

II-223 増幅した風波による二層密度界面の連行

九州工業大学工学部 正員 浦 勝

学生員 ○塚田 誠

"

学生員 江藤 一洋

セントラルカラス 正員 淡谷 武司

1. 緒言

二層流の密度界面における連行係数 E_m は、乱れが卓越する場合には層平均リチャードソン数 Ri_m で整理すると式(1)で表される。この式(1)における比例係数 A は、混合層内の界面近傍の乱れ強さ u' 、積分長さスケール L を用いて式(2)で定義する乱れ係数 T_r によって支配され、式(3)の関係にある。¹⁾ そこで以上の関係式が T_r のより広い範囲に対しても成立するかどうかを調べるために、今回風洞水槽に造波板を設置し風波を増幅させた場合の実験(A-Type)を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験装置及び方法

実験装置は、長さ5m、幅20cmの風洞水槽の上流端に図-1に示す片振幅 $\alpha = 21^\circ$ の造波板が設置され、周波数2.3 Hzで振動させることにより、水表面に発達する風波が増幅されるようになっている。風洞水槽内に二成層場(上層; 淡水、下層; 塩水)を形成し、吹送

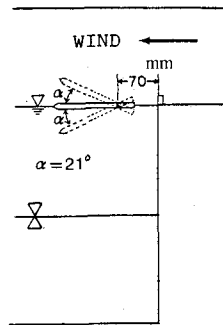


図-1 造波板

流の流速及び連行速度の測定を行った。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とり風下側にX軸、鉛直下向きにZ軸をとった。波高測定は、容量式波高計を $X=94, 194, 278, 323\text{cm}$ の4ヶ所に設置し、流速測定は $X=280\text{cm}$ の位置にコニカルタイプのホットフィルム流速計を設置し、連行速度は $X=197, 322\text{cm}$ の2点に塩分濃度計を設置し、風速と相対密度差を変化させて7ケースの測定を行った。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。水の摩擦速度 u^* は、水面近傍の流速分布が対数分布則に従うとして求めた。

3. 実験結果

造波板により増幅された風波の有義波高 $H_{1/3}$ と、吹送距離 F との関係を図-2に●印で示す。同図の○印は、造波板を設置しない場合の結果²⁾を示している。また図-3には、水位変動のrms値 η と波高 $\bar{H}, H_{1/3}, H_{1/10}$ との関係を、図-4には、水面変位のスペクトルを示す。これらの図から、造波板で増幅された表面波は波高が約2.5倍と大きくなっているが、波高・周波数ともかなり均一化しているのがわかる。次に、吹送流の平均流速 U 、乱れ強さ u' および積分長さスケール L の鉛直分布を、 h, u^* を用いて無次元化したものを各々図-5(A)(B)(C)に示す。同図より、 $Z/h=0.25$ で流向が逆転し、 $0.4 < Z/h < 0.9$ でほぼ一様な逆流流速 U_r をとっていることなど図-5に示し

