

中高層建物周辺の風速増加領域に関する研究 (その1)

本 間 義 教 伊 藤 雅 保
武 田 寿 一 川 口 彰 久
竹 本 靖

Experimental Study on Strong Wind Region Around Medium-Height Buildings (Part 1)

Yoshinori Honma Masayasu Ito
Toshikazu Takeda Akihisa Kawaguchi
Yasushi Takemoto

Abstract

It often happens that strong winds are induced around medium-height buildings. Today, these phenomena become social problems as hindrances of environments. Therefore, quantitative assessments of these winds are required before construction of such buildings. Wind tunnel tests are performed to investigate strong wind areas where wind speeds around models are increased more than 10 per cent using models of fundamental shapes. An experimental equation is presented to evaluate the areas where wind speeds are increased. As a result, in designing medium-height buildings, the areas of increased wind around these structures may be easily estimated by means of this approximate equation.

概 要

中高層建物の建設に伴う「ビル風」が、時として、周辺地域の風環境を悪化させるとの報告があり、環境問題として社会的にクローズアップされている。このため、建築計画段階において、ビル風現象を或る程度予測し、建物建設後の風環境を把握しておく必要がある。

本研究では、基本形状の建物模型を用いた風洞実験を行ない、模型周りに生じる風速増加領域を求め、この領域の推算式の作成を試みた。この結果、中高層建物周辺に生じる風速増加領域は、推算式を用いることにより近似的に推定できる事を示した。

1. はじめに

建物に風が当たると、その建物の影響により風の流れが変化する。この現象を一般に「ビル風」と呼んでいる。ビル風現象が、我国で注目されるようになったのは、超高層建物が建設され、その周辺部において風速が増加する現象が確認されて以来のことである¹⁾。しかし、最近になって、この現象は、超高層建物に限られたものではなく、中高層建物周辺においても生じるのではないかと指摘されている。

ビル風は、その流れの特徴により、剝離流、吹き降ろし、建物風上での逆流、風下での後流・吹上げに分類できる。しかし、ビル風として特に問題となるのは、建物側壁に沿って流れる剝離流である。この流れが、風速を

増加させ、時として、周辺部で、家屋の屋根瓦を飛散させたり、歩行者に歩行障害をもたらすなど、周辺住民の生活環境に影響を与えている²⁾。

そこで、建築計画段階でビル風現象を予測し、必要に応じて対策を検討することが、建物建設後の風環境を良好に保つために必要となる。

ビル風現象の調査方法としては、実測と風洞実験がある。実測は、実現象を直接把握できるため、最も良い方法ではあるが、建物建設前後にわたる長期の観測期間と多大な労力と費用を必要とするために、本格的な実測は数少ない³⁾⁴⁾。また、得られた結果は、特定地域のものであり、ビル風の一般的性状を把握するのは難しい。他方、風洞実験は、縮尺した模型を用いるために、多くのケーススタディが可能であり、定性的傾向を捉えるのに

適してはいるが、実現象との対応に問題が残っている。しかし地域模型を用いた実験を行なったところ、実現象と比較的良好に対応したとの報告³⁾⁴⁾もある。従って、多くの問題を含みながらも、風洞実験による調査は、事前にビル風現象を予測する方法として適当であると考えられる。

ある地域に建設される建物を対象とした場合には、当該建物周辺を模型化した地域模型を用いて風洞実験を行うことが、最善の方法と考えられる。しかし、また地域を想定せずにビル風現象の定性的傾向を、建物規模や形状の効果から調べた風洞実験も行なわれている⁵⁾⁶⁾。

本研究は、中高層建物を想定した基本形状の建物模型を用いた風洞実験により、ビル風として問題となる風速が増加する領域を求め、これを基に、ビル風現象の予測手段として、その領域の推算式の作成を試みたものである。

2. 実験装置

2.1. 風洞

実験に使用した風洞は、当研究所所有のエッフェル型風洞である(表-1, 写真-1, 図-1)。

2.2. トラバース装置

本装置は、風速計検出部を各測定点に移動させる装置であり、計測室から遠隔操作により、自由に三次元の任意の位置に移動させることが可能である(表-2, 写真-2, 3)。

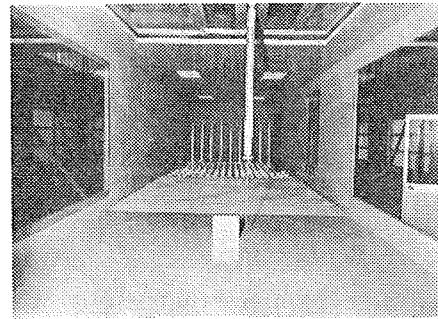


写真-1 風洞内部

風洞型式	: エッフェル型吸込式
風洞全長	: 17.6m
測定部風路長	: 9.25m
測定部断面	: 幅1.8m, 高さ1.2m
風速	: 0~8.5m/sec.
乱れ強さ	: 1%以下

