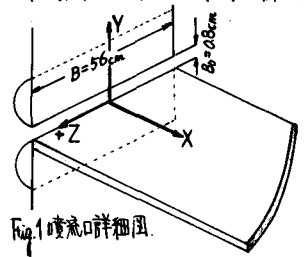


Fig.1 噴流口詳細図

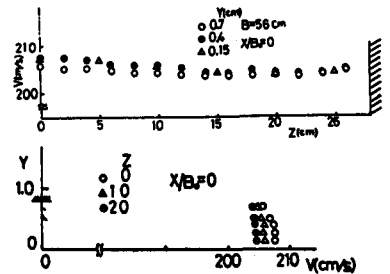


Fig.2 噴流口流速分布

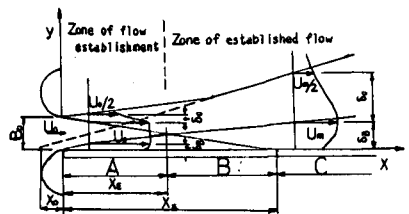


Fig.3 従来の二次元モデル

Fig.6は主流部の横断方向平均流速分布を示したものである。特徴は中心部における大きな陥没がある点であり、流下距離に伴う変化はあまり生じていないように思える。Fig.7は、水渠方向に横断方向特性と比較したものであるといえるが、境界層内と主流部では全く分布形状が異なり、境界層外縁部付近では、ほぼ均一になる傾向を示している。また、これまでに示した図のいずれの場合においても $Z=21\text{cm}$ 付近で側壁効果による加速現象が認められる。これらの局所的挙動については今後詳細な実験を用いるものである。

Fig.8は、境界層内の流速分布を表わしたものであり、横断方向による違いは顕著であり、従来の狭幅水路( $B=20\text{cm}$ )での実験結果とは、水路中心部で一致する傾向を示している。Fig.9の境界層の発達を表わす図も同様と思われるが、狭幅水路の結果とは、極端部を除いて顕著な差異はみられない。しかし、主流部の拡散の様子を示したFig.10においては、横断方向で大きく異なり、従来の二次元下の実験式は、本路中央部で大きなずれを示している。

Fig.11は、横断方向の陥没率を流下距離・水渠方向と比較したものである。この図から、陥没率は、流下距離の増大とともに、そして壁面から離れるにしたがって増大していくと言え、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乱れの影響が完全に届いていることから、その部分で逆転する傾向も生じているといえる。

以上、各地点での横断方向特性を簡単に示してきたが、これらの諸特性は各種の水理条件下で詳細な実験を行ない系統的に検討されるべきものである。しかし、依然として陥没の原因を究める問題が残っており、現段階では、オ1に、側壁の初果により側壁部で局所流が生じ、渦管が切断され、水路中心部においてのみ生き残ってゆくことにあり、上昇流の成分が顕著になつた。オ2に、そのオ1の傾向を壁面からさらに増幅させているのではないかとという点。

オ3に自由表面下での実験にあつたための逆流の影響が考えられるが、これらの点どう関連しあうかは解明できていない。

(参考文献)

- 1) 斎藤：土木学会誌，1977
- 2) ROCKWELL: ASME, 1977
- 3) HOLDMAN: ASME, 1975
- 4) 大坂：機論，1974

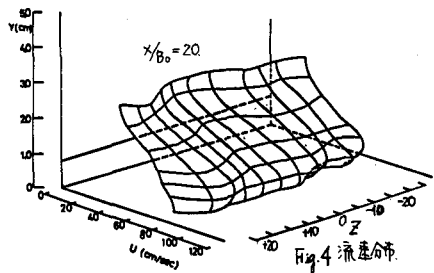
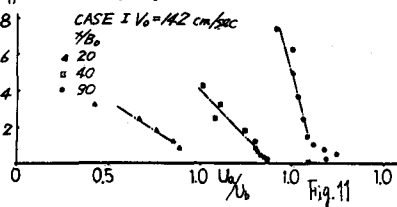


Fig.4 流速分布

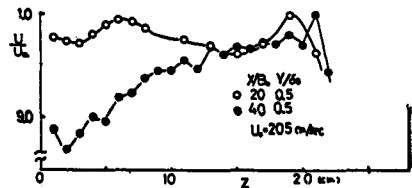


Fig.5 境界層内の横断方向特性

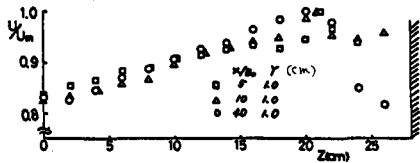


Fig.6 主流部の陥没

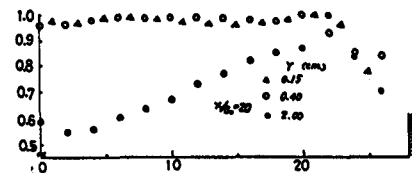


Fig.8 水渠方向横断分布



Fig.9 境界層の発達

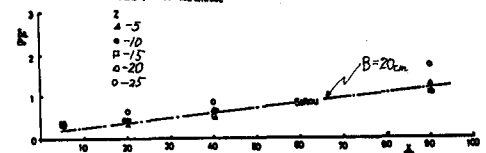


Fig.10 主流部の拡散