

I - B 329

瞬間的な風速変動の作用を受ける角柱の抗力

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
奈良建設（株） 濱田雅史
日本鋼管ライトスチール（株） 坂本美由紀

1. はじめに

突風のような瞬間的な風速変動によって励起される流体力の問題は構造物の破壊、転倒などの観点から重要であり、そのような風速変動を発生させる特殊な風洞実験の試みが行われている [1-3]。本報告は、AC サーボモータでファンを駆動する風洞 [4, 5] を用いて、急激な風速上昇時および降下時に正方形角柱に作用する抗力変動の測定を試みた結果を報告するものである。

2. 実験装置

風洞 実験に用いた風洞は縮流洞の先端に直径 10 cm の円形吹き出し口を有するもので、最高風速は約 13 m/s（モータ回転数 3000 rpm のとき）である。パソコンから D/A 変換ボードを経由してサーボアンプに電圧変動を与えてモータの回転数を制御する。0.1 秒で 10 m/s ほどの風速変化を与えることができる [5]。

抗力測定装置 角柱に作用する抗力の測定装置の概略を 図 1 に示す。正方形角柱（バルサ製）の寸法は辺長 $D=3$ cm、軸長

$L=10$ cm である。角柱の上下端に端板（アクリル製）を水平に固着し、さらにその外側に 2 枚ずつの板バネ（バネ鋼）を付けて上下 2 組の門型ラーメン構造で角柱を支持する。角柱の中心軸の位置は風洞の吹き出し口の前方 20 cm である。また迎角は 0 度とした。さらに気流が支持部に当たらないようにするため、長さ 17 cm の円筒ダクト（プラスチック製）を吹き出し口につけ加えた。

装置の静特性 4 枚の板バネにひずみゲージを貼付し、角柱に作用する力を測定する。角柱に水平力を静的に載荷してひずみゲージの出力電圧と水平力の関係を求めた。この際、両者が比例関係にあることを確認した。

装置の動特性 無風時の自由振動実験の結果、測定装置の固有振動数は 38 Hz、減衰定数は 0.01 であった。

抗力係数 定常風を吹かせてひずみゲージの出力から抗力を算出した結果、抗力が定常風速の二乗に比例していることを確認した。抗力係数の値は $C_D=1.54$ であり、標準的な値（ $C_D=2.0$ ）をかなり下回ったが、その理由は気流断面が円形であること、および気流断面に比べて相対的に角柱がかなり太いことにある。

3. 変動風実験

実験条件 図 2 に示すようなパターンの電圧変化を与えて、急激な風速上昇と風速降下を与える実験を行った。上方の風速値 U_1 は全ケースに渡って共通とし、下方風速値 U_2 を 3 通り、漸化時間幅 τ を 3 通り組み合わせた合計 9 通りの実験を行った。なお τ の最小値 0.05 s はサーボアンプに電圧を入力する D/A 変換ボードに設定したクロック値 20 Hz に対応する。また、生成される風速変動には、後に示すように電圧変化に対する遅れやオーバーシュート、アンダーシュート等が生じる。

実験結果 風速変化が起きているときに角柱に作用している抗力変動の測定結果の一部を 図 3 (a) - (i) に示す。これら

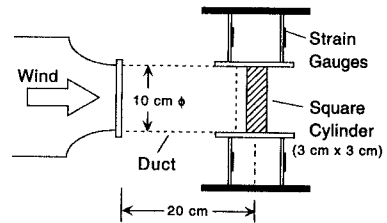
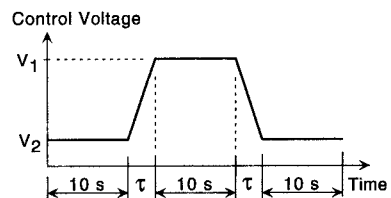


図 1 実験装置の概要



上方の制御電圧 V_1 に対応する風速 U_1	9.8 (m/s)
下方の制御電圧 V_2 に対応する風速 U_2	0, 3.3, 6.6 (m/s)
漸化時間幅 τ	0.05, 0.2, 0.4 (s)

図 2 風洞に与えた制御電圧の時刻歴

角柱、非定常空気力、抗力、AC サーボモータ

〒 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

の図には風洞に与えた電圧変化（薄い太い実線）および風速変動 $U(t)$ （細い実線）も合わせて示している。電圧変化を表す線の一部が階段状になっているのは、D/A 変換ボードのクロック数が 20 Hz であるためである。風速変動の測定は、角柱を取り除いた状態で、ダクトの中心線と角柱の中心軸との交点にプローブを置いて行った。風速変動には電圧の階段状の波形の影響は見られない。また、測定した抗力変動（太い実線）には細かい振動が乗っているが、これは測定装置の固有振動数に対応している。

