

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	強風時の観測記録に基づく超高層免震建物の捩れ振動特性の分析 - その2 捩れ成分の加速度時刻歴波形による捩れ回転中心位置の推定
Title(English)	
著者(和文)	中井亜里沙, 佐藤大樹, 村上智一, 田村哲郎, 普後良之, 吉江慶祐, 笠井和彦
Authors(English)	Arisa Nakai, Daiki Sato, Tomokazu Murakami, TETSURO TAMURA, Yoshiyuki Fugo, Keisuke Yoshie, KAZUHIKO KASAI
出典 / Citation	日本建築学会関東支部研究報告集, , , pp. 417-420
Citation(English)	, , , pp. 417-420
発行日 / Pub. date	2017, 3

強風時の観測記録に基づく超高層免震建物の揺れ振動特性の分析

その2 揺れ成分の加速度時刻歴波形による揺れ回転中心位置の推定

構造一振動

正会員 ○ 中井亜里沙^{*1}同 佐藤大樹^{*1}同 村上智一^{*1}同 田村哲郎^{*1}同 普後良之^{*2}同 吉江慶祐^{*3}同 笠井和彦^{*1}

風応答観測 超高層免震建物 揺れ回転中心位置

揺れ応答 長期観測 固有振動数

1. はじめに

本報その1では、強風時の実観測記録に基づき超高層免震建物の建物頂部の揺れ成分に関して分析した。観測された5つの強風イベントに関して、強風時の揺れを含む建物端部の加速度が、並進加速度よりも最大で約1.8倍大きくなっており、強風時の建物に及ぼす揺れの影響を無視できないことを示した。また、強風時の風速の増大に伴い、揺れ成分の固有振動数が並進成分の固有振動数に近接することを確認した。

本報その2では、本報その1で推定した揺れ成分の固有振動数を用いてフィルター処理を行い、揺れ成分を抽出した加速度時刻歴波形を使用し、風応答時の揺れ回転中心位置の推定を試みる。

2. 揺れ回転中心位置の推定

2.1 揺れの加速度時刻歴波形

風応答時の揺れによる建物全体の挙動を確認するために、揺れ成分の加速度時刻歴波形を算出する。本報その1、4章より、風応答時の揺れ成分の固有振動数が約0.72Hzから0.87Hzの間にあることを確認したため、観測された20階のX(NE)、X(SW)の加速度記録に対して0.64Hzから1.0HzのBPFをかける。なお、caseC(2007年9月7日)の00:00~4:00については、揺れ成分の固有振動数の変動幅が大きいので、0.55Hzから1.0HzのBPFをかける。図1(a)に、caseD(16:20)のX(NE)およびX(SW)で観測された加速度記録に対してBPFをかけたときの10分間全体の加速度時刻歴波形を示す。図1(b)ではX(NE)、X(SW)の時刻歴波形の位相が逆位相であるが、図1(c)では、それぞれの時刻歴波形が同位相になる場合が確認できる。前者は揺れ成分のみを精度よく抽出しているが、後者は揺れ成分のみでなく並進成分の影響も受けていることが考えられる。本報その1、4章において、風速の増大に伴い並進と揺れの固有振動数が近接する事例を確認しており、この場合、BPFの処理では並進成分と揺れ成分の完全な分離が難しくなるためと考えられる。本報では揺れ回転中心は建物内部に位置すると考え、2.2節に後述する方法により図1(c)に示すように並進の影響を受け、位相が同位相になる部分を除外し、図1(b)に示すように位相が逆位相となる部分のみに着目して検討を行う。