表-1 風洞性能諸元

移動量 X軸(流れ方向)	: 0~1,200mm
Y軸(流れ直角方向)	: 0~1,200mm
Z軸(高さ方向)	: 0~850mm
θ軸(Z軸の回転)	: 0~±360度
移動精度 X, Y, Z軸	: ±0.1mm
θ軸	: ±0.1度
移動量測定器	: マグネスケール

表-2 トラバース装置性能諸元

テーブル直径	: φ-1.4m
移動量 上下方向	: 0~600mm
回転	: ±360度
耐荷重	: 300kg

表-3 ターンテーブル架台性能諸元

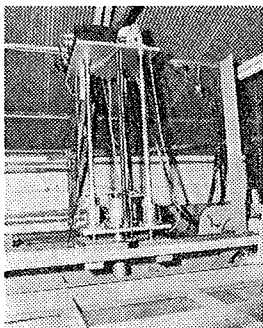


写真-2 トラバース装置

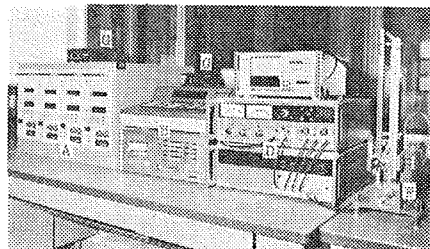


写真-3 計測室

- A トラバース装置操作盤
- B 計算機
- C A/D変換器
- D 定温度型熱線風速計
- E 定温度型サーミスタ風速計
- F ゲッチング型マノメータ
- G ターンテーブル回転表示器

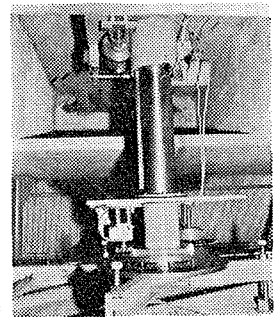


写真-4 ターンテーブル架台

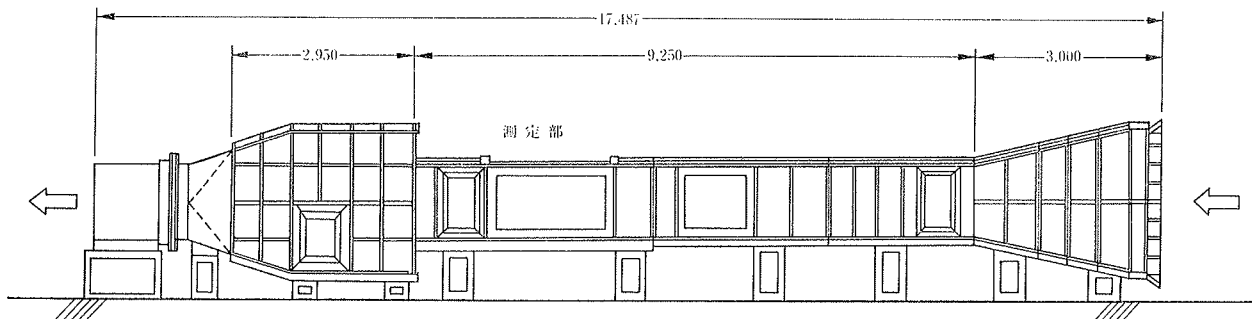


図-1 風洞外観図

2.3. ターンテーブル架台

本架台は、ターンテーブルを設置するもので、模型に当たる風向は、この架台を回転させることで、設定することができる(表-3, 写真-4)。

2.4. 風速計

風洞気流の性状の測定には、応答性の良好な定温度型熱線風速計 (Model 21 ser. KANOMAX) を用いた。しかし、この風速計は、指向特性が強く、風向変動の激しい流れの測定には適当ではない。そこで、模型回りの風速測定には、無指向性の定温度型サーミスタ風速計 (Model V-01-BLR, 創合電子) を用いた (写真-3, 図-2)。

2.5. オンラインデータ処理システム

風速は、オンラインデータ処理システムで記録した。このシステムは、風速計の出力を A/D 変換 (サンプリングタイム 0.08 sec) して、計算機 (FC 3200, 精工舎) で各種演算を行なうものである (図-3)。

