

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 論題(和文) | 実在する地形および周辺建物が高層建物の風力に与える影響に関する実験的研究 |
| Title(English) | |
| 著者(和文) | 普後良之, 田村哲郎, 佐藤大樹, 勝村章 |
| Authors(English) | Yoshiyuki Fugo, TETSURO TAMURA, Daiki Sato, Akira KATUMURA |
| 出典 / Citation | 日本建築学会関東支部研究報告集, , , pp. 401-404 |
| Citation(English) | , , , pp. 401-404 |
| 発行日 / Pub. date | 2018, 3 |

実在する地形および周辺建物が高層建物の風力に与える影響に関する実験的研究

構造・荷重・信頼性

風力係数 周辺建物 地形
風洞実験正会員 ○ 普後良之^{*1}
" 佐藤大樹^{*2}正会員 田村哲郎^{*2}
" 勝村 章^{*1}

1 はじめに

建築物荷重指針による検討では単純な地形が対象であるため、地形や周辺建物の影響を受けた高層建築物の風力特性は、流れ場が複雑であることから、風洞実験や CFD によって検討する必要がある。しかし実例の情報は少ないのが実情である。

本報では、東京工業大学すずかけ台キャンパスに実在する、地上部高さ 83m の超高層免震建物である J2 棟を対象とした風洞実験を行い、高さ方向に 8 層の層風力を計測した。J2 棟は丘陵地域の三角点付近に建設されており、後述するモデル化範囲内の標高差が 50m である。これは建物高さの約 0.6 倍に相当するが、周辺にこのような大きな規模の地形がある超高層建物の事例は稀である。また J2 棟の北側には比較的大きな校舎がおおむね一列に建設されており、この 2 点が J2 棟の風力特性に大きな影響を与えると考えられる。この周辺状況が J2 棟の風力に与える影響を調べるため、周辺地形および周辺建物がない J2 棟単独の状況、周辺地形のみ考慮した状況、および周辺地形と周辺建物の両方を考慮した状況の 3 ケースに対して計測を行った。

2 実験概要

2.1 地形および周辺建物模型

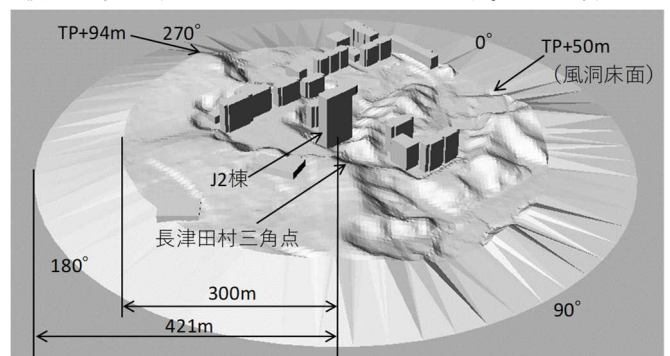
地形は国土交通省国土地理院の基盤地図情報を基に、3D プリンタを用いて作成し、複雑な地形の影響をできるだけ正確に取り込めるよう配慮した。基盤地図情報は 5m 間隔で標高が示されており、各ポイント間は直線で補間した。縮尺を 1/400 に設定し、地形の再現範囲は図 1 に示すように J2 棟の平面中心位置（以降、模型中心）から半径 300m 内とし、この範囲内で最も標高が低い位置（風向角 0° 付近、TP+50m）を風洞床面とした。またモデル化範囲と風洞床面とに段差が生じないように、テーパーを設置した。テーパーの端部は模型中心から 421m とし、半径 300m の円周上の各点から放射状に直線で結び作成した。テーパー角度は場所によって異なり、傾斜が最大となる位置の角度は半径 300m の円周上で最も標高が高い位置（風向角 270° 付近、TP+94m）における 20° である。なお再現範囲内において山林が占める面積は広いが、樹木の再現はし

