

II-239 吹送流の乱れ係数と二層界面の連行係数

九州工業大学工学部 正員 浦勝 学生員 ○ 淡谷 武司
 学生員 山本一 学生員 塚田誠

1. 緒言 種々の二層流の密度界面における連行係数は、乱れが卓越する場合には、連行速度 u_e を混合層の平均流速 U_m 、混合層厚 h 、二層間相対密度差 $\Delta \rho / \rho_a$ を用いた層平均量で整理すると式(1)で表されることがわかった¹⁾。

$$E_m = A \cdot R_{im}^{-3/2} \quad (1)$$

ここに、 $E_m (= u_e/U_m)$ は層平均連行係数、 $R_{im} (= \Delta \rho gh / \rho_a U_m^2)$ は層平均リチャードソン数である。そして式(1)の比例係数 A は混合層内の界面近傍の乱れ強度 u' 、積分長さスケール L を用いて次式で定義される乱れ係数

$$T_f = (u'/U_m)^4 \cdot (L/h)^{-3/2} \quad (2)$$

によって支配され、

$$A = 0.7 T_f \quad (3)$$

なる関係にある。

そこでこの関係式が T_f のより広い範囲に対しても成立するかどうか調べるために、風洞水槽を用いて乱れ係数を変化させた実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験装置及び方法の概要 実験は図-1に示す風洞水槽内に二成層場(上層；淡水、下層；塩水)を形成し、水面に風による剪断応力を加えた。今回行った実験は風路助走部末端に粗度要素(2cm×1cmの角柱)を幅いっぱいにわたって1本取り付けている。風洞水槽内の位置表示は水槽部上流端静止水面を原点に取り風下側にx軸、鉛直下向きにz軸を取った。流速測定は、 $x=281\text{cm}$ にコニカルプローブを設置して行い密度分布は、 $x=201$ と $x=328\text{cm}$ の上・下流に塩分濃度計設置して測定した。密度界面の深さ、即ち混合層厚 h は上・下層の中間密度を有する位置と定義し、連行速度は $u_e = dh/dt$ として求めた。また流速測定点における界面位置は上・下流の位置より内挿した。今回行った実験の条件は表-1に示す。ここに h_a 、 $\Delta \rho_a / \rho_a$ は h 、 $\Delta \rho / \rho_a$ の初期値である。

3. 実験結果 鉛直密度分布より得られた連行速度 u_e の測定結果は前出の表-1に示した。吹送流の平均流速 U を、深さ z に対して片対数紙にプロットしたものを図-2に示す。水表面近傍の順流部は、図中の直線で近似され対数分布則に従うものと言える。この直線の傾きより求めた水表面の摩擦速度 u_* の値は表-1に示している。平均流速分布を h と u_e を用いて無次元化したものを図-3の

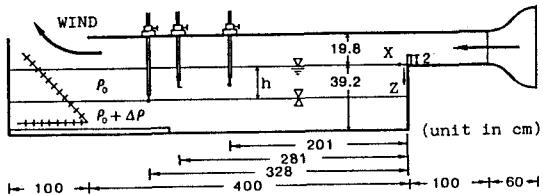


図-1 風洞水槽

表-1 実験条件と結果

Exp. No.	h_a (cm)	$\Delta \rho_a / \rho_a$	u_e (cm/s)	$u_e \times 10^4$ (cm/s)
204	19.0	0.0098	1.36	2.29
202	18.8	0.0149	1.41	6.25
203	18.8	0.0239	1.84	8.00
205	19.0	0.0134	1.93	16.80

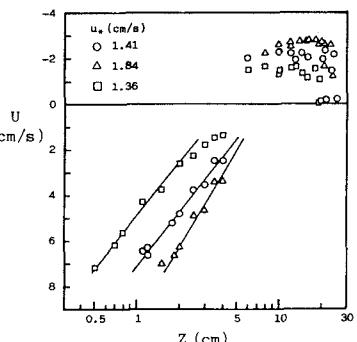


図-2 流速分布

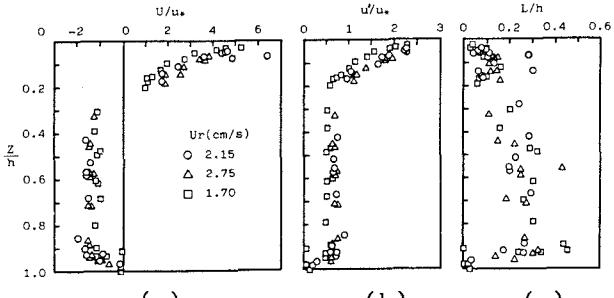


図-3 吹送流の平均流速と乱れ強度、乱れスケール

(a)に示す。同図より対数分布則に従う順流部は、 $z/h=0.25$ で流向が逆転し、 $0.4 < z/h < 0.9$ でほぼ一様な逆流流速 U_f となる。吹送流の時間変動量 $u'(\equiv \sqrt{u'^2})$ を u' で無次元化した値 u'/u の鉛直分布を図-3の(b)に示す。同図より水面の大きな乱れ強度は水深方向に減少し、逆流部 $z/h=0.4\sim 0.95$ の範囲ではほぼ一様な値を取り界面で減少することが判る。乱れの積分スケール L 、乱れの周波数スペクトル $E(f)$ より求められる平均渦のスケール L_B (= $U \cdot E(0)/4u'^2$)を求めた。 L, L_B とも同程度の値を取ることが判ったので、 L_B も参考にして L/h の分布を図-3の(c)に示す。かなりのばらつきがあるが逆流部の $z/h=0.4\sim 0.95$ でほぼ一定の値となり界面で減少するものと判断される。これらのデータより界面直上 $z/h=0.9$ の値をま

とめ、式(2)を用いて求めた T_f を表-2に示す。同表には乱れを変化させた過去の実験結果も示した。

4. 運行係数の平均流表示

本実験の結果を用いて求めた E_m と R_{im} の関係を図-4に示す。同図には平均流をもつその他の二層流の運行速度の測定結果も示されている。吹送流の場合は U_m の代わりに逆流平均流速 U_f を用いている。同図にはこれまでに得られた T_f の値が記入されている。本実験で得られた結果も T_f をパラメータとして式(1)で表される事が判る。さらに式(1)を用いて求めた A の値と乱れ係数 T_f の関係を示したもののが図-5である。同図より A は T_f によって一義的に定められ、 $1.4 \times 10^{-3} < T_f < 2.0 \times 10^{-1}$ の範囲で式(3)をほぼ満足していると言える。

5. 結言

本実験は式(1)～(3)の関係が R_{im} のより広い範囲で成立する事を確認する事ができた。しかし T_f の値は前回の

図-5 係数Aと乱れ係数 T_f の関係

Rough(C)(直角三角柱粒粗度)の値と大差なく、今後さらに T_f の値を変化させた実験を行いたいと考えている。

最後に貴重な助言と討議を頂いた九州大学工学部・松永信博助手に謝意を表し、実験と資料整理に尽力頂いた九州工業大学工学部・西村直人技官、卒業生・岩永洋氏(現k.k.建設技術研究所)に謝意を表す。