

風向変化を考慮した風の建築物に対する非定常作用に関する基礎的研究

Fundamental Study on Non-Stationary Effects on Buildings under Strong Winds with Direction Change

学籍番号 47-096763

氏名 寺井 亮 (Terai, Ryo)

指導教員 神田 順 教授

1. はじめに

1-1. 研究背景

建物に作用する自然風は非定常なものであることが知られているが、定常流を基本的な考えとする現在の一般的な風洞においては再現性が不十分であり、実験測定値と実測値の間にばらつきがあることが以前より指摘されている。特に風向に注目した場合、一般的な境界層風洞では、風向の変化は定常な風向の乱れとしては再現されているものの、非定常な風向変化を再現することは出来ない。筆者らは今まで1列6段のファンを組み込んだ複数ファン風洞で実験を行い、風向変化時に定常時には見られない負圧・正圧の増大が見られることを確認している。しかし、その現象がどのような物理的要因の下に発生するのかを解明するには至っていない。

1-2. 目的

本研究では、新たに改修、設置された、3列複数ファン風洞(Fig.1)を用いて風向変化を伴う気流作成の基礎的研究を行う。そこで特に非定常な流れ場に着目し、

- 1) 風洞の基本的特性の解明
 - 2) 非定常風向変化気流の作成
 - 3) 非定常気流下における実験手法の確立
 - 4) 風向変化が建物応答に与える影響の解明
- を目的とする。1列複数ファン風洞の時の実験データを逐次対比的に取り上げ、改善点などについて確認する。

2. 風洞の基本特性の確認

全ての各ファンに一樣の入力電圧を与えて一樣な気流を作り、x型プローブの熱線風速計を用いて風速を3次元的に計測することで、風速、風向を測定し、風洞の基本的な特性を把握する。Fig.2に4Vの入力を