3. 実験方法

3.1. 風洞気流

自然風は、地表面付近では遅く、高さが増すに従い速くなる速度分布を示している。この速度分布は、次式により近似的に表わすことができる。

$$U_z = U_{z_0} \left(\frac{z}{z_0} \right)^{1/n} \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 U_z は高さ z (m) での風速、 U_{z_0} は基準高さ z_0 (m) での基準風速、 $1/n$ は地表面粗度を表わす指数である。

風洞気流は、自然風を模擬するために、風洞風上床面上にラフネスを並べ、速度勾配を生じさせた (写真-1, 図-4)。この結果、境界層厚さ 800 mm, 指数 $1/n=1/4.0$ のプロフィールが得られた。また、乱れ強さは、東京タワーで観測された高さ方向 4 点の実測値⁶⁾ と良く一致した。このことから、風洞気流は、市街地に於ける自然風を、縮尺 1/500 で再現しているものと考えた。

実験風速は、地上 10 m 高さに相当する床面上 20 mm 高さに於いて、3.6 m/s である。

3.2. 模型

実験の対象とした建物は、中高層建物である。模型は、風洞気流の縮尺に合わせて、バルサ材で12体製作した (表-4)。

3.3. 風向および測定点

実験した風向 θ は、模型長辺 W に正対する風向を $\theta = 0^\circ$ とし、時計回りに 10° ピッチで 90° まで行なった。

測定高さは、地上 10 m に相当する床面上 20 mm 高さとし、測定点は、10~40 mm 間隔の格子状として、模型近傍では、格子間隔を細かくした。

4. 実験結果

4.1. 風速比および風速増加領域の定義

ビル風による影響による風速の増減は、模型が有るときの平均風速 \bar{U}_1 と、模型が無いときの平均風速 \bar{U}_0 との比 (風速比 r) で示すこととした。即ち、

$$\text{風速比 } r = \frac{\text{建物が有るときの平均風速 } \bar{U}_1}{\text{建物が無いときの平均風速 } \bar{U}_0} \quad \dots\dots(2)$$

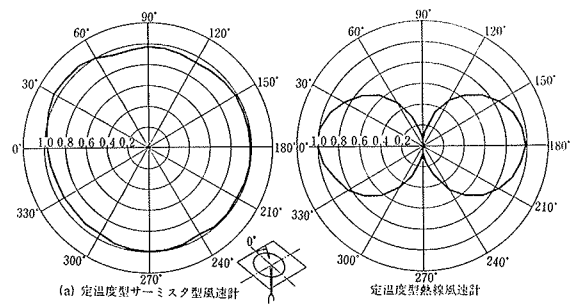


図-2 風速計の指向性検定 (風速 : 8.0 m/s)

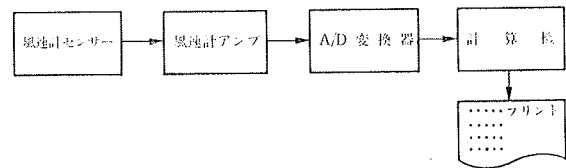


図-3 オンラインデータ処理システムブロック図

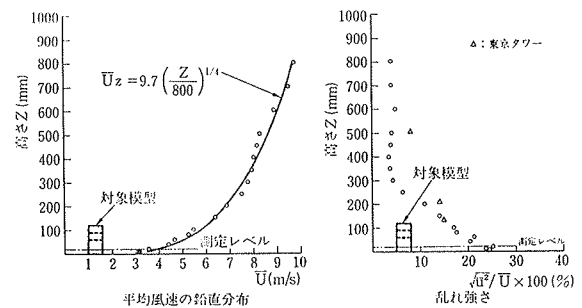


図-4 プロフィール

H	W	60	90	120	150
	60	○	○	○	○
90	○	○	○	○	
120	○	○	○	○	
D=60		(単位:mm)			

表-4 模型

従って、建物建設による風速の増減の判断は、風速比が、 $r > 1.0$ であるか、或いは $r < 1.0$ であるかによりなされる。

本研究では、風速比 $r \geq 1.1$ となる範囲を、風速増加領域と定義した。

4.2. 風速増加領域

風洞実験で測定した風速増加領域の一例を、図-5に示す。(a)図は、平面形状が同一で、高さが増した場合のものである。風速増加領域は、建物高さの増加と共に増大する傾向を示した。(b)図は、建物高さが同一で、奥行(長辺W)が増した場合のものである。風速増加領域は、奥行が増しても、ほとんど一定であった。(c)図は、風向 $\theta = 80^\circ$ で奥行が増した場合のものである。風向に対して右側の風速増加領域は、奥行が長くなるに従い増大する傾向を示した。また、左側の風速増加領域は、奥行が長くなると逆に、減少する傾向を示した。しかし、この傾向は、風向角が $\theta = 80^\circ$ の場合の特異な傾向であり、一般的には、奥行が長くなると共に、左側の風速増加領域も増大する傾向にあった。