4. 抗力変動に対する考察

図3の各図の中に示した2本の線 F_s （点線）および $F_s + F_u$ （細い実線）は、測定した風速変動 $U(t)$ をもとにして次の定義により求めた。

$$F_s = \frac{1}{2} \rho C_D A U^2, F_u = \rho \tilde{C}_D A D \frac{dU}{dt} \quad (1,2)$$

ここで $A = DL$ は角柱の受風面積、 ρ は空気密度である。抗力係数 C_D には先に定常風速に対して求めた値 $C_D = 1.54$ を使い、無次元定数 $\tilde{C}_D$ の値は測定結果に基づいて、 $\tilde{C}_D = 16$ を選んで線をプロットした。風速変動に時間勾配がある領域では、定常風に基づく抗力 F_s と測定された抗力との差異が大きく、風速の時間勾配に比例する項 F_u を付け加えると、 $U_2 = 3.3 \text{ m/s}$ の場合はややずれるが、全体としてかなりよく抗力変動の傾向をとらえている結果になっている。これは掲載できなかった他のすべての測定結果についても当てはまっている。

参考文献

- [1] 松本，白土：特殊風洞実験装置とそれらを用いた研究成果，風洞実験に関するワークショップ（宮崎大学），pp.41-43，1998
 [2] 河井，大沼：突風によって生じる風荷重の特性について，日本風工学会誌，No.71，pp.133-134，1997． [3] 前田ほか：住宅骨組用荷重に及ぼす屋根形状の影響に関する二，三の考察，第15回風工学シンポジウム論文集，pp.311-316，1998． [4] 野村，山縣，木村：AC サーボモータでファンを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． [5] 野村ほか：サーボモータ制御による変動風生成風洞の特性，日本風工学会誌，第71号，pp.143-144，1997．

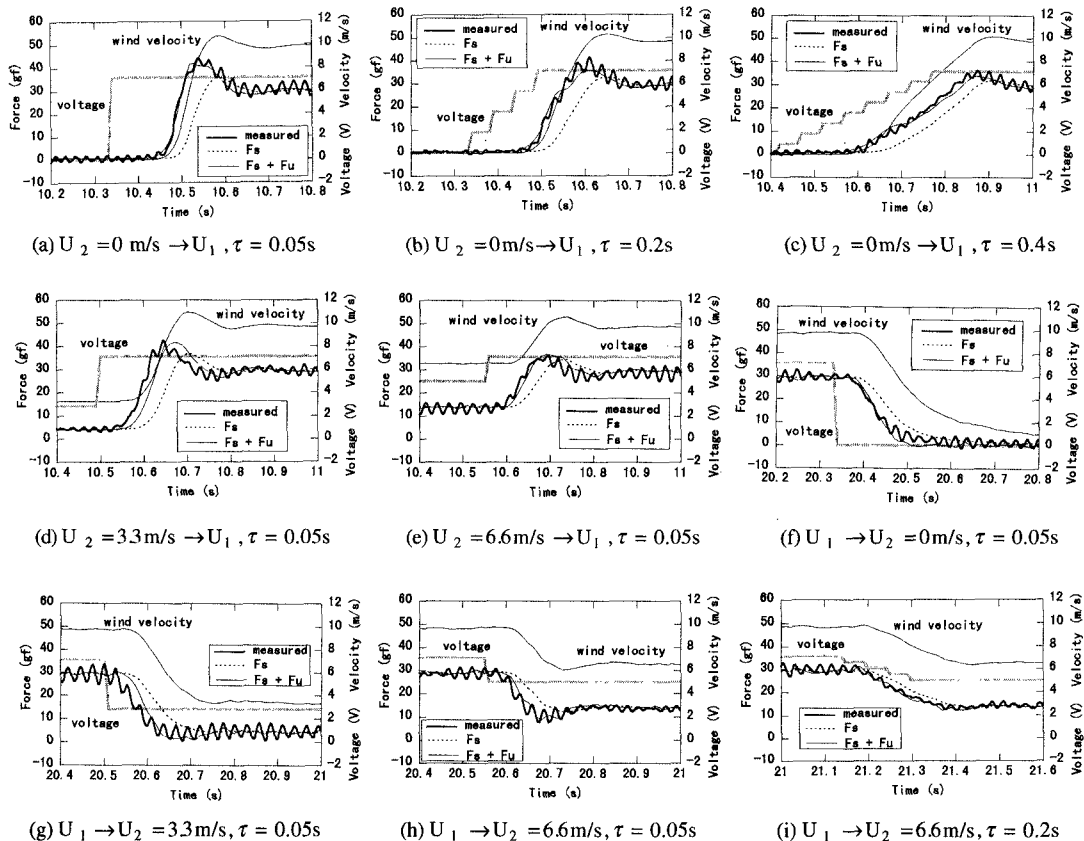


図3 角柱に作用する抗力変動の時刻歴（測定結果と考察結果）