

# 複数棟連立超高層ビルに作用する風力および風圧分布特性に関する研究

日大生産工(学部) ○佐々木義幸 日大生産工 神田亮 (株)Wind Style 松山哲雄  
日大・理工 渡辺亨 (財)電力中央研究所 大鳥靖樹 日大生産工 中村卓史

## 1. はじめに

東京に代表される過密都市での有効な土地利用として、また地上に広がりを持つ人工的都市空間の構築のため高層ビルを隣接させ配置することが計画、実施されている。晴海のトリトンスクエアはその代表例であろう。隣接する建物は風の流れが複雑となり、単独の建物とはかなり異なる風荷重が作用することが予想される。これは、建物が高層化すれば顕著となる。ユーラシア大陸の東に配置し、年に複数回台風の襲来を受ける日本では風荷重の評価は構造設計上重要である。本論文はトリトンスクエアのような三角形に配置された隣接する高層建物についてその風力及び風圧性状を風洞実験により検討したものである。

## 2. 風洞実験概要

本実験では風洞実験装置内に剛模型を設置し、その表面に作用する風圧力を測定する。測定したデータから、風圧係数を求め、実物大建物における風圧力を評価する。以下、この実験の詳細について述べる。

### 2.1. 使用風洞

風洞実験は日本大学生産工学部所有のエッフェル型乱流境界層風洞を用いて行なった。この風洞は幾何学的縮尺率 1/250~1/600 程度の自然風を精度良く再現することが可能である。

### 2.2 実験模型

今回評価対象とする建物は、図.1 に示すように晴海トリトンスクエアの超高層オフィス棟を模した建物である(X棟、Y棟、Z棟)。用いた模型を図.2 に示す。模型の縮尺は、1/500 を想定した。また同様図.2 に示すように模型の壁面には、風圧測定点を設けた。風圧測定孔は、上層部は1辺あたり7点、下層部は5点であり、3棟の模型表面には、合計で456点設けた。測定点の配置については、特に隅角部付近では局所的に大きな風圧が発生することがあるので、間隔を細かくした。また、上層部の風荷重の方が重要であることと、3棟が隣接しそれぞれ高さが異なるため上層部では非常に複雑な風圧分布性状が予測されるので、下層部より上層部の方に観測点を多くした。各測定点の風圧力を測定するために、模型の表面に内径 1mm の銅管を埋め込み、内径 1.4mm のビニールチューブで銅管と圧力センサーを気密に接続し測定を行った。

### 2.3 相似則

一般に、縮尺模型を用いた実験より何らかの物理量を実大対象物について求めるには、相似則を満足する必要がある。本実験で満足すべき相似条件は①幾何学的相似条件、②運動力学的相似条件、③流体力学的相似条件である。

