T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価 その8 実在建物の基部で計測された風力係数と風洞実験の比較
Title(English)	Evaluation of Wind-induced Response of High-rise Seismic Isolated Building Based on Observed Data Part 8 Comparison of wind force coefficient measured at real building and wind tunnel test
著者(和文)	普後良之, 佐藤大樹, 田村哲郎, 勝村章
Authors(English)	Yoshiyuki Fugo, Daiki Sato, Tetsuro Tamura, Akira Katumura
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 175-176
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 175-176
発行日 / Pub. date	2018, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（東北） 2018 年 9 月

観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価　その 8　実在建物の基部で計測された風力係数と風洞実験の比較

正会員　○普後　良之 1*　同　佐藤　大樹 2*　同　田村　哲郎 2*
同　勝村　章 1*

超高層免震建物　風応答観測　風力係数
ねじりモーメント係数　風洞実験

1.はじめに

一定規模以上の超高層建物は設計する際に風洞実験により風荷重の検討を行うことが多い。観測結果との比較による風洞実験の精度検証は過去の研究で数多く行われている。実在建物の観測方法は風圧の計測，または建物頂部における加速度などの応答の計測が多い。風圧観測の場合は測定点ごとの風圧，または層風力を評価するが，建物全体の風力を評価していない。また応答観測の場合は振動実験または風力実験結果に基づく応答解析値との比較となり，風力に対しては間接的な検証となる。これまでに建物基部で計測された風力を直接的に比較した例は無く，これは実在建物の基部における風力計測が困難なためである。筆者らは東京工業大学すずかけ台キャンパス内の超高層免震建物（以下，J2 棟）において地震および風応答に着目した観測および解析を行っている [1)]。J2 棟では建物頂部における風向風速と，免震層における層間変位を計測しており，本報では強風時観測記録から風力係数およびねじりモーメント係数を算定し，これを風洞実験結果と比較する。

2.観測概要

計測機器の配置を図 1 に示す。風向風速計は J2 棟頂部北側角に設置され，10 分毎に平均風速（観測における頂部風速で，以降，単に風速と記す）および 10 分間中の最多出現風向（正 16 風向で，以降，単に風向と記す）を記録する。なお風向計は設置の際に晴天を選び，設置工事日時および緯度による理論太陽位置と現場において風向計位置から見た太陽方位を比較することで真北を割り出し，極力正確に設置した。対象とする強風は 2006～2008 年における低気圧または台風通過に伴い観測された 20 イベントであり，イベント中の最大風速の再現期間は 2 か月～3 年である。イベント開始時刻は風速 5m/s 以下かつ極小風速記録時と定義した。変位計は建物端部付近に 2 か所設置されており，X 軸方向観測値を対象とした。各々の観測値は 10 分毎に平均し，イベント開始時刻の 10 分間平均をそれぞれ 0 としてオフセット処理した。またこの観測値には X 軸方向成分とねじれ成分の両方が含まれるため，X 軸方向変位は 2 点の平均により算定し，ねじれ角は 2 点の変位差および 2 点間の距離から算定した。

3.風洞実験概要

J2 棟は丘陵地の三角点付近に位置し，地上部すなわち免震上部構造の高さ H（83m）に対し半径 3.6H（300m）の範囲において約 0.6H（50m）の標高差があり，起伏に富んでいる。よって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。模型製作に用いた 3D モデルを鳥瞰で図 2 に示す。また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。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。J2 棟は図 3 に示す風圧測定点を高さ方向に 8 層に設けた風圧模型とした。塔屋および外壁に設置されたメンテナンスバルコニーは省略した。実験気流は地表面粗度区分Ⅲとし，J2 棟頂部風速は図 3 に示す模型前縁で計測した。X 軸方向風力$\overline{F_X}$およびねじりモーメント$\overline{M_Z}$は計測された風圧データを空間積分し求めた。