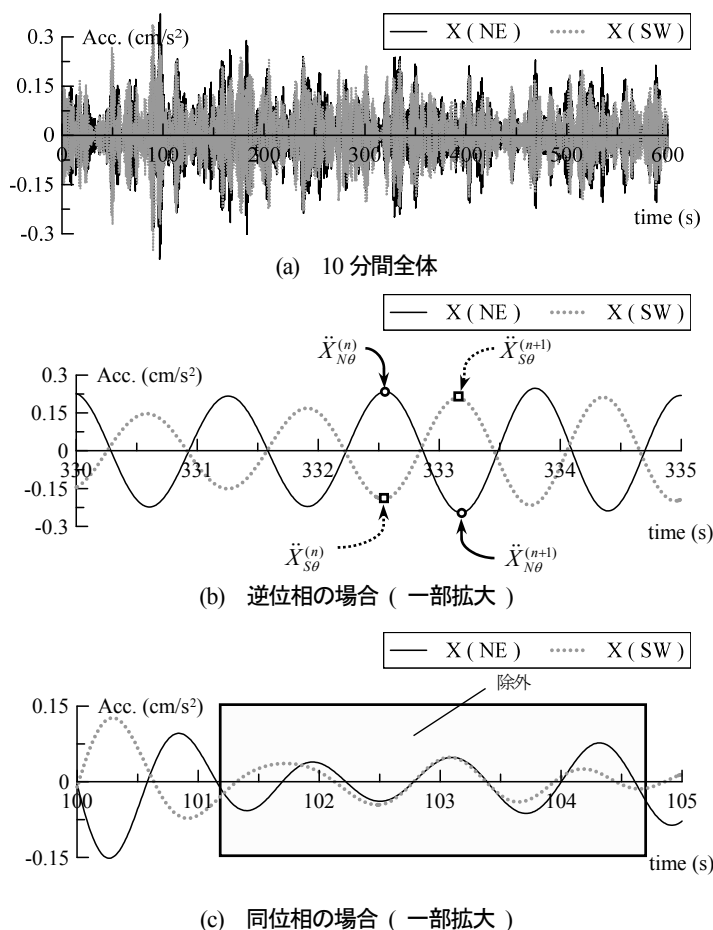


図1 揺れ成分の加速度時刻歴波形 (caseD 16:20)

2.2 揺れ回転中心位置の推定方法

図2に揺れ回転中心位置の推定に関する概略図を示す。2.1節、図1に示したX(NE)、X(SW)の揺れ成分の加速度の時刻歴波形から、加速度のピーク値をそれぞれ1サイクル毎に抽出する。まず、X(NE)方向の n サイクル目のピーク発生時刻およびピーク値 $\ddot{X}_{N\theta}^{(n)}$ を抽出し、X(NE)方向で観測されたピーク発生時刻から ± 0.1 秒以内かつX(NE)と逆符号で観測された n サイクル目のX(SW)方向のピーク値 $\ddot{X}_{S\theta}^{(n)}$ を抽出する。本報では、揺れ回転中心位置 $Y_1^{(n)}$ を式(1)で定義する。

$$Y_1^{(n)} = \frac{\ddot{X}_{S\theta}^{(n)}}{\ddot{X}_{S\theta}^{(n)} - \ddot{X}_{N\theta}^{(n)}} \times D \quad (1)$$

ここで、 D : J2棟の長手方向の長さ(46.2 m)を表す。

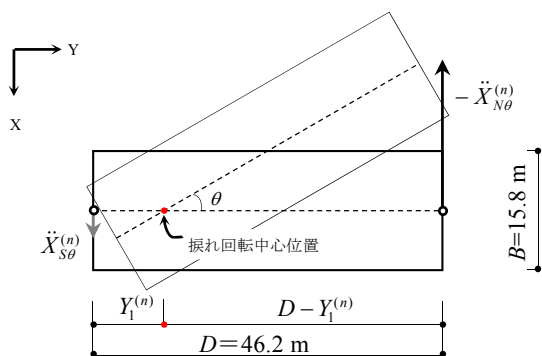


図2 振れ回転中心位置の推定に関する概略図

3. 振れ回転中心位置の推定結果

10 分間における振れ回転中心位置を確認するために、図3に各強風イベントで最大瞬間風速を記録した10分間における、20階の振れ回転中心位置の時系列変化を示す。振れ回転中心位置 $Y_l^{(n)}$ はJ2棟長手方向の長さ D を除することで値を基準化している。なお、時刻はX (NE) 方向のピーク値の発生時刻を使用している。図3より、振れ回転中心位置は時々刻々と変動しており、最大で建物端部に位置することが確認できる。

次に、振れ回転中心位置の10分間毎の平均値 μ_T および標準偏差 σ_T から、1日における振れ回転中心位置が建物中心からどれだけ変動するかを確認する。

図4にcaseA～caseEの1日の20階における、J2棟長手方向の長さ D に対する振れ回転中心位置の10分間毎の平均値 (μ_T/D) を示す。図4より、1日の長手方向の長さ D に対する振れ回転中心位置の10分間毎の平均値 (μ_T/D) は、最大でcaseC (2006年9月7日) の1:20において、建物中心位置から南側に約0.08の変動であり、約1.8m変動することを確認した。