幾何学的相似条件は、実現象と実験の縮尺率をすべて一定とすることで、模型縮尺率より縮尺率は 1/500 となる。

運動力学的相似条件は、長さ、時間、速度の比が

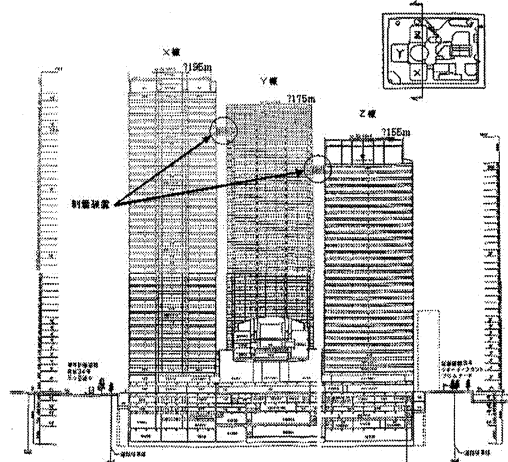


図 1. 配置および立・断面図

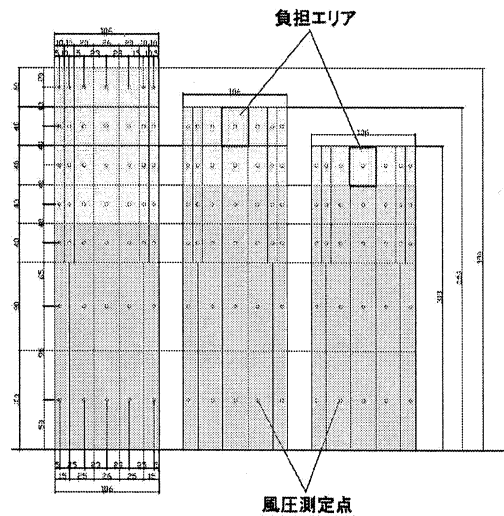


図.2 模型の風圧測定点位置及び負担エリア

$V'/V=L'/L/T'/T$  を満足することで、実風速を 60m/s に対し、風洞風速を 10m/s としたことから、 $V'/V=10/60$  となる。 $L'/L=1/500$  から、時間の比  $T'/T=6/500$  となる。これらを踏まえると本実験では装置内で模擬する自然風について、「平均風速の鉛直分布」「乱れ強さの鉛直分布」「境界層高さ」「乱れのスケール」「風速変動のパワースペクトル」についても、この長さ、速度、時間のパラメータにあった模擬をする必要がある。この詳細については次節で述べる。

流体力学的相似条件はレイノルズ数  $Re=VD/\mu$  の一致をもって満足される。実物の  $Re=7.8 \times 10^8$  となる。実験では、 $D=390m$ 、 $\nu=1.5 \times 10^{-6}m^2/s$  で、これを満足するためには約  $V=30000m/s$  が必要となる。通常この条件を満足するのは土木や建築の構造物を対象とした風洞実験では不可能である。

しかし、この種の実験では通常剥離点が模型上でも隅角部であることから、この相似条件は満足されるものとしている。したがって、流線型の構造物を実験する場合には注意を要する。

### 2.4 実験気流

前節でも述べたように、本実験においても運動力学的相似条件に従って、自然風を模擬する必要がある。今回は粗度区分Ⅱとして、スパイヤ、ラフネスブロック、バリアー、乱流格子を風洞風路上に設置して、自然風の模擬を実施した。風速分布、乱れ強さ、パワスペクトルを図.3.4.5 に示す。図.3.4.5 で示した曲線は指針値と実測値である。

