

II-238 傾斜壁面密度噴流の形成領域について

(株)アイ・エヌ・エー新土木研究所 正員 高島哲雄
 長岡技術科学大学工学部 正員 福嶋祐介

1. 序論

密度の様な流体中に、密度差のある流体が流入する場合、このような現象を密度噴流という。流路床に沿って流下する密度噴流は傾斜壁面密度噴流と呼ばれている。傾斜壁面密度噴流は周囲流体に侵入する先端部と、それに続く定常部に分けられる。定常部はさらに流れの形成領域と流れの確立領域に分けられる。確立領域では噴流の厚さは直線的に増加し、各断面内で最大流速は一定となる。また、層平均リチャードソン数は一定となり、流速分布・密度分布等が相似となる。これらのことは福嶋¹⁾によって解析的に明らかにされている。一方、形成領域の特性は十分に明らかにされていない。Albertsonら²⁾は流速分布が $\exp(x)$ 型の関数で表されると仮定し、二次元噴流と軸対称噴流について初期コア(形成領域)の長さだけによって定まる水理量を経験的に求めた。その結果、二次元噴流については $x_0/b_0=5.2$ 、軸対称噴流については $x_0/d_0=6.2$ を得ている。ここで、 x_0 は形成領域の長さ、 b_0 は噴流噴出口の間隔、 d_0 は噴出口の直径である。また、Rajaratnam³⁾は壁面噴流の形成領域の長さを、噴出口の初期レイノルズ数を唯一のパラメーターとして $Re=10^4$ と 10^5 について計算した結果、 $x_0/b_0=6.1-6.7$ を得ている。本研究は実験によって傾斜壁面密度噴流の形成領域の長さについて検討する。

2. 実験方法

実験は長さ180cm、深さ100cm、幅30cmの亚克力板製水槽で行った。水槽内に水平との傾斜角が30度になるように傾斜板を取り付け、傾斜板上に幅8.5cmの水路を設けた。水路の上流にスロットを設置した。スロットは長さ50.0cm、噴出口の幅8.25cm、高さ4.0cmである。水槽に真水を満たし、水頭差一定のもとで、スロットから食塩水を放出して実験を行った。スロット噴出口の断面平均流速16.66cm/s、相対密度差0.0102である。流速はレーザードップラー流速計で測定し、密度はサイフォン採水により測定を行った。

3. 実験結果および考察

図1-図4に実験結果を示す。図1は半値幅の流下方向への変化を表している。半値幅は噴流の厚さに相当する。半値幅は流下距離 $x=10-15$ cmのところから直線的に増加している。図2は最大流速の流下方向への変化を表している。 $x=10-25$ cmでじょじょに加速し、 $x=30$ cm以降ではほぼ一定となっている。図3は層平均リチャードソン数の流下方向への変化を表している。 $x=30$ cmで少し値が落ち込んでいるが、 $x=20$ cm以降ではほぼ一定となっている。図4は速度 u の分布である。横軸は最大流速で無次元化された速度 u 、縦軸は半値幅 $b_{1/2}$ で無次元化された壁面からの距離である。 $x=20$ cmまでは流速分布は相似ではない。 $x=20-30$ cmではかなり相似に近くなっているが、完全には相似ではない。 $x=30$ cm以降では相似になっている。流速分布から考えると、 $x=20-30$ cmは形成領域の終端部、もしくは確立領域の始端部と考えられる。形成領域と確立領域は、概念的には明確に分けられるが、実際には、遷移区間とも呼べるような領域が存在すると言えよう。これらのことから、本研究では形成領域の長さは $x=20-30$ cmである。これはスロットの間隔で無次元化すると $x/b_0=5.0-7.5$ となる。この値はRajaratnamが壁面噴流で示した値とほぼ同程度である。

4. 結論および今後の課題

本研究は、実験により傾斜壁面密度噴流の形成領域の特性について検討した。その結果を次に記す。1)形成領域と確立領域の間に遷移区間の存在を示唆した。2)本研究では形成領域の長さは $x/b_0=5.0-7.5$ であった。この値はRajaratnamが壁面噴流で示した値とほぼ同程度であり、Rajaratnamが示した値は、壁面密度噴流に対してもかなり妥当である。今後は、壁面の傾斜角、相対密度差を種々変化させ、形成領域の特性を調べる必要がある。

