

東京大学 工学部 正員 玉井 信行
東京大学 大学院 学生員 〇西 村 司

1. 要旨

風洞付水路に於て、ホットワイヤにて風速変動を、抵抗線式波高計にて水面変動を測定し、各々のパワースペクトルを計算し、それらの風速、フェッチ、高さに伴う変化を観察した。その結果水面近傍の風速変動とその直下の水面変動とは、その卓越周波数が一致している事、その傾向は風速大、フェッチ大の方に著しい事が解った。又水面上の free-stream 中の乱れは通常の格子乱流のそれとは性質を異にするという結果を得た。

2. 実験器械 及び 方法

水槽は長さ約 15 m、幅 0.6 m、水深 0.8 m であり、風は整流用の金網を通過した後、1 cm 角の棒をメッシュ 5 cm で組みあわせた格子を経て吹きこまれる。

ホットワイヤは直径 5 μ m のタングステン線を間隔 3~4 mm の 2 本の縫い針にハンダ付けたものであり全測定期間中約 20 本を使用した。これらのワイヤと乱流計 (日本科学工業製 Kanomax-21) とのマッチングは良く、出力は直線と十分に近似できる。波高計は抵抗線式である。

風速は送風機回転数で表わすと 1000, 800, 500, r.p.m. の 3 段階で各々の平均風速は 7.54, 6.20, 4.20 m/sec である。測定点は吹き出し口から 1.5, 3.5, 5.5, 7.5, 9.5 m の位置にあり以後各々を窓④ ~ 窓⑤ と称する。風の測定は各風速各フェッチ毎に 10~15 点で行い、測定点の静上水面からの高さを h で示す。

サンプリング間隔は波が 0.05 sec, 風が 0.005 sec, データ数は波 3000 個, 風 6000 個である。平均水位, 平均風速, 変動成分の 2 乗平均, 自己相関関数, パワースペクトルを計算する。パワースペクトルは, Tukey の方法を用い, 自由度は 20, lag-window は赤池の $W1$ である。

3. 実験結果

1) 水面変動のパワースペクトル

フェッチ, 風速の変化に伴うスペクトルの変化については省略するが従来の風洞実験とほぼ同様の結果を得た。

2) 風速変動のパワースペクトル

風速測定の際, シンクロスコープにより乱れを観察したが, それにより, 乱れのあり様は風路中央部と, 水面近傍とでは非常に異ったものであり, 又両者の境界が極めて明瞭に判断できる事が解った。この境界を境界層の外縁と判断したが, それによれば境界層厚さは窓⑤に於て約 20 cm である。

図 1 は風速変動のパワースペクトルのフェッチ x 及び高さ h による変化の一例である。○印はいわば free-stream を代表し, $\times$, ●, □ は境界層内に位置する。

まず風の中の乱れと, 水位変動の乱れとのパワースペクトルの卓越周波数に着目すると, 明らかに窓④-1000 r.p.m. の境界層内に於ては 2.5 サイクル近辺が卓越している。そこで各ケースの風速変動及びその直下の水位変動のパワースペクトルの卓越周波数を表 1 にまとめた。明らかに両者は一致しておりその傾向は風速大, フェッチ大になるに従い強くなってゆく。

次に free-stream に着目する。図 1 から 500 r.p.m. ではパワーはフェッチに伴い単調に減少するのに対し, 1000 r.p.m. では窓⑤で増加に転じているのがわかる。図 2 は free-stream 中の風速変動の乱れの強さとフェッチとの関係を示したもので M はメッシュである。これを通常の格子乱流の減衰 (例えば, Hinge の

"Turbulence" 216, 217ページ)と比較すると窓⑤に於ては500 r.p.m. では未だ格子乱流の性質を持っているのに対し800, 1000 r.p.m.では水位変動の影響が水面上50 cmに達していると考えられる。但し窓⑤は風路先端より50 cmの位置にありその影響も考えられるのでより長いフェッチでの測定が必要である。

高周波数領域の形状は $F(f) \propto f^{(-1) \sim (-1.5)}$ が free-stream, 境界層内共に成り込っている。
 実験に際し東京大学水工実験室の広沢佐輔氏の助力を受けた。計算は東京大学大型計算機センターを利用した。又47年度科学研究費(一般C)の援助を受けた。記して謝意を表する。