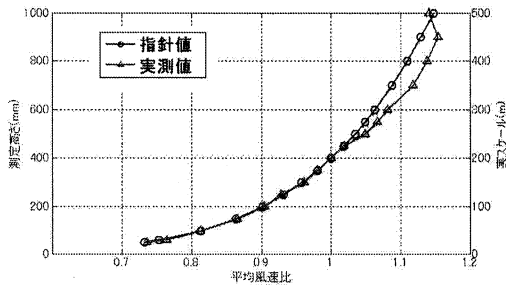


図.3 風速分布

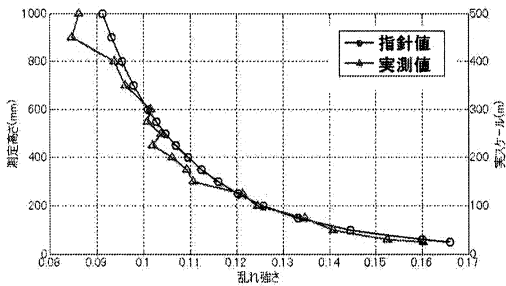


図.4 乱れ強さ

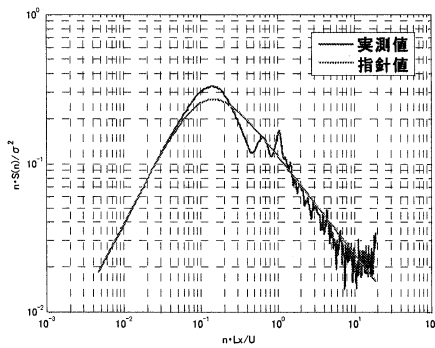


図.5 変動風速のパワスペクトル h=400mm

### 2.5 風圧測定システムと測定方法

本システムは 456 点同時測定が可能である。測定は、図.6 に示すように 0° ~ 360° で 5° ピッチで風向を変化させながら行なった。

一回の測定はサンプリングタイム  $\Delta t=2\text{msec}$ 、データ数は 16384 個とし、これを 1 風向で 5 回繰り返した。1 回分のデータ 16384 個は、実現象で約 45 分に相当する。実験諸元をまとめて表.1 に示す。

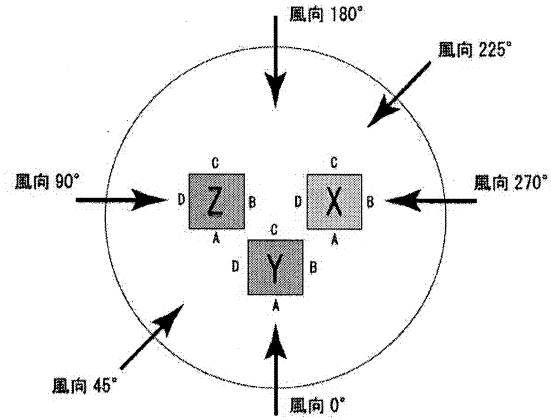


図.6 風向と各棟の配置及び測定面位置

表.1 実験諸元

実験風速	X 棟頂部で 10m/s
サンプリング間隔	2msec
データ数	16384 個
幾何学的スケール	1/500
風速スケール	1/6
時間スケール	6/500

### 2.6 実験結果および考察

本実験で行った複数棟の平均風圧分布図と比較するために単棟の平均風圧係数分布図を図.7 に示す。また本実験で得られた平均風圧係数分布図を図.8 から 13 に示す。図中色の濃い部分は正圧、白い部分は負圧を示す。

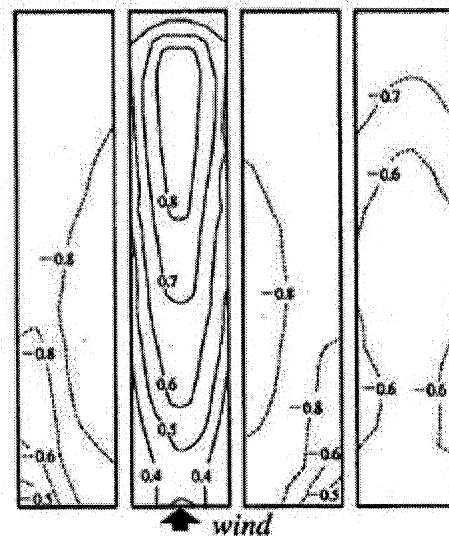


図.7 単棟の平均風圧係数分布図<sup>1)</sup>

単棟の建物の平均風圧分布係数図の特徴は、風上面のよどみ点を中心に左右対称に分布している。また、他の面は風上面で剥離した風の影響により引く力が働き、負圧となっている。