参考文献

1)福嶋祐介：乱流モデルによる傾斜壁面密度噴流の解析、土木学会論文集、第399号/11-10, pp. 65-74, 1988. 2)Albertson, M. L., Y. b. Dai, R. A. Jensen and H. Rouse: Diffusion of submerged jets, Trans. ASCE, Vol. 115, pp. 639-677, 1950. 玉井信行「密度流の水利」から引用。玉井信行：密度流の水利、pp. 74-76, 技報堂出版、1980. 3)Rajaratnam, N (野村安正訳)：噴流、pp. 217-218, 森北出版、1980.

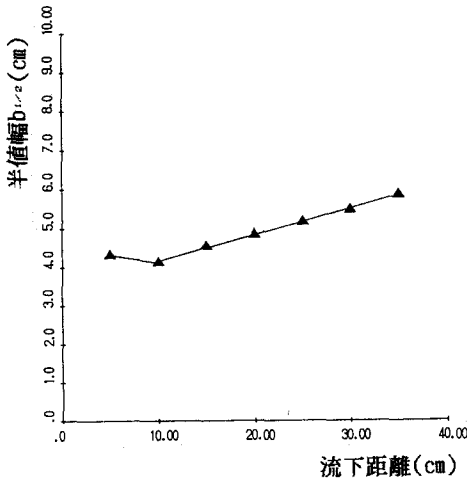


図1 半値幅の流下方向への変化

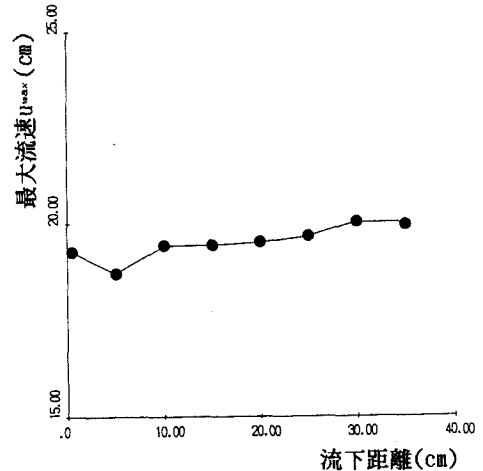


図2 断面内最大流速の流下方向への変化

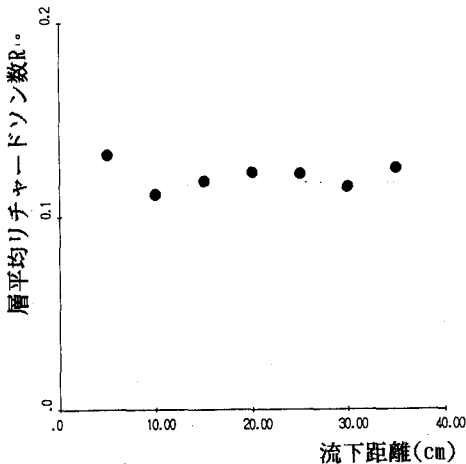


図3 層平均リチャードソン数の流下方向への変化

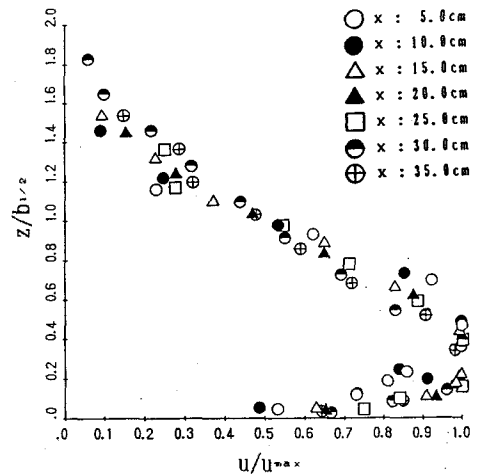


図4 速度uの分布