4.3. 建物規模と風速増加領域の関係

建物規模と風速増加領域の関係については、x, y 方向の拡がりを、A, B, C, D の4点で捉えることとした(図-6)。この結果、A点を除く3点については、模型の長辺Wおよび高さHと関係があると見做すことができ、夫々、次式で表わすことができた。

B点の座標値 (X_B, Y_B):

$$X_B = a_{xB} \cdot X_C + b_{xB} \quad \dots\dots(3)$$

$$Y_B = a_{yB} \cdot W + b_{yB} \quad \dots\dots(4)$$

ここで、 $a_{yB} = a'_{yB} \cdot H + a''_{yB}$

$$b_{yB} = b'_{yB} \cdot H + b''_{yB}$$

C点の座標値 (X_C, Y_C):

$$X_C = a_{xC} \cdot W + b_{xC} \quad \dots\dots(5)$$

ここで、 $a_{xC} = a'_{xC} \cdot H + a''_{xC}$

$$b_{xC} = b'_{xC} \cdot H + b''_{xC}$$

$$Y_C = a_{yC} \cdot Y_B + b_{yC} \quad \dots\dots(6)$$

D点の座標値 (X_D, Y_D):

$$X_D = a_{xD} \cdot X_C + b_{xD} \quad \dots\dots(7)$$

$$Y_D = Y_A \quad \dots\dots(8)$$

A点の座標の座標値 (X_A, Y_A) は、風向が同じ場合には、模型の大きさにかかわらず、ほぼ一定であった。

なお、(3)~(7)式中の係数 a, a', a'' および b, b', b'' は、実験を行なった風向毎に与えており、それ以外の風向については、係数を直線補間することにより求めることとした。

5. 風速増加領域の推算式

5.1. 推算式

風速増加領域は、ADC点を通過する out-line と、A, B, C点を通過する in-line の2曲線で囲まれる範囲で表わした(図-6)。

out-line は、2次方程式で表わすこととした。

$$y = a_{out} \cdot x^2 + b_{out} \cdot x + c_{out} \quad \dots\dots(9)$$

ここで、 $a_{out}, b_{out}, c_{out}$ は、未定係数である。未定係数は、前章で求めた3点の座標値を、(4)式に代入して定める。

in-line は、3次方程式で表わすこととした。

$$y = a_{in} \cdot x^3 + b_{in} \cdot x^2 + c_{in} \cdot x + d_{in} \quad \dots\dots(10)$$

ここで、 $a_{in}, b_{in}, c_{in}, d_{in}$ は、未定係数である。未定係数は、A点とB点の座標値および、それら2点での接線の傾きを用いて、(10)式より定める。しかし、これらの関係より得られる3次曲線は、一般的にはC点を通過し