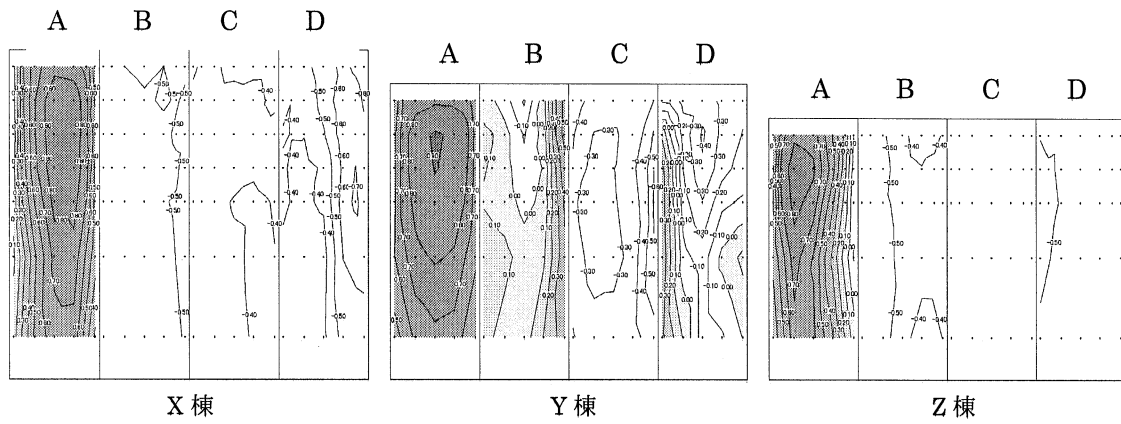


图.8 平均風圧係数分布図(風向  $0^\circ$  )

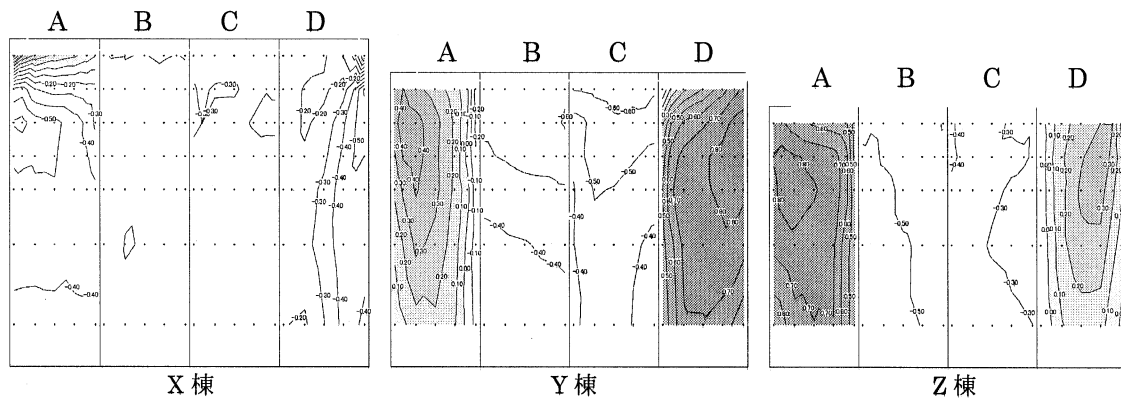


图.9 平均風圧係数分布図(風向  $45^\circ$  )

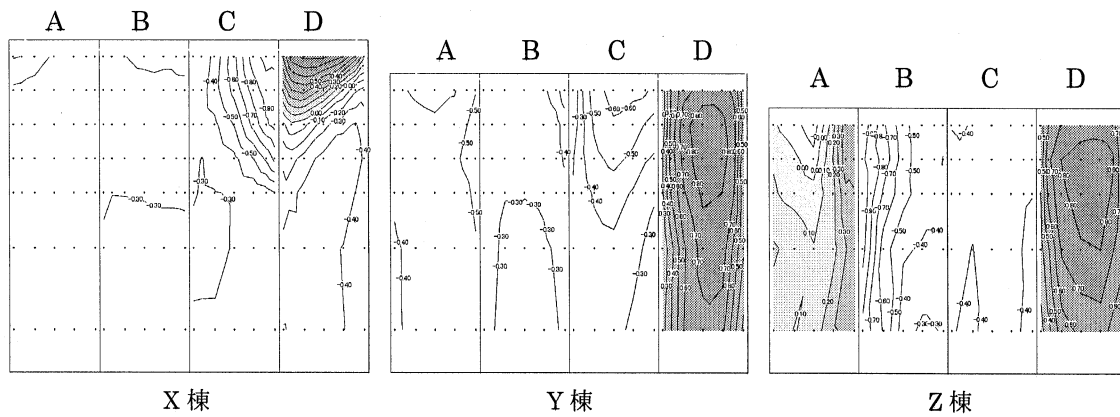


图.10 平均風圧係数分布図(風向  $90^\circ$  )