ていない。

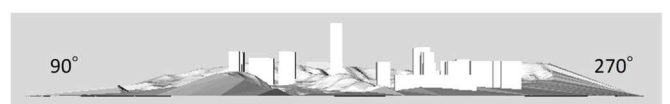
周辺建物は大半が学内の建物であり、大学より提供を受けた図面を基に 3 階建て以上の中高層建物を再現した。塔屋は再現せず、軒高で再現した。学外建物についても 3 階建て以上の中高層建物および、J2 棟の南西に位置する平屋の工場は建物規模が大きいため再現した。学外建物は国土地理院の基盤地図情報を基に平面形状を作成し、高さは階数を基に推定した。

2.2 J2 棟模型

模型再現の概要を図 2 および図 3 に示す。風力の算定は



(a) 南からの鳥瞰



(b) 0° 方向より望む



(c) 90° 方向より望む



(d) 180° 方向より望む



(e) 270° 方向より望む

図 1 模型再現および地形の概要

多点同時に測定した変動風圧を積分することによって行う。メンテナンスデッキはグレーチング等の開口率がある材料で構成されているため建物全体の風力に対する影響は小さいものと考え、模型再現していない。また図3および図4に示すように塔屋も受風面積が小さいため再現せず、単純な角柱として再現した。高さ方向の測定点配置は図4に示すようにJ2棟の2階分または3階分を模型の1層に対応させた。なおJ2棟は傾斜地に建ち1階部分の過半が地下にあるため、本報では2FLより上を地上部分として扱い、計測対象とした。

2.3 実験条件およびパラメータの定義

実験気流は周辺の状況から判断し、地表面粗度区分をⅢとした。実験気流の鉛直分布を荷重指針と比較し図5に示す。実験気流の鉛直分布は荷重指針と良く対応している。実験風速は模型前縁のJ2棟頂部高さにおける風速を9m/sとした。なお相似条件より、荷重指針の再現期間100年程度の風速(45m/s)に対する時間スケールは約1/80であり、再現期間1年程度(24m/s)に対する時間スケールは約1/150である。サンプリングは800Hzとし、300Hzのローパスフィルタを介して全測定点の変動風圧を同時計測した。実験風向は図3に示すようにJ2棟の北東面に正対する方向を0°とし、5°刻みの72風向に加え、気象データとの対応を考慮し正16方位に対応する風向も併せて計測した。実験ケースは前述のように図6に示す3ケースとした。

層風力の時刻歴は計測した変動風圧を時々刻々で空間積分し求めた。i軸方向j層における層風力係数時刻歴 $C_{Fij}(t)$ および層ねじりモーメント係数時刻歴 $C_{Mzj}(t)$ は以下のように定義した。

$$C_{Fij}(t) = \frac{F_{ij}(t)}{q_H D \Delta Z_j}, \quad C_{Mzj}(t) = \frac{M_{zj}(t)}{q_H D^2 \Delta Z_j} \quad (1)$$

ただし q_H : J2棟頂部高さ H における速度圧, $F_{ij}(t)$: i軸方向j層における層風力時刻歴, $M_{zj}(t)$: j層における層ねじりモーメント, ΔZ_j : j層における負担高さである。またJ2棟基部におけるX, Y軸周り転倒モーメント係数時刻歴 $C_{MX}(t)$, $C_{MY}(t)$ およびねじりモーメント係数時刻歴 $C_{Mz}(t)$ は以下のように定義した。

$$C_{MX}(t) = \frac{\sum_{j=1}^8 -F_{Yj}(t) \cdot Z_j}{q_H D H^2}, \quad C_{MY}(t) = \frac{\sum_{j=1}^8 F_{Xj}(t) \cdot Z_j}{q_H D H^2} \quad (2)$$