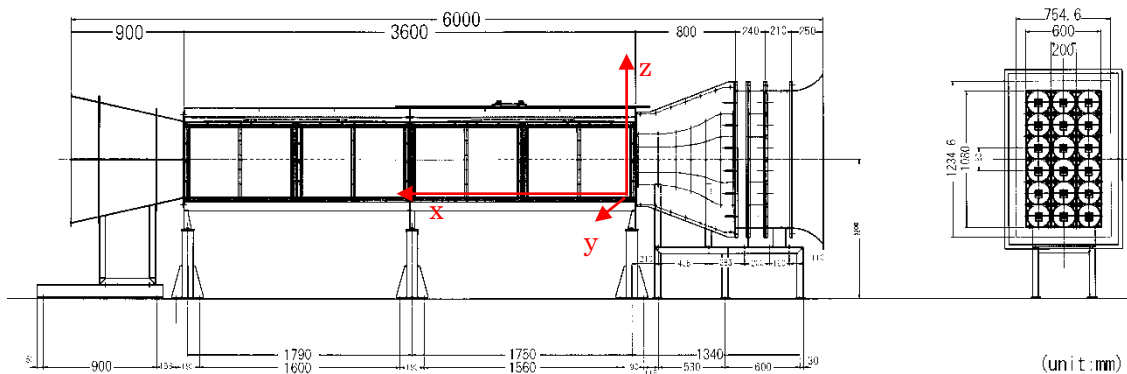


Fig1. 3列複数ファン風洞図面と座標設定

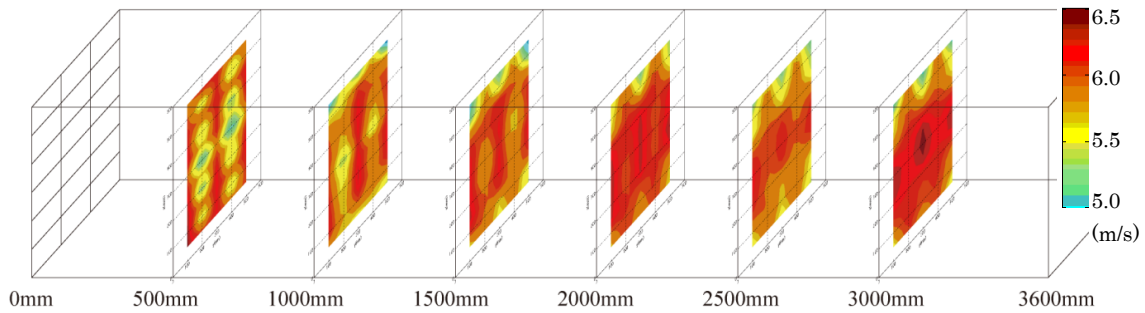


Fig2. 3列複数ファン風洞風速分布

与えた時の風速分布の様子を示す。この検討により、3列に並んだファンの中心線上である $y=100,300,500\text{mm}$ の鉛直線上及び、ファンとファンの境界線上にあたる $y=200,400\text{mm}$ の鉛直線上の分布がそれぞれほぼ一致することが分かった。また、 $y=200,400\text{mm}$ や $z=300\text{mm}$ における風速の低下は、縮流胴の壁面の平らな面における壁面粗度の影響で低下したものであると考えられる。これらから、ファンの配置が風洞内気流の形成に重要な意味を持つこと言える。

また、入力電圧を変化させて計測される風速との関係を調べる。Fig.3 に風速と入力電圧の関係を、Fig.4 にそれぞれ風速の鉛直分布を示す。それぞれの図には、比較のために1列複数ファン風洞における結果を載せている。これらの結果より、同じ入力電圧下では1列の時には3列の時の2/3程度の風速と想定でき、 $y=300\text{mm}$ において1列の時の2/3の入力電圧を与えることで、1列の時と同じ再現が可能であると分かった。

3. 非定常風向変化を持つ気流の作成

本風洞では、各時刻におけるファンの回転数を数値制御することで気流を調整出来る。1列複数ファン風洞の時の実験(Terai and Kanda, 2010)に基づき、上下のファンの回転数に変化を与えて、2次元的な風向変化を

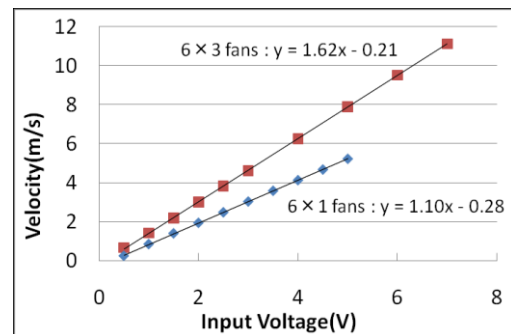


Fig3. 入力電圧と風速の関係

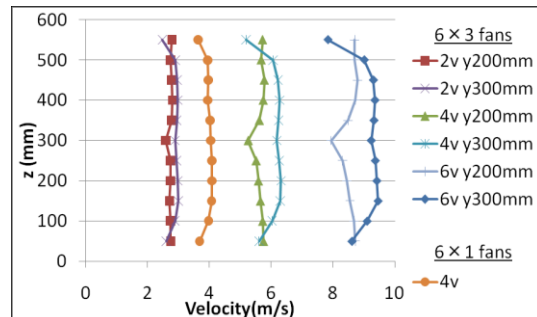


Fig4. $x=1000\text{mm}$ における風速鉛直分布

再現した。3列複数ファン風洞においても風向変化は2次元的なものとするが、ファンをさらに逆回転することで、より大きな風向変化の再現を確立した(Fig.5)。

風向変化の影響のみを考慮した圧力実験を行うことが前提であるので、模型付近では風速・風向の分布が一定であり、なおかつ風向変化時に出来る限り風速の変化が無い方が望ましい。その点に注意して個々の検討を行い、Table1の6つのデータを5通りの変化時間について作成した。データ名

は角度を持たない状態(Neutral : 以下 N と略す)、下向きの状態(Down : D と略す)、上向きの状態(Up : U と略す)の順番と、そのおおよその風向で示されている。一例として測定基準点でのNDU5_2secの時刻歴測定データをFigure6に示す。短時間の変化では風速が安定はしないものの、最大約19度の変化を再現することが出来た。