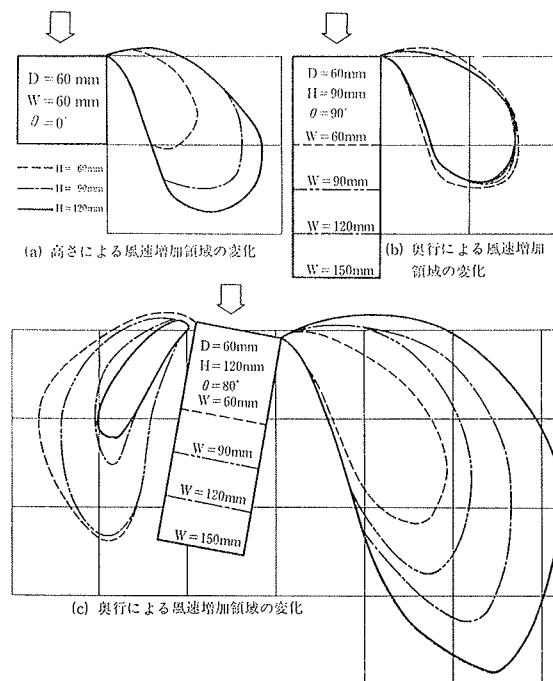


図-5 風速増加領域

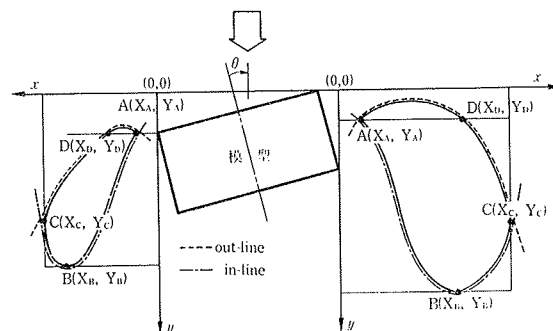


図-6 座標

ない。そこで、B～C間においては、便宜的に、y座標値を補間して、C点を通過するように補正することとした。

5.2. 推算式の検討

前節の推算式より求めた風速増加領域は、全般的に実験結果と比較的良好な対応を示した(図-7)。

これは、風洞実験の結果を忠実に定式化したためであり当然のことであるが、この推算式の適用範囲は、実際に用いた模型の大きさより、以下のように定めた。

- (1) 建物の短辺Dは、 $D=30\text{ m}$ であること。
- (2) 建物の長辺Wは、 $30\text{ m} \leq W \leq 75\text{ m}$ であること。
- (3) 建物の高さHは、 $30\text{ m} \leq H \leq 60\text{ m}$ であること。

また、推算式建物周辺の街区や他の建物の影響は、考慮していないなど、その適用においては、十分な配慮をすることが必要である。

6. まとめ

以上、基本形状の建物模型を用いた風洞実験を行ない、風速増加領域を求め、その領域の推算式を作成した。この結果、以下の事項が明らかとなった。

- (1) 風速増加領域は、同一平面形状で建物高さが変化した場合には、高さの増加と共に増大する傾向をしめした。また、高さが同一で長辺が変化した場合には、全般的に、長辺の増加と共に増大する傾向を示したが、風向によっては、逆に減少を示すことがあった。
- (2) 推算式は、風洞実験結果と良好一致を示しており実験で対象とした中高層建物によるビル風の影響を、近似的に推定するための手段として、有効に利用できるも

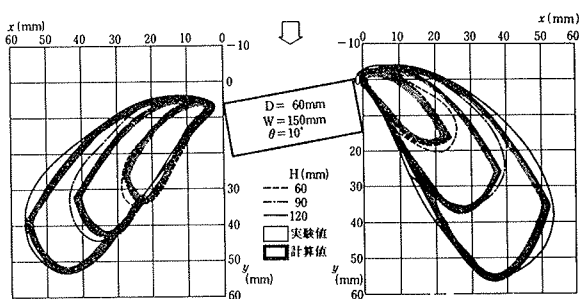


図-7 計算値と実験値の比較

のと考える。

なお、当研究所は、建物の対象を更に広げて風洞実験を行っており、逐次結果を推算式に組み込みながら、適用の範囲を拡張していく予定である。

参考文献

- 1) 相馬清二, 他4名: 霞ヶ関超高層ビル周辺の風の特
性, 構造物の耐風性に関する第1回シンポジウム論文
集, (1970.5), pp. 49~56
- 2) 建築業協会: ビル風—建築物の周辺気流—中間報告
(その1~その3)
- 3) 勝田高司, 他2名: 市街地低層部における風の観測
日本建築学会論文報告集, 第231号, (1975.5), pp. 81
~88
- 4) 吉田正昭, 他6名: 新宿新都心地域の風, 第5回構
造物の耐風性に関するシンポジウム論文集, (1978.12),
pp. 75~98
- 5) 亀井 勇, 丸田栄蔵: 高層建築物周辺に生ずる強風
領域の実験的研究, 日本建築学会論文報告集, 第232
号, (1975.6), pp. 101~108
- 6) 勝田高司, 他3名: 建物周辺に発生する強風ならび
に防風垣による強風の遮蔽に関する風洞実験, 日本建
築学会論文報告集, 第233号, (1975.7), pp. 121~132
- 7) 亀井 勇, 丸田栄蔵: 高層建築物周辺の風速増加領
域に関する風洞実験, 構造物の耐風性に関する第3回
シンポジウム論文集, (1974.12), pp. 115~122
- 8) 亀井 勇: ビル風—動向・分析・対策, 建築技術,
No. 281, (1975.1), pp. 203~225
- 9) 勝田高司, 他4名: 強風による歩行障害に関する研
究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1976.10),
pp. 161~162
- 10) 亀井 勇, 他2名: 風による歩行障害に関する調査
研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1978.9),
pp. 987~988
- 11) 立川正夫: 強風による屋根瓦の飛散について, 日本
建築学会大会学術講演梗概集, (1971.11), pp. 921~
922