$$C_{Mz}(t) = \frac{\sum_{j=1}^8 M_{zj}(t)}{q_H D^2 H} \quad (3)$$

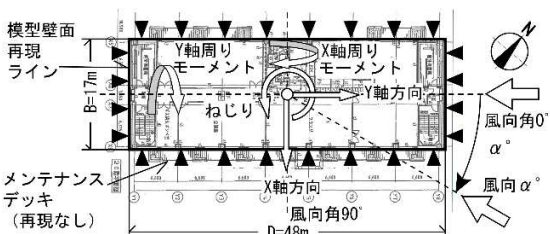


図2 J2棟平面形状および模型再現ライン

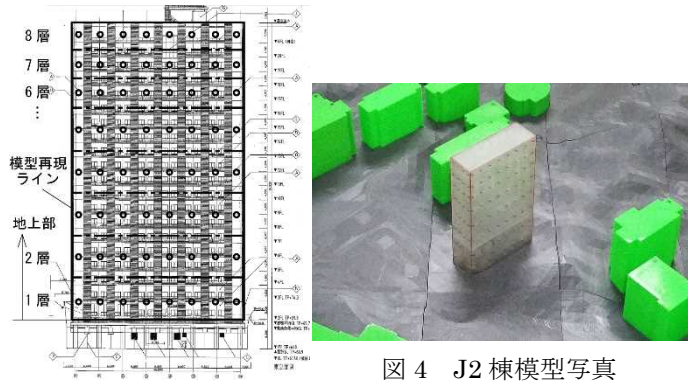


図4 J2棟模型写真

図3 J2棟立面および模型再現ライン

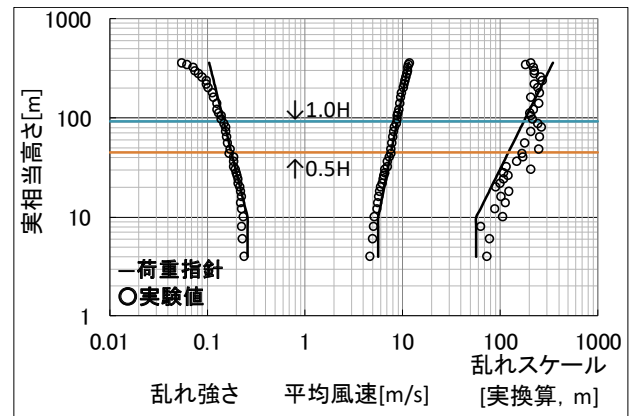
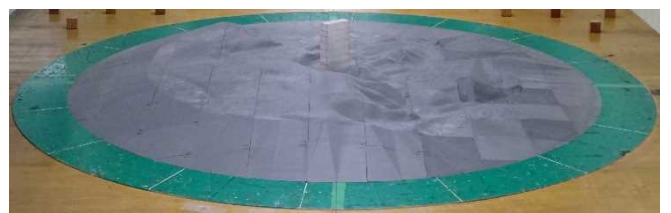


図5 実験気流の鉛直分布



(a) Case-A J2棟単独の状況



(b) Case-B 周辺地形のみ考慮した状況



(c) Case-C 周辺地形と周辺建物の両方を考慮した状況
※いずれも南からの鳥瞰

図6 実験ケース

3 実験結果

3.1 平均転倒モーメント係数

Y 軸周り平均転倒モーメント係数の風向変化を図 7 に示す。Case-A と比べて Case-B はやや大きめの絶対値を示す風向が多く、接近流が地形の上り勾配により増速している影響とみられる。Case-B と比べて Case-C は、風上に建物がある風向角 60° 付近および $230^\circ \sim 280^\circ$ 付近を中心に絶対値が小さくなっている。X 軸周り平均転倒モーメントは、値が小さく Case-A, B および C の差も小さいため割愛する。次に平均ねじりモーメント係数の風向変化を図 8 に示す。Case-A と比べて Case-B は風向角 0° 付近で正負が逆転し、地形の影響が大きいことがわかる。一方で風向角 180° 付近は、風上側に 0° よりも大きな地形があるにも関わらず Case-A と大きな差が見られない。Case-C は 0° 付近で Case-B と大きな差が見られないのに対して風向角 180° 付近では Case-A および B に対して正負が逆転しており、大きな影響を受けている。風向角 180° では Case-C で考慮される風上側建物は比較的低層のため、風上側の建物だけでなく隣接する低層建物の影響も受けているものと推察されるが、原因の特定にはより詳細な検討が必要である。また Case-C では風向角 60° 付近および 230° 付近で Case-A および B と比べて値が小さくなっており、風上側建物の影響と推察される。

