

I-B14

AC サーボモータでファンを直接制御する風洞で風速と風向を変動させる試み

新日本製鐵(株) 正会員 山縣大樹
 日本大学理工学部 正会員 野村卓史
 東京大学工学系研究科 正会員 木村吉郎

1. はじめに

自然界に吹く風の風速と風向は時間的、空間的に変化し、風は特有の乱流特性を有している。筆者らは、AC サーボモータによってファンを駆動させる方式の風洞を用いて、変動風を生成する試みを行っている[1][2]。今回は2方向の気流を合成させることによって、風速と同時に風向も変動させたので結果を報告する。

2. 同風速の風を合成する実験

2-1 実験方法と条件

2方向の気流を合成したときに、どの程度の乱れた風になるのかを確認する実験を行った。実験に用いた風洞は直径10cmの吹き出し口を有する簡易型風洞(図1)で、ファンを回転させるACサーボモータは入力する電圧変動に従って回転数が変化する。最大風速は約13m/sである。この風洞を2台、45°の傾きで配置する(図2)。風の拡散が少ない位置(吹き出し口から20cm)を測定点として、主流方向と主流直交方向の変動を同時に測定できるX形熱線流速プローブで測定した。測定データは40Hzのローパスフィルタを介して、サンプリング周波数100Hzでデジタルレコーダで記録する。2台の風洞から出力させる風の風速 U_a 、 U_b の比を1:1とし、それぞれの風速は2m/s、4m/s、8m/s、12m/sの4種類、測定時間は60sとした。

2-2 実験結果

単独風の風速 $U_a=U_b=8\text{m/s}$ 時における合成風の風速変動(図3)と風向変動(図4)の波形を例として示す。合成風の風向は単独の風の風向ベクトルを合成した方向($\theta=0^\circ$)となっている。また表1に示すように合成後の風速は単独の風速よりも低くなる。乱れ強さは単独の風の2倍程度になることがわかったが、その大きさは低風速の領域を除けば以後の実験には差し支えないものと判断した。

表1 単独風と合成風の風速と乱れ強さ

U_a (m/s)	2.0	4.0	8.0	12.0
$1a$ (%)	4.4	3.2	1.1	1.0
U_{ab} (m/s)	1.9	3.7	7.3	11.0
$1ab$ (%)	8.0	4.3	2.8	2.4

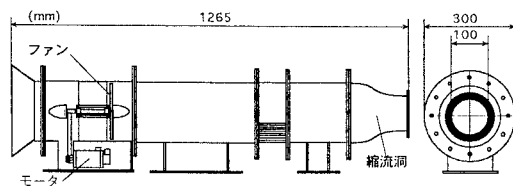


図1 風洞測定図

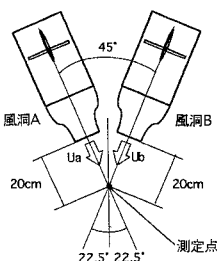


図2 2本の風洞の配置

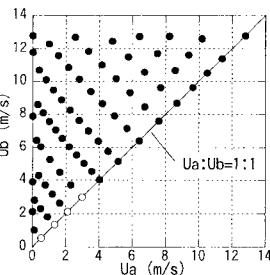
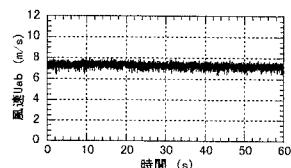
図5 U_a, U_b の組合せ

図3 合成風の風速変動

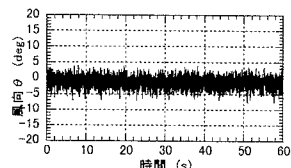


図4 合成風の風向変動

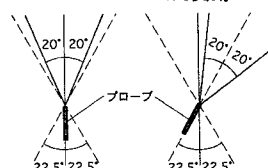


図6 プローブの方向と測定可能範囲

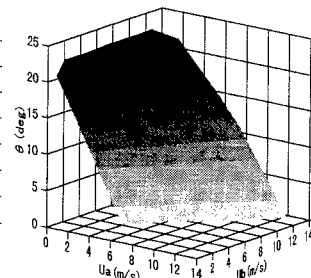
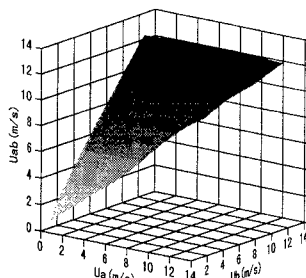
3. 異なる風速の風を合成する実験

3-1 実験方法と条件

次に2つの風の風速を種々組み合わせると、合成風の風速と風向がどのようになるかを調べる実験を行った。測定方法は前実験と同じで測定時間も60sとした。測定ケースは図5に示す73通りの組み合わせ(白ヌキの4点は他の組み合わせよりも特に乱れ強さの大きかった点)について測定を行った。またプローブの測定可能範囲が $\pm 20^\circ$ であることを考慮してプローブの方向を2段階に分けた測定を行った(図6)。

3-2 実験結果

合成風速 U_{ab} と風向角 θ の測定結果と2台の風洞から出力するそれぞれの風速 U_a, U_b との関

図7 U_{ab} と U_a, U_b の関係(左) θ と U_a, U_b の関係(右)

風洞, AC サーボモータ, 風向変動

〒101-8308 千代田区神田駿河台 1-8 日本大学理工学部土木工学科 TEL, FAX 03-3259-0411

係を、3次元グラフにプロットした結果(図7)から、風速も風向もかなり単純な曲面で表現されることがわかった。また主流方向の乱れ強さは低風速域以外では数パーセント以内であることがわかった。