4.風力係数およびねじりモーメント係数

4.1.観測による風力係数およびねじりモーメント係数

免震層の剛性は，微小振幅時に 2 次部材の影響が大きい一般の層と異なり，免震ゴムおよび鋼材ダンパーの 2 部材によってシンプルに決定される。更に変位の観測値があることから，上部構造に作用する風力が推定可能であり，風力係数およびねじりモーメント係数の算定が可能であることに着目し，これを風洞実験結果と比較した。観測された X 軸方向変位およびねじり角から，以下の式で平均風力係数$\overline{C_{FXobs}}$および平均ねじりモーメント係数$\overline{C_{MZobs}}$を求めた（以降，単に観測値と記す）。

$$\overline{C_{FXobs}} = K_x\overline{\delta_x}/\overline{q_H}BH \quad (1)$$

$$\overline{C_{MZobs}} = K_\theta\overline{\delta_\theta}/\overline{q_H}B^2H \quad (2)$$

ただし，K_x：免震層の X 軸方向剛性で設計値，$\overline{\delta_x}$：X 軸方向変位，$\overline{q_H}$：J2 棟頂部における速度圧で風速の観測値

Evaluation of Wind-induced Response of High-rise Seismic Isolated Building Based on Observed Data
Part 8 Comparison of wind force coefficient measured at real building and wind tunnel test

FUGO Yoshiyuki, SATO Daiki, TAMURA Tetsuro, and KATSUMURA Akira

より求める値，B：J2 棟の長辺幅，K_θ：免震層のねじれ剛性で設計値，$\overline{\delta_\theta}$：ねじれ角である。なお観測値は各々のイベントにおける最大風速発生時 10 分の値を用いたが，4 イベントはイベント中の風向変化を考慮し，風向変化前後の最大風速時を含め，解析には計 24 データを用いた。

4.2.風洞実験による風力係数およびねじりモーメント係数

風洞実験結果は以下の式で整理し，平均風力係数$\overline{C_{FXexp}}$および平均ねじりモーメント係数$\overline{C_{MZexp}}$を求めた（以降，単に実験値と記す）。

$$\overline{C_{FXexp}} = \overline{F_X}/\overline{q_H}BH \quad (3)$$

$$\overline{C_{MZexp}} = \overline{M_Z}/\overline{q_H}B^2H \quad (4)$$

4.3.観測値と実験値の比較

以上の(1)～(4)式により算定した平均風力係数・平均ねじりモーメント係数を図 5 および図 6 に示す。図 5 より実験値は観測値と近い値を示すものの，やや大きめの値を示す。図 6 より実験値は観測値と比較的良好な対応を示すが，風向 NW および N では観測値のばらつきが大きく，実験値との乖離が大きい点が見られる。

誤差要因について考察する。まず，観測と風洞実験とで風速の計測位置が異なることが挙げられる。また観測の風速は J2 棟自身の影響を受けている可能性がある。次に観測値の算定に用いた免震層の剛性を設計値としたが，これは施工や製品のばらつきを考慮して安全側に低めの値を設定している可能性がある。実験値は地形の形状再現性は高いものの樹木や周辺建物および J2 棟自身の詳細形状の再現には省略も多いことが考えられる。図 6 については実験値を見ると風向に対して変化が大きいが，観測値は正 16 方位で記録されていること，および 10 分間中にも風向変動があることで大きなばらつきを示したものと考えられる。また風向計は設置精度に注意したものの，風速同様に J2 棟自身の影響を受けて風向が歪められている可能性がある。

5.まとめ

免震層上部構造に作用する風力およびねじりモーメントを，免震基部の変位観測値に免震層の層剛性を乗じて算定した。更に頂部で観測された風速を用いて風力係数およびねじりモーメント係数を求め，風洞実験結果と比較した。その対応は比較的良好と言えるが，観測と風洞実験のそれぞれに誤差要因が考えられ，検証すべき課題が残った。

参考文献

1) 普後良之他：観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価　その1，日本建築学会大会学術講演梗概集，2012.9