3.2 変動転倒モーメント係数

Y 軸周り変動転倒モーメント係数の風向変化を図 9 に示す。Case-A と比べて Case-B は風向角 90° 付近および 180° 付近で値が小さくなっており、地形の影響を比較的大きく受けている。Case-C は風向角 0° 付近および 270° 付近を中心に Case-A および B に対して値が小さくなっており、 320° 付近では値が大きくなっている。次に変動ねじりモーメント係数の風向変化を図 10 に示す。Case-A に対して Case-B は風向角 0° 付近、 90° 付近および 180° 付近で値が小さくなっており地形の影響を受けている。さらに周辺建物が考慮されると Case-C では Case-B と比べて 180° 付近および 280° 付近で値が小さくなっており、 330° 付近では値が大きくなった。

3.3 層風力係数および層ねじりモーメント係数

Y 軸周り転倒モーメント係数のケース間の差が見られた風向角 242.5° および 287.5° の 2 風向に着目し、平均・変動層風力係数の高さ方向分布を図 11 および 12 に示す。いずれの風向でも Case-A と比べて Case-B の平均層風力係数は 6~8 層の値が大きくなっており、地形による増速の影響がみられる。Case-C では頂部の 1 層を除き Case-B よりも値が小さくなっている。この風向の風上側建物は J2 棟に対して $0.5H$ 程の高さであるが J2 棟のほぼ全体に対して影響が見られた。Case-B の変動層風力係数は Case-A と比べて、 242.5° では 6~8 層が大きいが、 287.5° では 1~5 層が小さくなる。Case-C は Case-B と

比べて、いずれの風向でも 4~7 層が影響を受けて小さくなった。次に平均・変動層ねじりモーメント係数の高さ方向分布を図 13 に示す。Case-A と比べて Case-B の平均層ねじりモーメント係数は 242.5° の 7,8 層に差がみられるが、それ以外は差が小さい。Case-C は Case-B と比べて

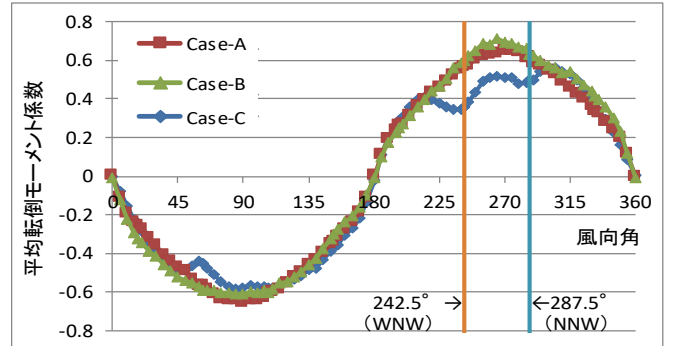


図 7 Y 軸周り平均転倒モーメント係数の風向変化

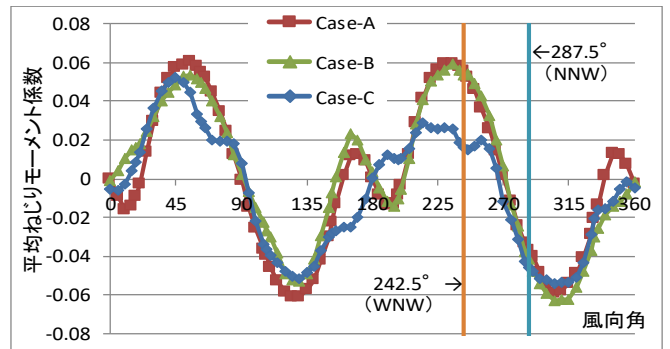
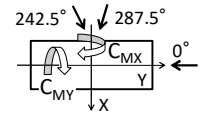


