

I - B13

AC サーボモータ風洞で生成する気流の主流直交方向変動の制御

横河工事（株）	正会員	中村裕一
日本大学理工学部	正会員	野村卓史
新日本製鐵（株）	正会員	山縣大樹
日本大学理工学部	学生会員	赤松弘一郎

1. はじめに

筆者らは、風洞のファンを駆動する AC サーボモータの回転数を直接制御する方法を用いて、自然風の風速変動を模擬することを試みてきた [1, 2]。その結果、主流方向の風速変動について、生成された風速変動が人力波形をかなり忠実に模擬できること、およびスペクトル分布も目標の分布によく従うことを確認し、この方法によって乱れスケールの大きな風速変動を生成できることを報告した。

その後、主流がスケールの大きな変動をしているときの主流直交方向変動を測定したが、実験に用いている風洞が口径 10 cm の小型なものであるために、直交方向の風速変動のスケールは目標とするスケールよりかなり小さかった。そこで直交方向変動が所定の変動特性をもつようにすることを目的として、直交方向からも AC サーボモータ風洞で生成する変動気流を与える方法を試みたのでここに報告する。

2. 実験の概要

本研究では同じ風洞 3 台を図 1 のように配置し、風洞 A で主流方向の変動気流を生成し、風洞 B と C で直交方向の気流変動の制御を行うものとする。それぞれの風洞は、パソコンから D/A 変換ボードを経由してサーボアンプ（三菱 MR-J40A1）に電圧変動を与え、ファンを駆動する AC サーボモータ（三菱 HA-FE33）の回転数を制御する。サーボアンプの制御方法は速度制御である。吹き出し口の口径は 10 cm で、最高風速は約 13 m/s である。

風洞 A で生成する主流変動は、これまでの研究 [1, 2] で用いたものと同じく、カルマンスペクトルに従う人工的な風速変動である。風洞 A にはそのような風速変動に対応する電圧波形を入力する。一方、主流方向変動がカルマンスペクトルに従うときの主流直交方向変動のスペクトルは式（1）で与えられる。

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

ここで、 $\bar{U}$ は主流方向平均風速、 I_w は直交方向の乱れ強さ、 L_w は直交方向の乱れスケールを表し、主流方向と直交方向の乱れ強さ、および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 $I_w = 0.88I_u$ 、 $L_w = 0.4L_u$ を適用するものとする。この式（1）のスペクトル分布に従う人工的な風速変動を作成し、それに対応する電圧波形を求める [図 2 (a)]。その電圧波形の正の領域のデータ [図 2 (b)] を風洞 B に与え、風洞 C には負の領域のデータの絶対値を与える [図 2 (c)]。すなわち、風洞 B が生成する気流と風洞 C が生成する気流とを合成すると目標とする直交方向気流変動となることを意図している。

以上のように 3 本の風洞から生成され合成された気流を、主流と主流直交方向の風速変動を同時に計測可能な X 形プローブを通して熱線流速計で測定した。プローブの位置を図 1 に示す。熱線流速計の出力は、40 Hz のローパスフィルターを経由して、デジタルレコーダにサンプリング周波数 100 Hz で記録した。測定時間は、主流変動がかなりの低周波成分を含んでいることを考慮して 25 分間とした。

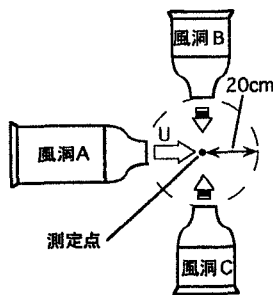


図1 風洞3台の設置図

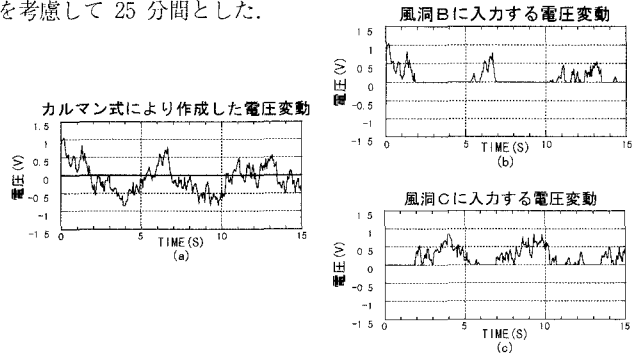


図2 風洞B,Cに与える電圧変動

<キーワード> 自然風、風洞、AC サーボモーター、主流直交方向変動、カルマンスペクトル

〒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 TEL03-3259-0411 FAX03-3259-0411