図 1. 風速変動のパワースペクトル

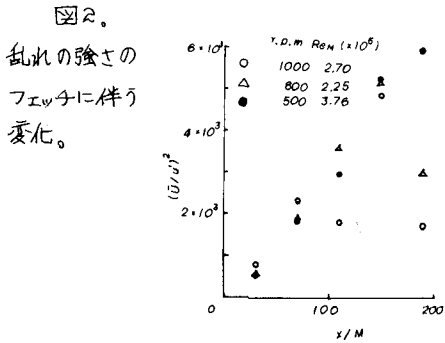
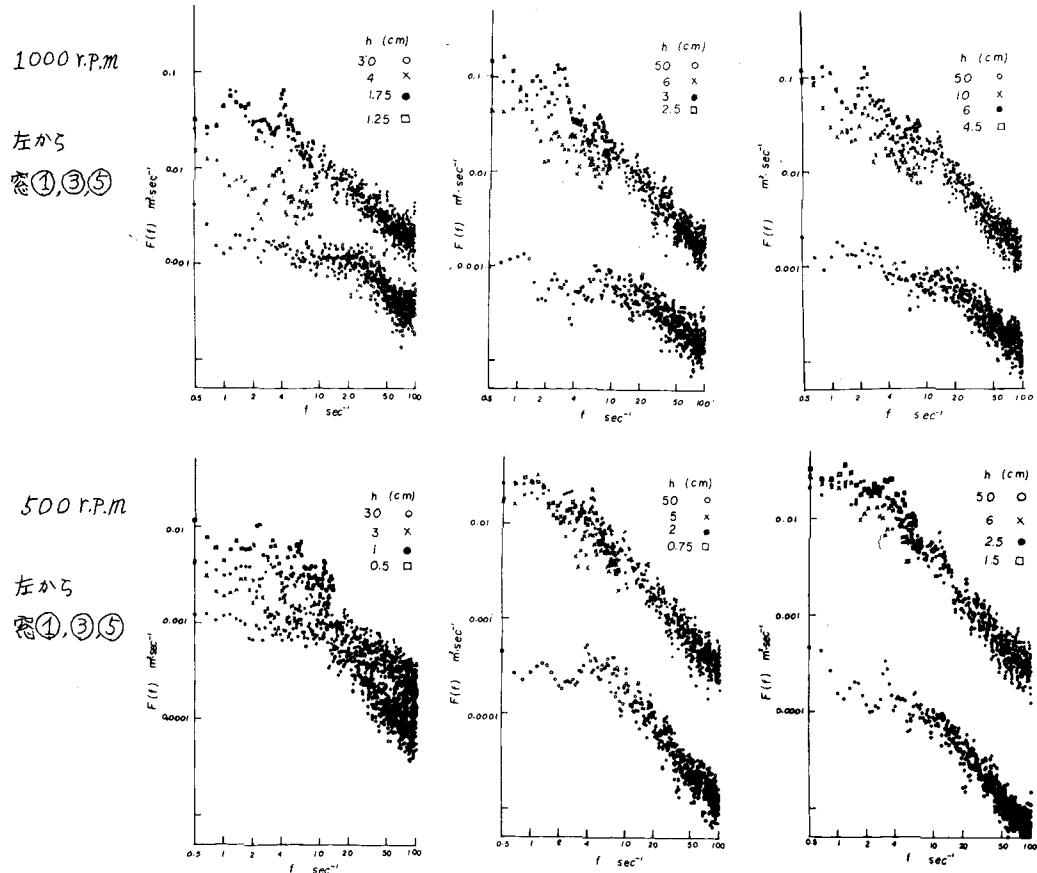


表 1. 卓越周波数の比較

回転数 r.p.m.	フェッチ m	卓越周波数 sec⁻¹		高さ h cm
		波	風	
1000	9.5	2.40	2.3	4.5 ~ 10
	7.5	2.43	2.5 ~ 2.6	2.75 ~ 4.0
	5.5	2.53 ~ 3.13	2.5 ~ 3.0	2.5 ~ 5.0
	3.5	3.26	3.1 ~ 3.6	1.5 ~ 3.0
	1.5	4.17	3.5 ~ 4.1	1.25 ~ 1.75
800	9.5	2.17 ~ 2.70	2.3 ~ 3.0	2.75 ~ 3.5
	7.5	2.90	2.6 ~ 3.0	2.25 ~ 4.0
	5.5	2.93 ~ 3.17	3.1 ~ 3.3	1.75 ~ 2.5
	3.5	3.67	3.1 ~ 3.5	1.75 ~ 2.5
	1.5	4.43		
500	9.5 ~ 1.5	3.43 ~ 5.97		