図 8 平均ねじりモーメント係数の風向変化

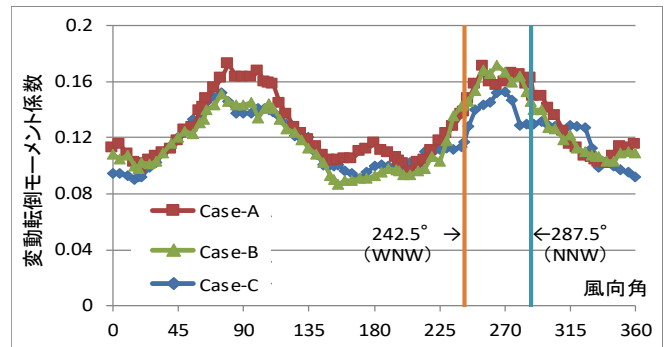


図 9 Y 軸周り変動転倒モーメント係数の風向変化

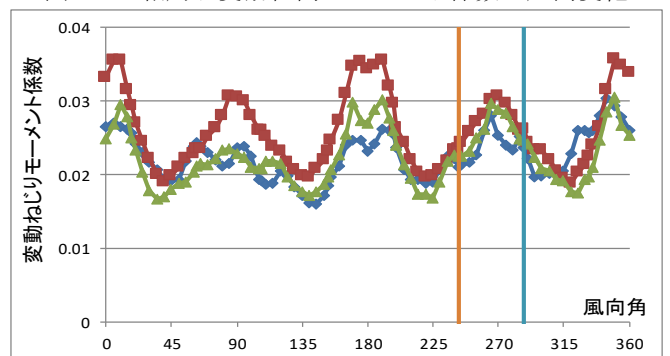


図 10 変動ねじりモーメント係数の風向変化

大きく影響を受けている。変動層ねじりモーメントは Case-A と B で差が小さく、地形による影響が小さいが、Case-C は Case-A および B と比べて差が大きく周辺建物の影響が大きい。

3.4 変動転倒モーメントおよび変動ねじりモーメントのスペクトル

変動転倒モーメントのパワースペクトル密度を図 15 に示す。同図には再現期間 1 年程度および 100 年程度の風速に対応する無次元周波数を併記した。いずれの風向でも、無次元周波数 0.1 付近より小さい領域では Case-A, B および C に差がみられ、特に周辺建物がある場合にはバックグラウンド成分が低下している。設計風速の範囲内では Case による差が小さい。変動ねじりモーメント係数のパワースペクトル密度を図 16 に示す。いずれの風向でも Case-A と B に差が見られないが、無次元周波数 0.1 付近より小さい領域で Case-C が Case-A および B より小さい値を示し、周辺建物がある場合にはバックグラウンド成分が低下している。また風向角 242.5° では設計風速の範囲で Case-C のパワースペクトル密度が Case-A および B を上回る値を示した。

4 まとめ

実在建物である J2 棟を対象として風洞実験を行い、地形および周辺建物が J2 棟の風力特性に与える影響を検討した。地形の影響は平均転倒モーメントを増加させる方向に働いたが変動転倒モーメントおよびねじれに対しては単純な傾向を示さず複雑な影響を与えた。またこの J2 棟の事例では総じてみると地形の影響よりも周辺建物の影響が大きかった。