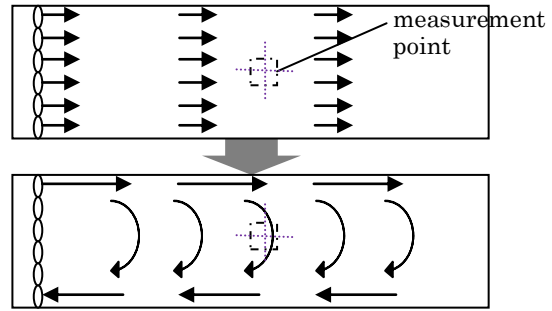


Fig5. 風向変化のメカニズム

4. 風洞内静圧分布の測定

風圧係数の算出には次式が用いられる。

$$C_p(t) = \frac{p'(t) - p_s(t)}{\frac{1}{2} \rho U_R(t)^2}$$

1 列複数ファン風洞での実験^{*1}(2009)では、2 秒風向変化時に負圧や正圧のピークが認められたが、この原因が風向変化による $p'(t)$ の変化ではなく基準静圧 $p_s(t)$ の変化である可能性を否定できない。ここでは、その可能性を排除するために非定常変化時の風洞内静圧の変化の様子を確認した上で、最適な圧力実験の方法を考察する。まず、風速が非定常に変化する場合の静圧の変化について実験を行った。その結果、風速上昇・下降時に、風速、測定位置、変化時間に由来するピーク静圧を確認した(Fig.7)。このピーク値は動圧成分に比べて大きく、圧力測定の誤差の要因となることに注意する必要がある。次に、先の実験で作成したTable1の気流を用いて、非定常風向変化気流下の圧力を調べた。結果の1例として、同一平面上の測定点にFig.6の気流を与えた時の時刻歴変化をFig.8に示す。Table1の全気流下で同一平面内の測定点で静圧が時々刻々異なっていた。よって、設置するモデルと同条件で変化すると考えられる $z=300\text{mm}$ 以外の測定点は、基準静圧点として利用するのは不適切であると確認した。

Table1. 入力波形

データ名	平均風速 (m/s)	変化角度 (°)	変化時間 (sec)
NDU5	2.43	9.0	2,4,6,8,10
NDU7	2.21	13.8	2,4,6,8,10
NDU10	1.87	19.1	2,4,6,8,10
NUD5	2.40	-9.0	2,4,6,8,10
NUD7	2.16	-13.8	2,4,6,8,10
NUD10	1.88	-19.2	2,4,6,8,10
参考: 1列複数ファン風洞時の測定			
NDU	4.11	9.2	2,10
NUD	4.12	-9.2	2,10

