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6 平均風力に対する免震層平均変位の分析
Title(English)	Evaluation of Wind-induced Response of High-rise Seismic Isolated Building Based on Observed Data Part 6 Relationship between mean wind force and displacement of seismic isolation layer
著者(和文)	普後良之, 佐藤大樹, 田村哲郎, 勝村章, 笠井和彦, 吉江慶祐
Authors(English)	Yoshiyuki Fugo, Daiki Sato, TETSURO TAMURA, Akira KATUMURA, KAZUHIKO KASAI, Keisuke Yoshie
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-1, , pp. 279-280
Citation(English)	, vol. B-1, , pp. 279-280
発行日 / Pub. date	2016, 8
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
（九州） 2016 年 8 月

観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価　その 6　平均風力に対する免震層平均変位の分析

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*　同　笠井　和彦 2*　同　吉江　慶祐 3*

超高層免震建物　風応答観測　構造特性同定
平均風荷重　免震層変位　残留変位

1.はじめに

免震部材の性能評価は地震時の大変形を対象としたものが主であり，風応答時の性能についての情報は少ない。また超高層免震建物の風応答観測は事例が非常に少ないため，数値的にモデル化された建物と実際の建物の動的特性の整合性は不明点が多い。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)]。既報 [1)]では再現期間 1 年程度の風速時の観測記録を対象に，1 次モードに着目して免震上部に作用する荷重を推定し免震層変位との関係を分析した。しかし免震部材の疲労などの検討には固有振動数に対応する動的特性だけでなく，平均変位も考慮する必要がある。本報では免震層に作用する 10 分毎の平均せん断力（以下，平均風力）を風観測記録と風洞実験により推定し，免震層平均変位との関係を分析したので，以下に報告する。

2.観測概要

J2 棟の免震部材は図 2.1 に示すように天然ゴム系積層ゴム支承，免震用オイルダンパーおよび U 型鋼製ダンパーで構成されている [2)]。まず計測器について述べる。免震層には測定原理が異なる 2 種類の変位計が配置されている [3)]。解析対象とする X 軸方向の変位計を図 2.1 に示す。変位計記録には捩れ成分が含まれるが，剛心位置が基準階平面のほぼ中心にあるため [4)]，変位計時刻歴に対して 2 台の変位計記録を時々刻々平均して捩れ成分を除いた。観測記録は 10 分毎に平均値を求めた。精度検証のため，2 つの変位計の時刻歴の比較を図 2.2 に示す。微小変形ながら 2 つの変位計の記録は良好に対応した。以降は小変形用の変位計記録を解析に用いる。風向風速計は J2 棟頂部の北端角に設置されている。

次に解析対象とした強風イベントについて述べる。まず，風向風速計および免震層変位の記録より，平均風速 5m/s 以下は免震層変位が無視できるほど小さいと判断した。よってイベント開始および終了時刻は，平均風速が極小値を示しかつ 5m/s 以下となる時刻とした。イベントは 2006 年～2008 年の観測記録から，風向が比較的安定している W から NE のものを表 2.1 のように選定した。選定したイベントの最大風速は，いずれも再現期間 1 年程度かそれ以下に相当しており，免震層の変位は鋼材ダンパーの降伏変位を下回っている。

3.風洞実験概要

風洞実験模型は J2 棟を中心とした半径約 340m の範囲の地形および周辺建物を縮尺 1/270 で再現した。実験気流は荷重指針の地表面粗度区分Ⅲ[5)]を仮定した。風向i毎に模型の免震基部における X 軸方向平均せん断力$\bar{F}_{Xi}$を計測し，平均風力係数$\bar{C}_{FXi}$を以下のように整理した。

$$\bar{C}_{FXi} = \bar{F}_{Xi}/(q_H B_m H_m) \quad (3.1)$$

ここで，q_H：J2 棟頂部の速度圧，B_m：J2 棟の模型長辺幅，H_m：免震層より上部の模型高さである。

4.平均風力の推定方法および免震層変位との関係

⊿t=10(分)として，時刻 t における 10 分間平均風力$\bar{F}_X(t)$は，以下のように推定した。

$$\bar{F}_X(t) = q_H(t) B H \bar{C}_{FXi} \quad (4.1)$$

ここで，$q_H(t)$：J2 棟頂部の平均風速記録から算定される平均速度圧，B：J2 棟長辺幅，H：免震層より上部の高さ，$\bar{C}_{FXi}$：平均風向iに対応する平均風力係数である。