3. 測定結果

いろいろな条件の測定を行ったが、ここでは主流変動の平均風速 $\bar{U}=4$ m/s, 乱れ強さ $I_u=0.1$, 乱れスケール $L_u=10$ m の場合を示す。また、前節で述べた電圧波形を風洞 B, C に単に与えただけでは、直交方向の風速が微弱なため、風洞 B, C に入力する電圧を定数倍して直交方向風速を強め、その倍率を大きくしていったときに合成気流がどのように変化するかを調べた。ここでは次の3ケースの結果を示す。

CASE1: 風洞 B, C を駆動させなかった場合（すなわち直交方向の制御を行わなかったとき）

CASE2: 風洞 B, C 用電圧変動の倍率を2倍にして与えた場合

CASE3: 風洞 B, C 用電圧変動の倍率を3倍にして与えた場合

図3, 図4はそれぞれCASE1とCASE3の直交方向の風速変動である。図3は風洞単体の性能をそのまま示しているものであり、風速0 m 付近に細かい乱れを伴うだけである。これに対して、図4には最大2 m/s にまで達する大小の乱れが確認できる。直交方向からの制御気流が十分に効果を発揮していることが分かる。

次に直交方向風速変動のパワースペクトルを求め、式(1)との比較を行った。図5はCASE1, 図6はCASE2, 図7はCASE3のスペクトル分布をそれぞれ表し、式(1)の目標としたスペクトル分布（灰色の太線）と比較したものである。

直交方向の制御を行わないCASE1は目標のスペクトル分布を大きく下まわっている。風洞の口径が10 cm と小さいためと考えられる。一方、CASE2とCASE3の結果によれば、直交方向の気流を強めることによって目標のスペクトル分布に近づいており、特にCASE3は、ほぼ目標のスペクトル分布に従っている。

なお、主流方向の風速変動に着目すると、CASE1では入力波形に沿った計測波形を得られていたが、CASE2, CASE3では直交方向より風を当てたことで主流方向の風速変動に若干の影響を及ぼし、入力波形と比べ多少乱れが大きくなり測定された。これは、CASE2より倍数の高いCASE3でより顕著にあらわれた。ただし、スペクトル分布で比較するとCASE1～CASE3全体で大きな差はなく目標のスペクトル分布に忠実に従う分布が得られた。

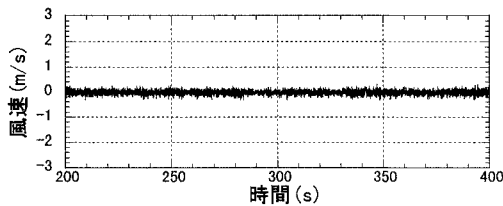


図3 CASE1の直交方向風速変動

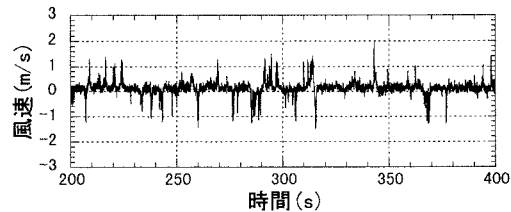


図4 CASE3の直交方向風速変動

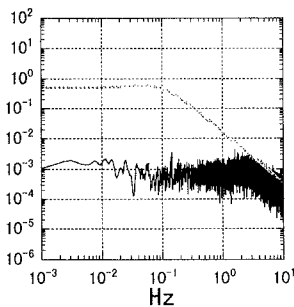


図5 CASE1のスペクトル分布

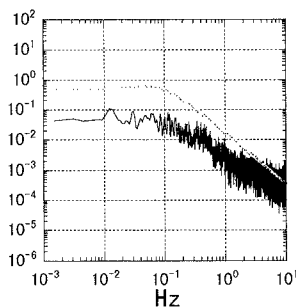


図6 CASE2のスペクトル分布

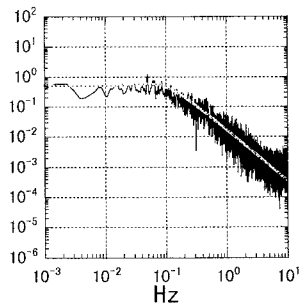


図7 CASE3のスペクトル分布

(図5～7までの灰色の太線は目標値)

<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。記して謝辞を表します。

<参考文献> [1]野村卓史ほか：AC サーボモーターでファンを直接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 I-B46, 1977 [2]大津充ほか：ファンの直接制御により生成される変動風の変動特性，土木学会第52回年次学術講演会 I-A177, 1996