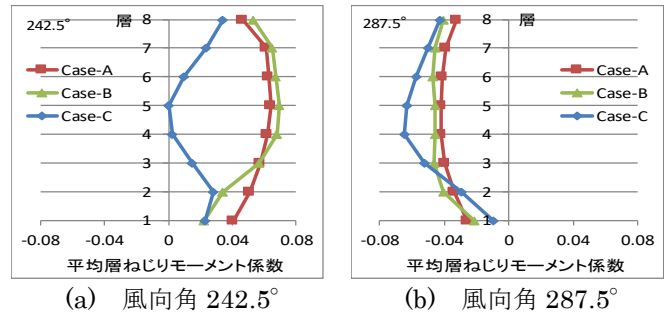


図 13 平均層ねじりモーメント係数

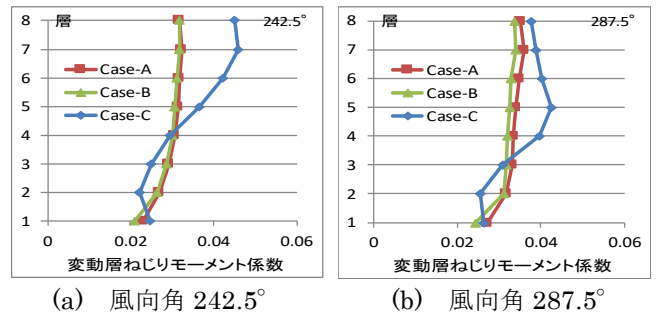


図 14 変動層ねじりモーメント係数

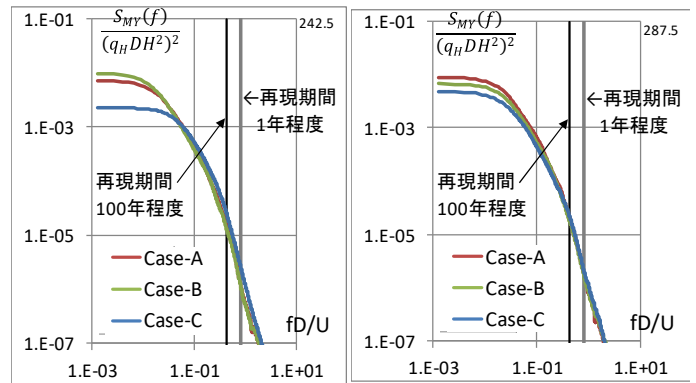


図 15 変動転倒モーメントのパワースペクトル密度

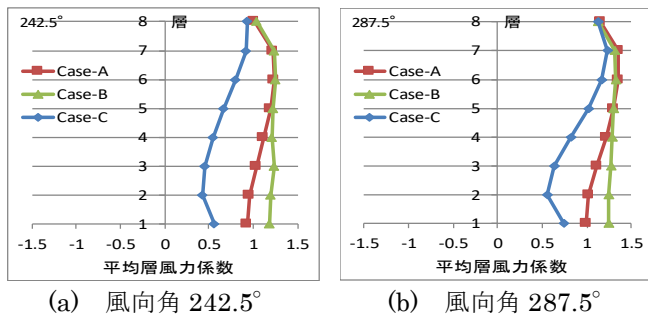


図 11 X 軸方向平均層風力係数

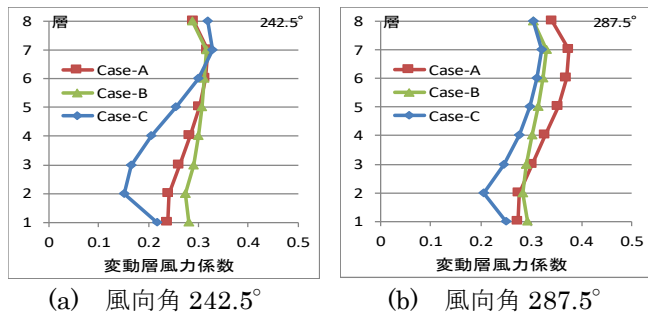


図 12 X 軸方向変動層風力係数

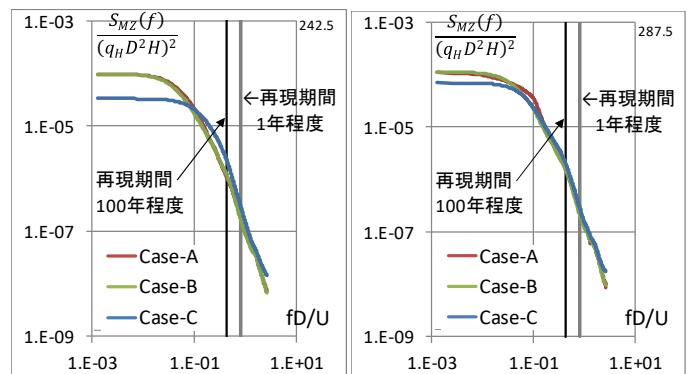


図 16 変動ねじりモーメントのパワースペクトル密度

謝辞

3D プリントによる模型製作において (株) 風工学研究所 中川智博氏の多大なる協力を頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

- *1 風工学研究所
- *2 東京工業大学