

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 鈴木 洋司
 日本大学理工学部 正会員 野村 卓史
 日本大学理工学部 正会員 北川 徹哉
 名工建設株式会社 正会員 赤松 浩一郎

1. はじめに

自然風が大型構造物等与える影響を評価するには、より自然風に近い乱流特性を持つ変動気流を生成できる風洞システムを作る必要がある。そこで本研究では、自然風特有の時間的、空間的乱れを風洞実験で再現するため、直径10cmの円形の吹き出し口を持つACサーボモータ風洞2台を交差角45度で配置し(図1)、風洞のファンの回転数を各々制御して気流を合成させて変動風を生成した。さらに、風の合流点を含む下流の三次元的な範囲における合成気流の変動特性を調べた。

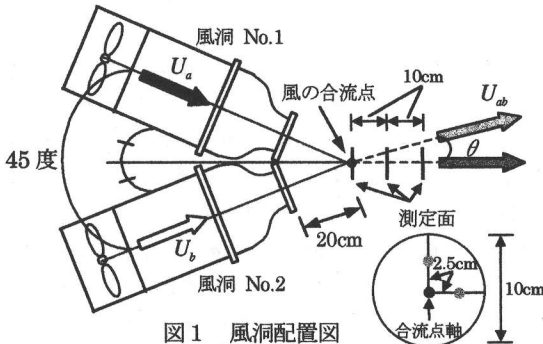


図1 風洞配置図

2. 合成気流の作成方法

図1のように風洞を配置し、各々の風洞の風速 U_a と U_b を合成した時に得られる合成風の風速 U_w および風向角 θ は、最小二乗法により式(1)、式(2)が求まっている。¹⁾

$$U_w = \alpha_1 U_a + \alpha_2 U_a^2 + \alpha_3 U_a^3 + U_b + \alpha_4 U_a U_b + \alpha_5 U_a^2 U_b + \alpha_6 U_a U_b^2 \dots (1)$$

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

表1 式(1)、式(2)の係数

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

式(1)、式(2)を図に示したものが図2、図3である。風の合流点で主流方向風速と直交方向風速と共に所定の乱れ強さ、乱れスケールの変動風が得られるよう一旦 U_w と θ に換算して各々の風洞の風速 U_a 、 U_b に対応する電圧変動を風洞に入力して風洞を駆動させる。

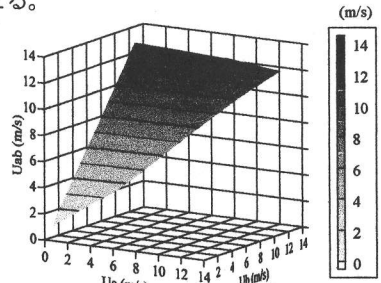


図2 U_{ab} と U_a 、 U_b の関係

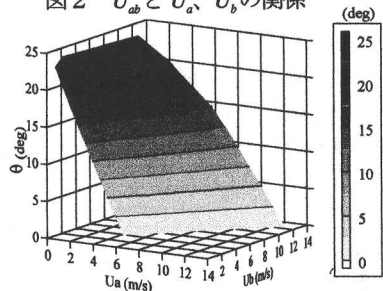


図3 θ と U_a 、 U_b の関係

3. 目標とする変動気流

生成する変動気流は主流、直交方向共にカルマンのスペクトル分布に従う人工波形とした。主流方向のカルマンのパワースペクトル式(3)に従う場合の直交方向の気流変動は式(4)を用いて与えられる。

$$S_u(f) = 4I_w^2 \bar{U} L_w \left\{ 1 + 70.8 \left(\frac{L_w}{\bar{U}} \right)^2 \right\}^{(-5/6)} \dots (3)$$

$$S_w(f) = \frac{4I_u^2 \bar{U} L_u \left\{ 1 + 755.2 \left(\frac{L_u}{\bar{U}} \right)^2 \right\}}{\left\{ 1 + 283.2 \left(\frac{L_u}{\bar{U}} \right)^2 \right\}^{(11/6)}} \dots (4)$$

ここで、主流方向と直交方向の乱れ強さ、乱れスケールの関係には、道路橋示方書に与えられている関係式 $I_w = 0.88I_u$ 、 $L_w = 0.4L_u$ を適用する。この関係