免震層平均変位$\delta(t)$に対する免震層に作用する平均風力$\bar{F}_X(t)$の関係を表 2.1 に示す風向ごとに整理して図 4.1～4.4 に示す。また時間を追ってプロットを結んでおり，イベントの終了時刻のプロットを赤丸で示した。なお同図中に点線で示すのは，免震層の初期剛性の設計値（設計図書より引用，免震ゴムはγ=100%歪時，鋼製ダンパーは降伏変位以下の剛性）から求めた変位と平均風力の関係である。観測値のプロットがこの点線より上にあることは剛性が設計値より大きい事を示している。同図より，イベントごとのばらつきが大きいが，風向による差は明確には認められず，概ね設計値に近い剛性を示した。また同図においてイベント終了時を示すプロットが原点よりずれた位置にあることは残留変位を示している。一般的な設計においては，鋼材ダンパーの降伏変位以下の変位に対して弾性範囲として扱うが，半数のイベントで比較的明確な残留変位があり，構造特性に非線形性が見られた。イベント中の平均変位の最大値δ_{max}とイベント終了時の変位δ_{end}の関係を図 4.5 に示す。相関が見られるもの

Evaluation of Wind-induced Response of High-rise Seismic Isolated Building Based on Observed Data
Part 6 Relationship between mean wind force and displacement of seismic isolation layer

FUGO Yoshiyuki, SATO Daiki, TAMURA Tetsuro, KATSUMURA Akira, KASAI Kazuhiko, YOSHIE Keisuke

のばらつきが大きい。図を割愛するが，イベントの継続時間とδ_{end}，および最多風向が占める割合とδ_{end}の関係をそれぞれ確認したところ，何れも明確な相関は見られなかった。

4.まとめ

平均荷重に対する免震層平均変位に着目して 18 の強風イベントについて分析した。平均風力の推定精度には課題が残るものの，観測値から得られた免震層の剛性は設計値と概ね対応したが，平均風力に対しても非線形な構造特性が示された。半数のイベントで免震層降伏変位以下にも関わらず比較的明確な残留変位が認められた。

謝辞
本研究で用いた J2 棟の加速度観測データは，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。厚く御礼申し上げます。

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 5, 日本建築学会大会学術講演梗概集，2015.9，2) 菊地岳志他：メガブレースを用いた超高層免震鋼構造建築物の設計，日本建築学会技術報告集，第 22 号，pp. 217-222，2005.12，3)大木洋司他：超高層免震建物の長期観測システム構築に関する具体的取り組み，日本建築学会技術報告集，第 21 号，pp. 73-77，2005.6，4)佐藤大樹他：観測記録に基づく超高層免震建物の応答特性に関する研究　その 1，2，日本建築学会大会学術講演梗概集，2008.9，5)佐藤大樹他：観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価　その 1～3，日本建築学会大会学術講演梗概集，2012.9

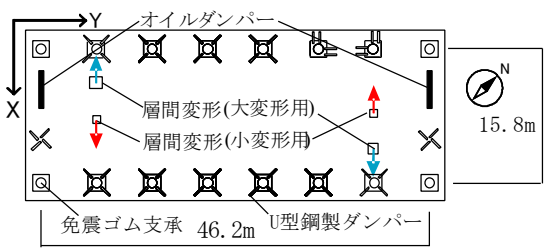

図 2.1 免震層センサー配置

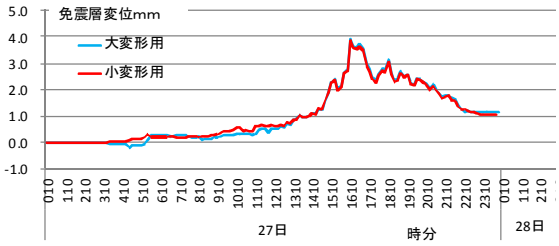

図 2.2　免震層平均変位時刻歴(イベント No.13)