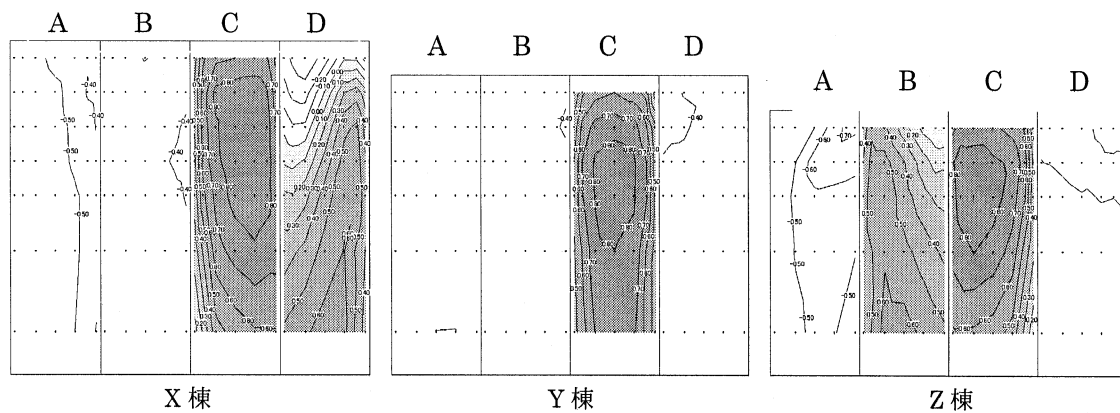


图.11 平均風圧係数分布図(風向  $180^\circ$  )

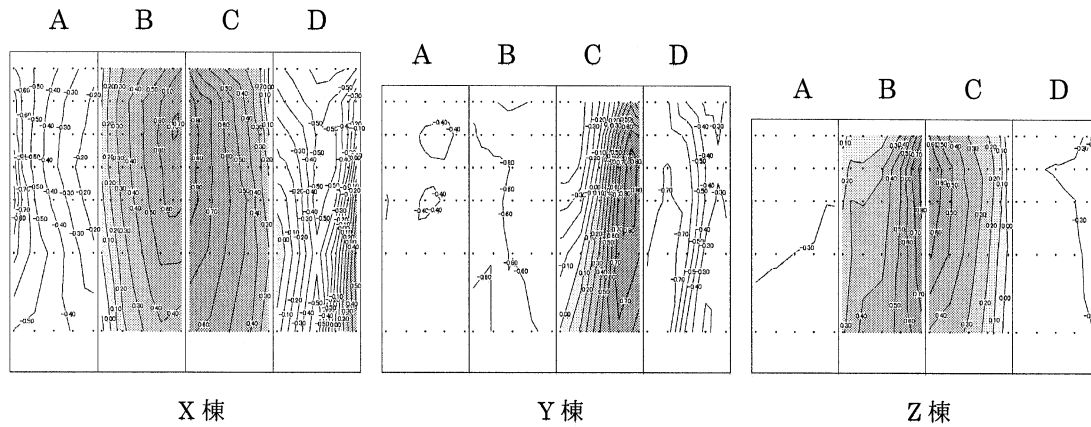


図.12 平均風圧係数分布図(風向 225°)