<キーワード> ACサーボモータ風洞、自然風、カルマンスペクトル、変動風

〒101-8308 千代田区神田駿河台1-8-14 日本大学理工学部土木工学科 TEL、FAX 03-3259-0411

式を基に、今回の実験では主流変動の平均風速 4 m/s、乱れ強さ $I_u=0.1$ 、乱れスケール $L_u=10\text{m}$ とした。

4. 合成気流の変動特性

4-1. 測定方法

合成気流の三次元的な変動状況を調べるために図 1 で示すような合流点とその下流の 3 つの鉛直面内の各 3 点、計 9 点を熱線流速計を用いて測定した。

4-2. 測定結果

図 4 は測定した風速の時系列波形の一例である。各 9 点の時系列波形のそれぞれについて風速スペクトルを求めた。

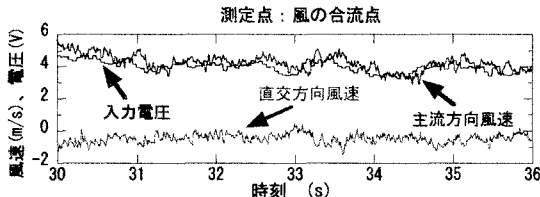


図 4 主流、直交方向時系列波形

測定点：合流点の鉛直面内 図 5 のようなスペクトル分布となり主流方向、直交方向共に 3 点すべてで所定の変動がほぼ再現できていることが分かる。主

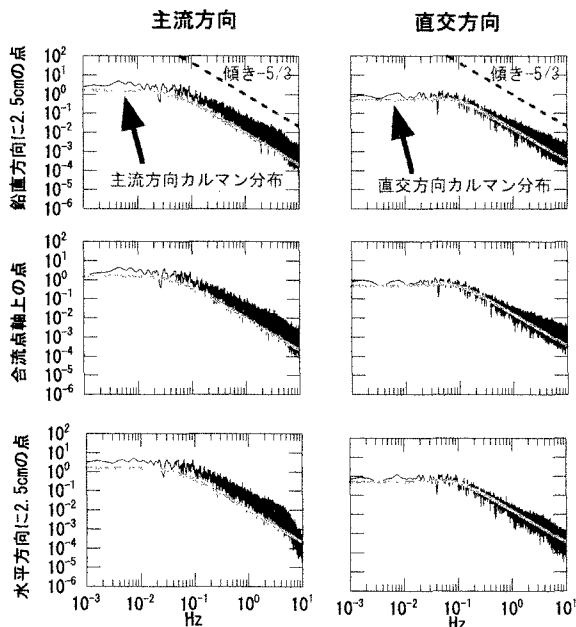


図 5 合流点の鉛直面内の風速スペクトル

流方向のスペクトルが若干高くなるのは、2 本の風洞 2 本の風洞からの風が合成された時に生じる乱れが生じるためであると考えられる。

測定点：合流点より 10cm 下流の鉛直面内 図 6 のようなスペクトル分布となり、合流点軸上の点と鉛直方向に 2.5cm ずれた点で主流方向、直交方向共に変動特性は良好である。水平方向に 2.5cm ずれた点では図 5 と比較すると、主流方向のスペクトルは高周波側が高くなる。また直交方向のスペクトルは低周波成分が多少下回る。測定点をさらに下流(測定点:20cm)の鉛直面内にした場合もカルマン分布とのずれが多少大きくなるが同様の傾向が見られる。合流点より下流で水平方向にずれた点のみ所定の変動との差が見られるのは、水平面内で風を交差させているためと考えられる。

6. まとめ

合流点軸上の点および、軸から鉛直方向にずらした点では主流方向の変動と直交方向の変動は共に所定の乱れスケールと乱れ強さをもつ変動風を得ることが分かった。

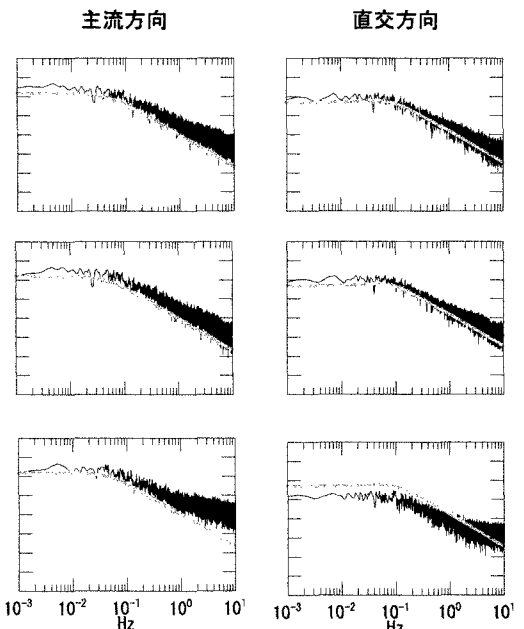


図 6 合流点より下流 10cm の鉛直面内の風速スペクトル

<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) 野村、山縣、木村：AC サーボモータでファンを直接制御する風洞による風速風向変動の生成、第 15 回風工学シンポジウム論文集, pp. 197-202, 1998