表 2.1 イベント一覧

No	最大平均風速発生日	風向	継続時間(時間)	No	最大平均風速発生日	風向	継続時間(時間)
1	'06.3.13	NE(33)	18	10	'07.2.24	NNW(32)	63
2	'06.3.17	NW(34)	25	11	'07.3.12	W(73)	12
3	'06.3.19	NNW(37)	34	12	'07.5.10	NW(66)	27
4	'06.3.23	NNW(30)	34	13	'07.10.27	NNW(31)	24
5	'06.3.29	W(42)	27	14	'07.12.23	NW(71)	25
6	'06.3.30	NW(49)	13	15	'07.12.24	NNW(27)	20
7	'06.4.3	NW(37)	18	16	'08.1.24	NW(37)	61
8	'06.10.6	NW(50)	56	17	'08.2.13	NNW(50)	27
9	'07.1.7	W(47)	20	18	'08.2.27	NNW(47)	19

※風向はイベント中の最多風向を示し，()内はその風向が占める割合(%)を示す。
※No.13 は台風，それ以外は季節風である。

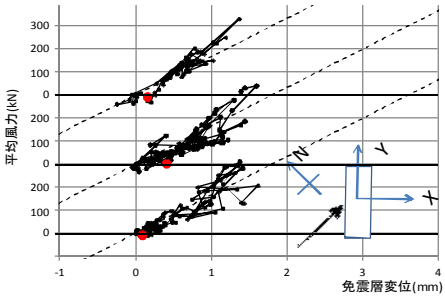

図 4.1　風向 W の免震層平均変位と平均風力の関係

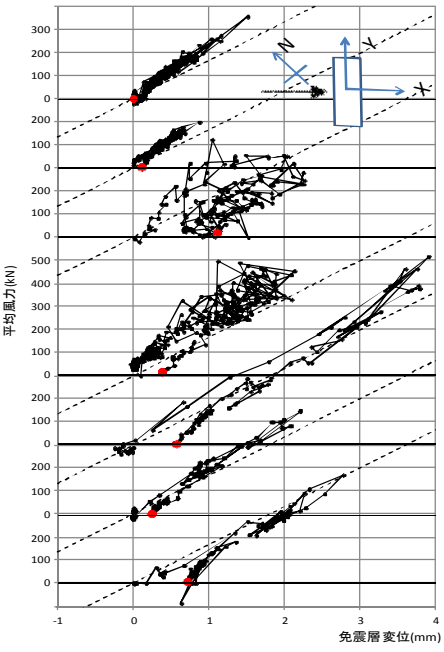

図 4.2　風向 NW の免震層平均変位と平均風力の関係

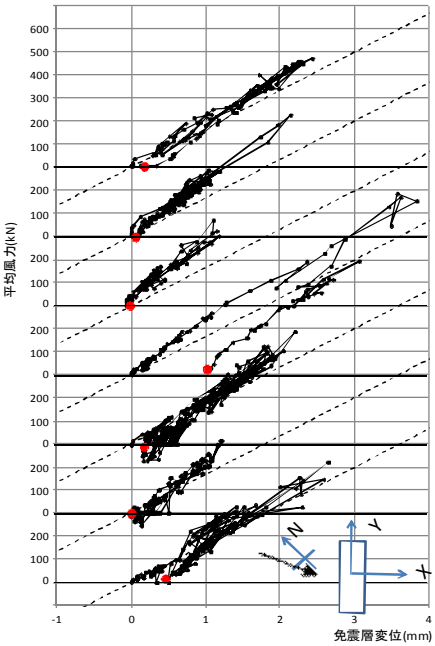

図 4.3　風向 NNW の免震層平均変位と平均風力の関係

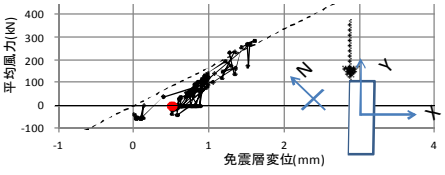

図 4.4　風向 NE の免震層平均変位と平均風力の関係

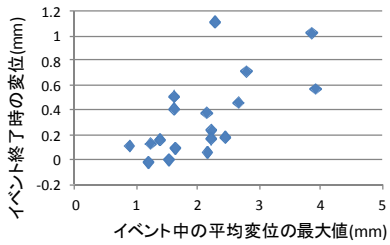

図 4.5 最大変位と残留変位の関係

1*　風工学研究所
2*　東京工業大学
3*　日建設計

1*　Wind Engineering Institute
2*　Tokyo Institute of Technology
3*　Nikken Sekkei Ltd