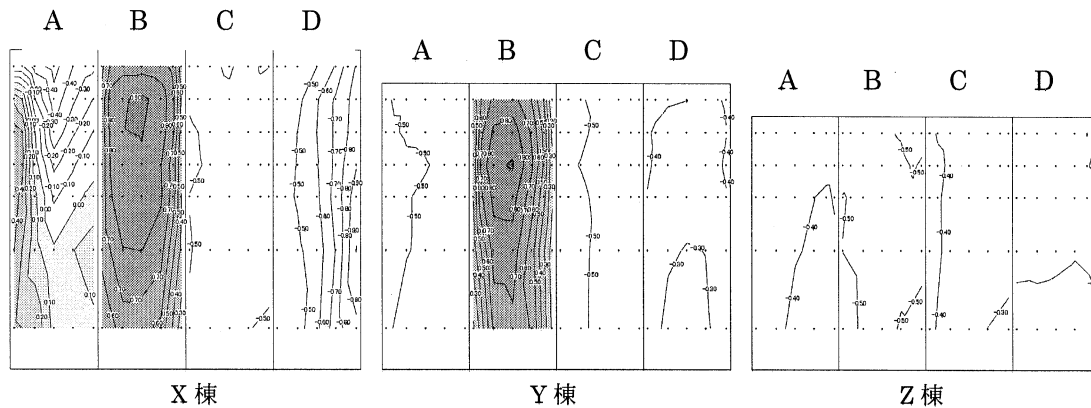


図.13 平均風圧係数分布図(風向 270°)

複数棟が隣接する高層ビルの風圧分布性状は同形状の単棟高層ビルのものと比較すると、隣接する建物から剥離した流れの影響が表れるという点で異なる。下記に風向別の特徴を示す。

風向 0° は、Y棟のB面はX棟に作用した風が再付着をおこし正圧になっている。また上層部には引く力が発生している。同様にY棟のD面にも同じことが言える。X棟とY棟の隙間から風が流れ速度があがるためX棟D面のA面よりの負圧が大きくなっている。同様にZ棟のB面にも同じことが言える。

風向 45° は、Y棟、Z棟がX棟よりも小さいため、X棟のA面とD面上層部の隅角部付近に正圧がみられる。

風向 90° は、Y棟、Z棟がX棟よりも小さいためX棟D面上層部は正圧がみられる。Z棟B面はZ棟とY棟の隙間を抜ける風により速度が速くなるため大きな負圧がみられる。

風向 180° は、X棟D面はY棟とZ棟に作用した風が再付着して正圧になっているが上層部は周りの建物が低いために再付着が起きず負圧になっている。

風向 225° は、Y棟とX棟の隙間から抜けた風が作用するのでX棟A面のD面寄り強い負圧となっている。Y棟とX棟の隙間から抜けた風がX棟D面の隅に再付着するために正圧になっていると考えられる。Y棟C面はX棟C面に作用した風が再付着していると考えられる。負圧部分は風がぬけるためだと考えられる。

風向 270° は、X棟A面はY棟B面で剥離した風が再付着している。しかしX棟の方が高いため上層部は再付着が起こらないため負圧を描いている。Z棟はX棟より小さいため直接風が作用せずすべての面が負圧の分布になっている。

実験結果より、風圧分布は風向が変わると非対称となり、最大を示す領域がかたよる傾向が示されている。単棟と複数棟の風圧分布を比較すると複数棟では局部的に風圧係数が単棟に比べ大きくなる箇所がある。また、建物の高さ、配置によって風圧分布性状に変化をもたらすことがわかった。このような複雑な風圧分布性状をもつ建築物を設計するにあたり隅角部付近に発生する局所的な風圧が作用することが予想されるので注意を要する必要がある。

### 2.7 まとめ

隣接する複数棟の高層建物の風圧測定実験を行なった。今後は、これらの高層建物の特徴的な風外力が制振技術に及ぼす影響についても検討し、また単棟の風圧分布特性についても考察していくために単棟の場合の風圧実験も行っていくつもりである。

### 3. 参考文献

- 1) 菊池浩利：建築物の風圧分布の特性と最大風荷重の評価の研究、p34
- 2) 大熊武司、河合宏允：実務者のための建築物風洞実験ガイドブック
- 3) 宮田利雄、宇都宮英彦：建築物の耐風工学、社団法人日本剛構造協会