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

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

$$A = 0.7 \cdot T_r \quad (3)$$

ここに、 $E_m = u_e / U_m$, $Ri_m = \epsilon gh / U_m^2$

u_e : 連行速度, U_m : 混合層の一樣流速,

ϵ : 相対密度差, g : 重力加速度, h : 混合層厚

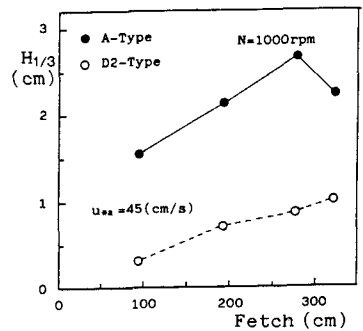


図-2 有義波高の変化

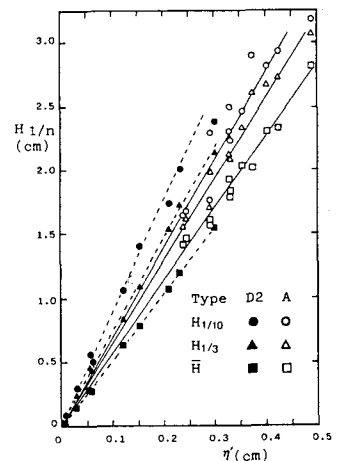


図-3 有義波高と水位変動の関係

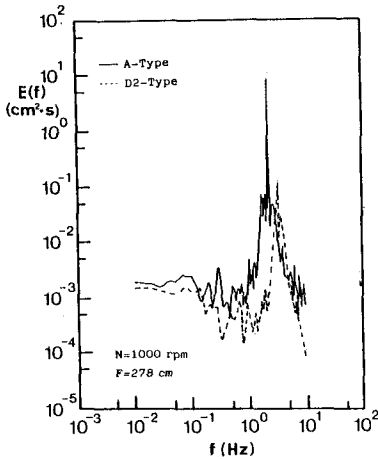


図-4 風波のスペクトル図

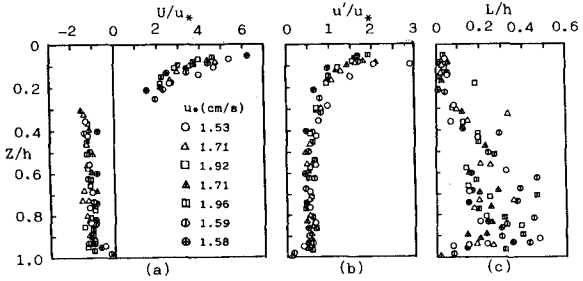


図-5 吹送流の平均流速、乱れ強さ、積分長さスケールの鉛直分布

表-1 界面近傍における乱れ特性量

Type	U/u^*	u'/u^*	u'/U	L/h	$T_f (\times 10^2)$
Smooth	1.85 ± 0.30	0.65 ± 0.10	0.35	0.35 ± 0.05	$8.0 \sim 10.0$
Surfactant	1.85 ± 0.40	0.39 ± 0.15	0.21	0.20 ± 0.02	$2.5 \sim 3.5$
D-6	1.50 ± 0.15	0.82 ± 0.13	0.52	0.45 ± 0.05	$26 \sim 58$
D-2	1.40 ± 0.15	0.61 ± 0.10	0.44	0.28 ± 0.02	$18 \sim 27$
Amplifire	1.14 ± 0.20	0.54 ± 0.15	0.47	0.25 ± 0.05	$40 \sim 125$

た分布形はこれまで測定してきたD2-Typeなどと定性的にはほとんどかわらない。連行現象に最も影響を及ぼすと考えられる相対水深 $Z/h=0.9$ における各々の値を従来の測定結果と共に表-1に示す。同表より表面波の特性が変化したことで、 $Z/h=0.9$ における U_r/u^* 、 u'/u^* 及び L/h がいずれも減少し、流れの相対的乱れ強さ u'/U_r と T_f の値が増大していることがわかる。

4. 連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 Ri_m の関係を図-6に■印を用いて示す。なお、吹送流の場合は U_m の代わりに U_r を用いている。同図には、平均流を持つ他の二層流の測定結果も示している。また、各々の流れにおいて測定された T_f の値も図中に示している。同図より本実験で得られた結果も T_f をパラメータとして式(1)で表せることがわかる。さらに式(1)を用いて求めた係数 A の値と乱れ係数 T_f の関係を示したものを図-7に示す。同図より、 A は T_f によって一義的に定められ $1.4 \times 10^{-3} < T_f < 1.25$ の範囲で式(3)をほぼ満足しているといえる。

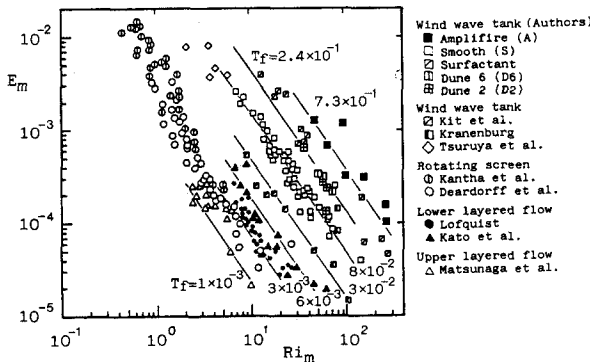


図-6 連行係数 E_m とリチャードソン数 Ri_m

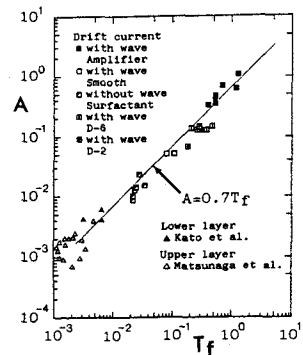


図-7 係数 A と乱れ係数 T_f

5. 結言

以上、風洞水槽内に誘起される風波を造波板により増幅させることにより吹送流の平均流速と乱れ特性の鉛直分布を求め、図-5を得た。界面近傍の特性量は表-1に示したが、 u'/U が大きく、 L/h が減少するため T_f は Smooth と比較して 1 桁ほど大きくなる。連行関係式(1)～(3)はこの場合にも成立することが確認された。

〈参考文献〉 1) 浦 勝, 岩永 洋, 淡谷武司: 第34回海講論 pp. 641～645, 1987

2) 浦 勝, 淡谷武司, 山本 一: 土木学会第43回年講概要集 II pp. 514～515, 1988