

二次元壁面噴流の横断方向特性(2)

山口大学 正員 斎藤 隆
徳山高専 正員 大 成 博文
徳山高専 正員 佐賀 孝徳
建設省 正員 竹本 祐造

1. まえがき

筆者らは、二次元壁面噴流において噴流口条件が高アスペクト比になった場合に無視することができないほどの二次的流況を呈し、とくに横断方向に顕著な平均流速の階差が存在することをこれまで明らかにしている。^(1,2) この二次元流れ場における横断方向不均一性の存在は、従来の同様の研究においてほとんどそのことが考慮されていないことから、次の諸点についての検討をおこなうと必要とさせる。

オ一は、いかなる装置条件のもとで、いかなる流況が出現するかということである。オ二は、二次元壁面噴流に類する流れにおいて横断方向特性の指標があるかないか、あればどのように分析されているかということである。オ三は、従来の壁面噴流における研究結果との比較である。そして、オ四は、横断方向特性を示す流れ構造自体の水理学的解明である。オ五は、水流および空気流における流れ構造の同一性、非同ー性を論ずることである。

本研究は、上記五点の検討課題を踏まえつつ、とくに、アスペクト比と水深の横断方向特性に及ぼす寄与について若干の検討を試みたものである。

2. 本研究の占める位置と装置条件の比較

壁面噴流に類する流れはいくつか存在し、とくに三次元的特性 (矩形自由噴流)* (Bounded jet)* が指摘されている研究との位置関係を Fig. 1 に示すが、Bounded jet 矩形噴流、曲面壁面噴流、三次元壁面噴流、Diffuser、側壁効果、乱流境界層等々の研究においていずれも三次元的流況を示す結果が得られており、それらを系統的に検討すると二次元壁面噴流における横断方向特性がある条件下で出現しうることを予測 (三次元壁面噴流)* (Diffuser)* するのも難しくないものように思える。 (側壁効果)* (乱流境界層)* < 三次元的な指標 >

次に、従来の壁面噴流に関する研究と本研究との装置条件の比較を Table 1 に示す。アスペクト比および水深変化に注目したとくに本研究の特徴が存在する。また、Table 2 は従来の壁面噴流における拡散幅の勾配を比較したものである。厳密には、それぞれ拡散幅の流下距離に対する勾配が異な、た値を示し、従来の差異については詳細に論じられたことはないようである。筆者らは、これらの噴流幅違いが単なる実験上の誤差範囲内に属すると思えるのではなく、本論の課題のひとつである装置条件に起因する要素もその因果関係に含まれるものと考えている。既知の装置条件の範囲で比較すればアスペクト比の変化によ、てその値は明らかに異なっているといえる。

Table 1 装置条件の比較

Name	条件	水路幅 B (cm)	水深 H (cm)	水路長 L (cm)	噴流厚 B ₀ (cm)	H/B	アスペクト比 (B ₀ /H)	fluid	Ex. subject
Kruka and Eslinga J. R. H. (1964)		144.2	22.9		0.33	0.16	437	air	wall jet, main pump stream
Schwarzschild Coast J. R. H. (1961)				180				air	wall jet
土屋 敏人 林田 敏夫 (1961)		25	30	400	0.56		44.6	water	wall jet
斎藤 隆 土本 金治郎 (1977)		20	50	600	1.08		23.1	water	wall jet
Rockwell ASME (1973)					1		10	water	wall jet
大成 佐賀 斎藤 (1980-1981)		30 55 100	30, 30 50, 20 60, 30	200 800 600	1 0.8 0.5	1.67, 1.30 0.99, 0.36 1.5	30 70 200 100	water " " "	wall jet Control wall wall jet "

Table 2 主流部拡散幅勾配の比較

	Jet	Wall	d ₅₀ /dx	condition
Reichart	Free		0.116	
Alberksson	"		0.127	
Sagawa	Wall	Small	0.065	
Thuchiya	"	"	0.059	water
Schwarzs (1961)	"	"	0.068	air
Thomas (1962)	"	"	0.071	
Kruka (1964)	"	"	0.061	air
Sachse (1977)	"	Star	0.068	water (AR=10, 20)
Myers (1967)	"	"	0.070	
大成 (1980)	"	S	0.059	water (AR=70)
George (1962)	"	"	0.065	

また、この差異は高アスペクト比下の横断方向隔決が存在する場合の水路中央部と側壁付近との拡散勾配とも対応しているとも言え、今後系統的突明が必要と云える。

3. 横断方向特性に対するアスペクト比および水深の効果

壁面噴流の横断方向特性に対するアスペクト比(AR, 噴流幅/噴流高さ)の効果は、オーは矩形噴流のノズル内に発生する二次流れの影響により、噴流口上下端部に横断方向不均一性が生じることにあり、いわゆる噴流口形状の効果といえる。この効果は、通常自由噴流の場合には流れの拡散とともに消滅してゆくのであるが、壁面噴流では逆に、壁面と側壁の存在により発達してゆく過程をたどるものと思われる。オーは、側壁効果の影響である。これらが流れの発達とともに、水深方向および横断方向に複雑に影響しあうことからそれぞれの効果の解明もかなり複雑となろう。Fig. 2 にアスペクト比変化に伴う横断方向特性を示す。AR=18, 20 では、横断方向均一であるがその中間においては隔没が存在している。

次に、水深変化の効果をFig. 3 に示す。自由表面が存在する点は水流固有の条件であるが、水深変化の流れに及ぼす影響としては、側壁効果と壁面噴流における二次流れの効果の両方を検討しなければならないであろう。後者については、水深方向および流下距離方向(とくに、逆流と剥離の効果)についての考察が必要である。Fig. 3 は、水深が明らかに横断方向特性に影響を及ぼすパラメーターであることを示すものであるが、分析は上記のアスペクト比の効果を含めて行なわれなければならない。Fig. 4 は、孔管による二次流れのW成分の計測結果の一部を示したものである。W成分は、水路中央から側壁方向へ、一方、側壁付近では逆方向を示し、平均流速Uの横断方向最大値を示す付近で逆転している。

これらの挙動も非常に興味深い。

4. 空気流における横断方向特性

風洞による壁面噴流横断方向分布をFig. 5 に示す。アスペクト比は、5, 10, 15, 20 と変化させ、水流における自由表面の効果と比較するために、壁面上50cmとこに平板で「フタ」を設けた。結果は、空気流においても横断方向不均一性が存在し、水流における自由表面と同様の効果が「フタ」を設けることにより、現われることが明らかとなった。

5. まとめ 壁面噴流の横断方向特性について、アスペクト比および水深の効果がかかなり重要であることが明らかとなった。[参考文献] 1) 大友、土木学会年次講演会(1960), 2) 大友、徳山高等に空気流についても同様の定性的傾向が存在することも明らかとなつた。今後、二次流れについての詳細について検討をすすめる。5) Rockwell, ASME (1973), 6) Sforza, AIAA, (1970), 7) Kaiser, ASME (1970), 8) Gressner, ASME (1976), 9) Furuya, ASME (1979)