謝辞

本研究で用いた J2 棟の変位観測データは，東京工業大学 GCOE プログラムから提供して頂いたものであります。また 3D プリンタによる模型製作において風工学研究所　中川智博氏の多大なる協力を頂きました。厚く御礼申し上げます。

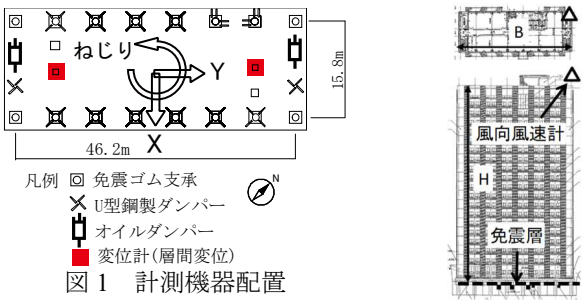

図 1　計測機器配置

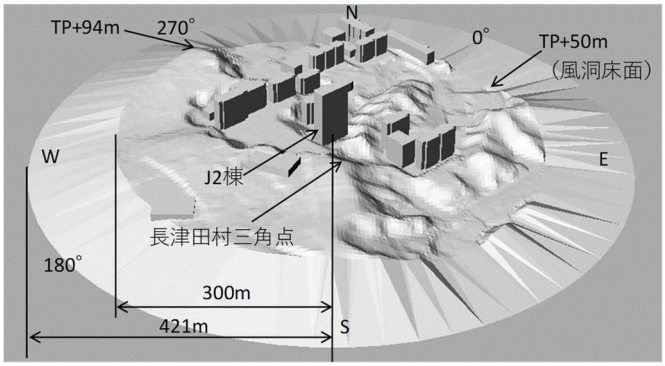

図 2　模型製作に用いた 3D モデルの鳥瞰図

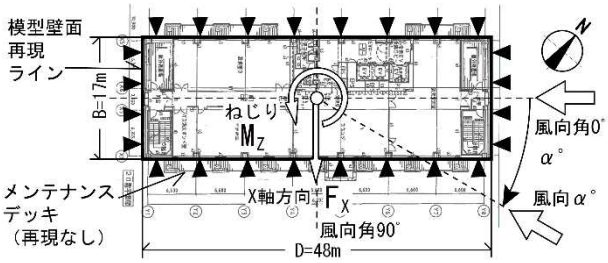

図 3　J2 棟平面形状および模型再現ライン

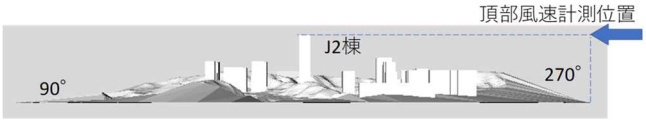

図 4　風洞実験頂部風速計測位置

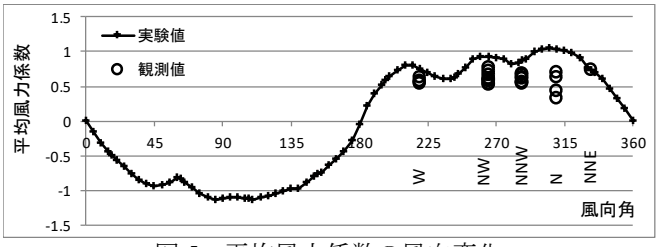

図 5　平均風力係数の風向変化

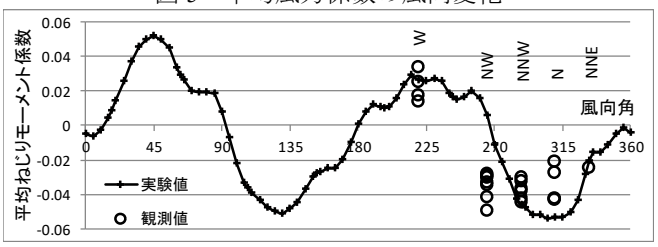

図 6　平均ねじりモーメント係数の風向変化

1*　風工学研究所
2*　東京工業大学

1*　Wind Engineering Institute, Co.,Ltd.
2*　Tokyo Institute of Technology