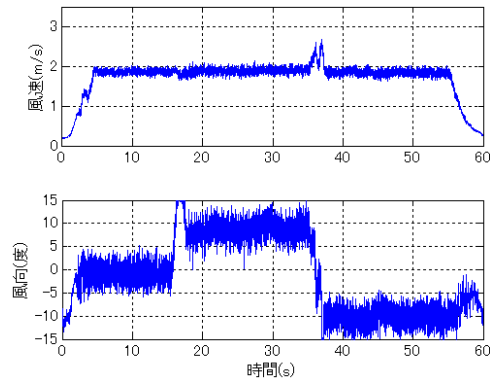


Fig6. NUD10_2sec の風速・風向時刻歴

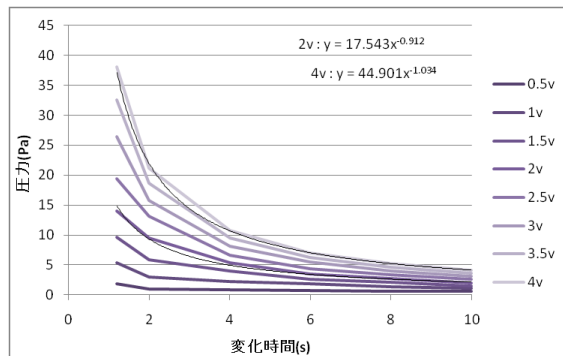


Fig7. 風速増加時のピーク圧

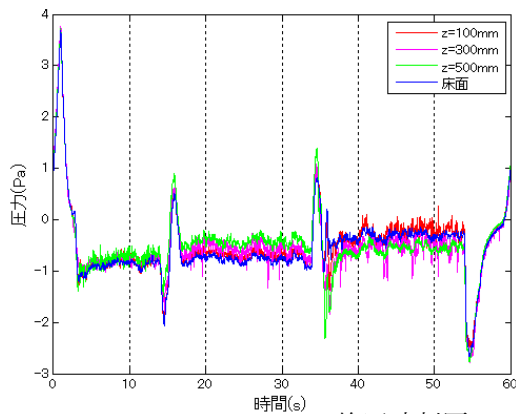


Fig.8. x=500mmでの静圧時刻歴

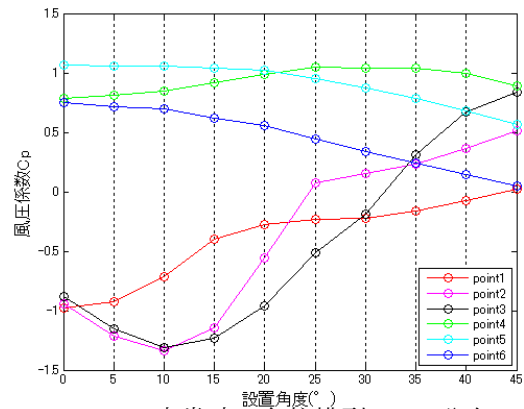


Fig.9. 定常時の角柱模型の Cp 分布

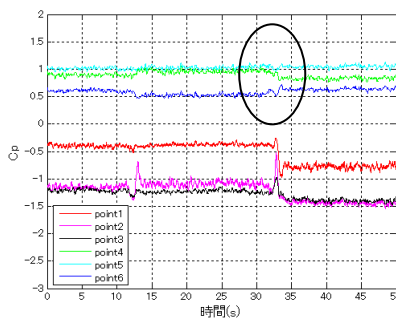


Fig.10. NDU5_2sec_15° の Cp

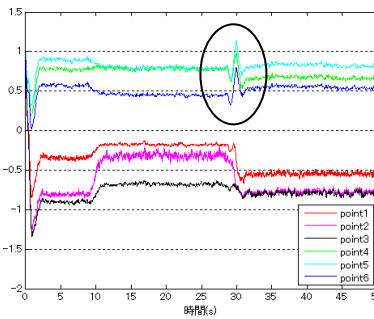


Fig.11. 1列風洞での Cp 時刻歴

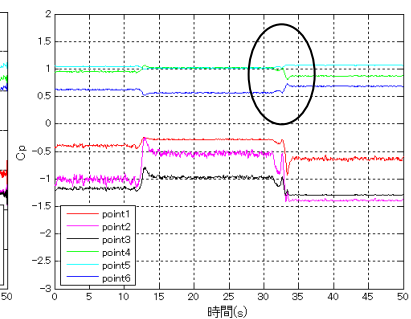


Fig.12. 計算から求めた Cp

5. 風向変化下での角柱表面風圧測定

4で示した実験方法の下、風洞内に風圧測定用2次元角柱模型を設置し、角柱表面の風圧測定を行う。風向変化角度、風向変化時間、模型設置角度を実験のパラメータとし、300ケースの測定を行った。

定常時の風圧係数測定値をFig.9に示す。また、非定常時の測定結果の1例としてNDU5_2sec_15°の時の結果をFig.10に示す。Fig.11は同条件における1列複数ファン風洞における結果であるが、図にあるようなピークはFig.10では見られなかった。また、Fig.9の測定値を角度ごとに適用したものがFig.12であるが、point2を除いてFig.10とよく一致していることが分かる。このように、改善した実験手法によって不自然な圧力値は解消されたといえる。

6. 結

以上の実験の結果及び考察から、各目的に対応する以下の知見を得た。

- 1) 風洞内気流の形成には各ファンの並びと縮流の具合が関係してくる。
- 2) 約20度までの変化角度の気流を2秒程度以上の変化時間で作れることを確認した。
- 3) 非定常変化時の静圧のピークの様子について確認し、静圧測定孔などについて最適な実験手法を考案した。
- 4) 非定常気流下で模型表面圧力測定を行い、入力した角度に応じた圧力の非定常な変化を確認した。風向変化時に1列の時に見られたようなピーク値は見られなかった。

参考文献

- *1. 複数ファン風洞による非定常な風向変動が2次元角柱風圧特性に与える影響に関する研究(2009)