4. 2台の風洞の風速と合成風の風速、風向との関係式

合成風の任意の U_{ab} と θ に対応する U_a, U_b を求めることを目的として、前実験で得られた U_{ab} と U_a, U_b の関係と、 θ と U_a, U_b の関係を関数化することを試みる。仮定した関数の未定係数は、乱れ強さの特に大きかった4点を除いた69組の U_a, U_b, U_{ab}, θ の計測データを用いて最小二乗法によって求める。

- (1) U_{ab} を目的変数、 U_a と U_b を独立変数として3次式を仮定する。これに風洞Bのみ駆動させる場合の条件 ($U_a=0$ のとき $U_{ab}=U_b$)、無風の条件 ($U_a=U_b=0$ のとき $U_{ab}=0$) を適用した結果が式(1)で表される。

$$U_{ab} = \alpha_1 U_a + \alpha_2 U_a^2 + \alpha_3 U_a^3 + U_b + \alpha_4 U_a U_b + \alpha_5 U_a^2 U_b + \alpha_6 U_a U_b^2 \quad (1)$$

- (2) U_a を目的変数、 θ と U_b を独立変数として4次式を仮定する。これに風洞Bのみ駆動させる場合の条件 ($U_a=0$ のとき $\theta=22.5^\circ$)、1:1の比率で風を合成する場合の条件 ($U_a=U_b$ のとき $\theta=0^\circ$) を適用した結果が式(2)で表される。

$$U_a = \beta_1 \theta U_b + \beta_2 \theta U_b^2 + \beta_3 \theta^2 U_b + U_b + \beta_4 \theta^3 U_b + \beta_5 \theta^2 U_b^2 \quad (2)$$

以上の2式に最小二乗法を適用して求まった係数を表2に示す。

5. 風速と風向を変動させる実験

5-1 実験方法と条件

風洞の配置と測定方法は前実験までと全て同様である。風洞を制御するための入力データは、式(1)、式(2)を用いて、表3に示す条件のSIN波を出力するように作成した。

表3 出力させるSIN波

	風速変動	風向変動
中央値	8m/s	0°
片振幅	2m/s	10°
周期	1s, 5s	1s, 5s

5-2 実験結果

図8は風速変動と風向変動の周期が1sの場合の測定結果と風洞Aと風洞Bにそれぞれ与えた入力電圧 V_a, V_b の波形である。図9は風速変動の周期1s、風向変動の周期5sの場合の測定結果と入力電圧 V_a, V_b の波形である。風速と風向の周期の相違に関わらずに、風速変動、風向変動ともにほぼ所定の変動を再現している。また測定波形中の高周波の変動は入力電圧の変動が下降から上昇に転じる瞬間ごとに現れている。

6. まとめ

2台の風洞の風を合成することにより所定の風速変動と風向変動の風を生成することができた。生成される気流の乱れ強さは単独の風の2倍程度に収まっていることがわかった。この方式で風速と風向を変動させられることが確認できたので、今後は自然風の風速と風向変動を模擬できる方法の確立を目指す。

表2 式(1)、式(2)の係数

α_1	-0.23159
α_2	0.012073
α_3	-0.00209
α_4	0.028684
α_5	0.002051
α_6	-0.0021
β_1	-0.0256
β_2	0.00133
β_3	0.001208
β_4	-7.8E-05
β_5	4.65E-05

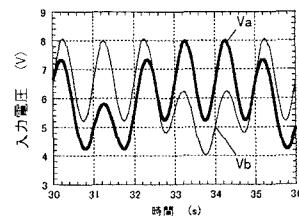
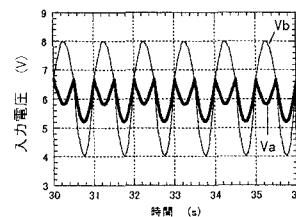
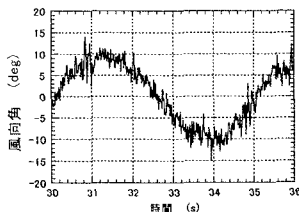
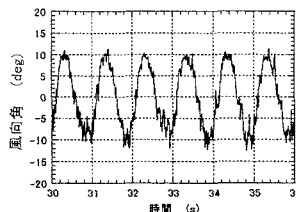
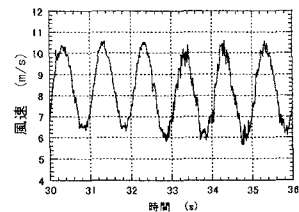
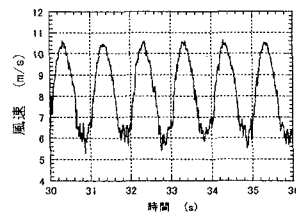


図8

風速変動(周期1s)、風向変動(周期1s)を同時に測定した場合の測定結果と入力電圧 V_a, V_b の波形

図9

風速変動(周期1s)、風向変動(周期5s)を同時に測定した場合の測定結果と入力電圧 V_a, V_b の波形

謝辞：本研究は文部省科学研究費補助金の助成のもとに行いました。記して謝意を表します。

参考文献 [1]山縣大樹ほか：ACサーボモータでファンを制御する風洞で生成される気流の変動に与えるダクトの影響。

土木学会第52回年次学術講演会 I-B45, 1997.

[2]野村卓史ほか：ACサーボモータでファンを制御する風洞で生成される気流の変動特性。土木学会第52回年次学術講演会 I-B46, 1997.