図5に長手方向の長さ D に対する1日の振れ回転中心位置の10分間毎の標準偏差 (σ_T/D) および建物頂部の風速 U_H m/sを示す。図5より、1日の長手方向の長さ D に対する10分間毎の標準偏差 (σ_T/D) は、最大でcaseC (2006年9月7日) の1:50において約18%である。また、風速の増大に伴い、ばらつきが大きくなることが確認できる。

図3～5で振れ回転中心位置が建物中心位置からどれだけ変動しているかを確認した。1日の10分間における振れ回転中心位置は時々刻々と変動しており、最大で建物端部に位置する場合があることを確認した。また、1日の10分間毎の振れ回転中心位置の平均値は、最大で建物中心位置から南側に0.08の変動であることを示した。実挙動時の振れ回転中心位置は、観測された5つの強風イベントにおいては概ね建物中心位置であることが確認できたが、最大で約18%ばらつく場合があった。また、風速の増大に伴い、ばらつきが大きくなる傾向があるため、居住性能評価の際は留意する必要がある。

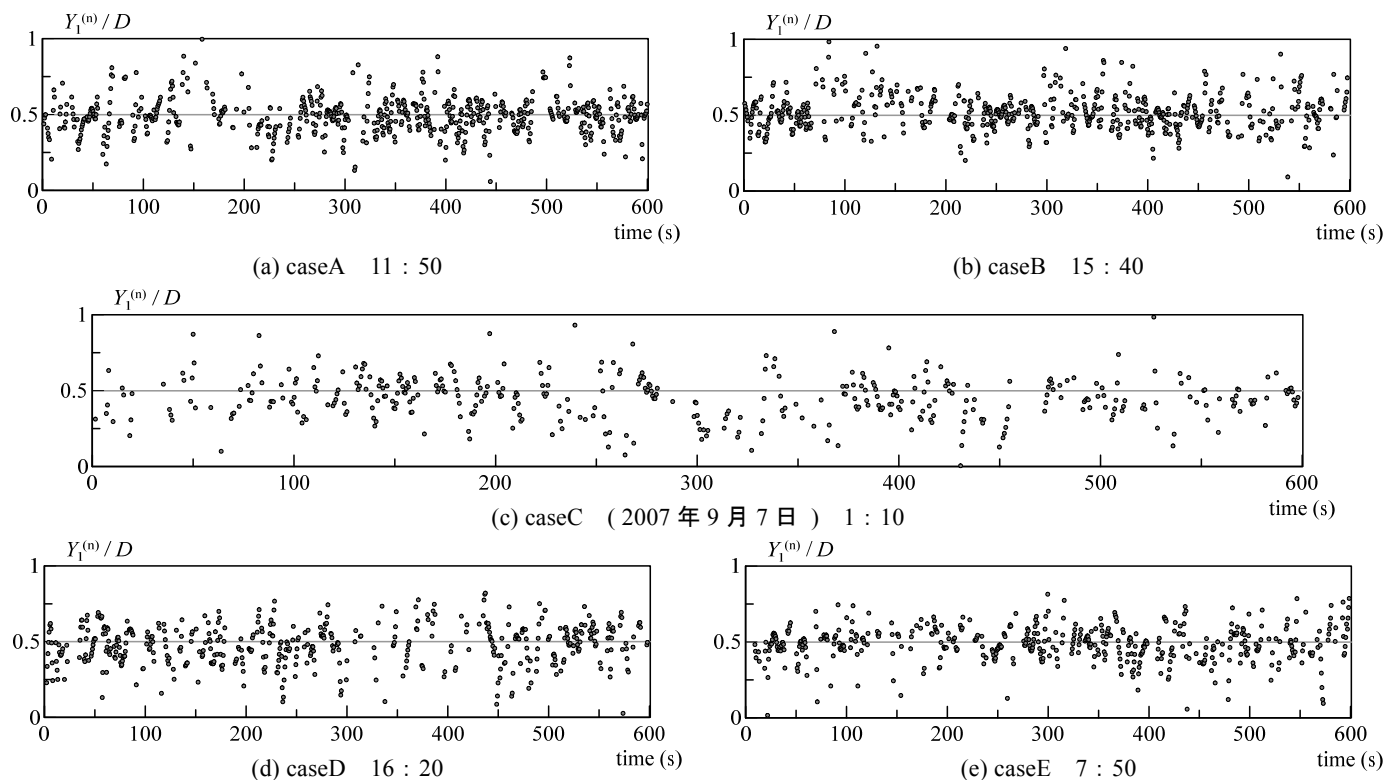


図3 最大瞬間風速発生時の10分間における振れ回転中心位置の時系列変化

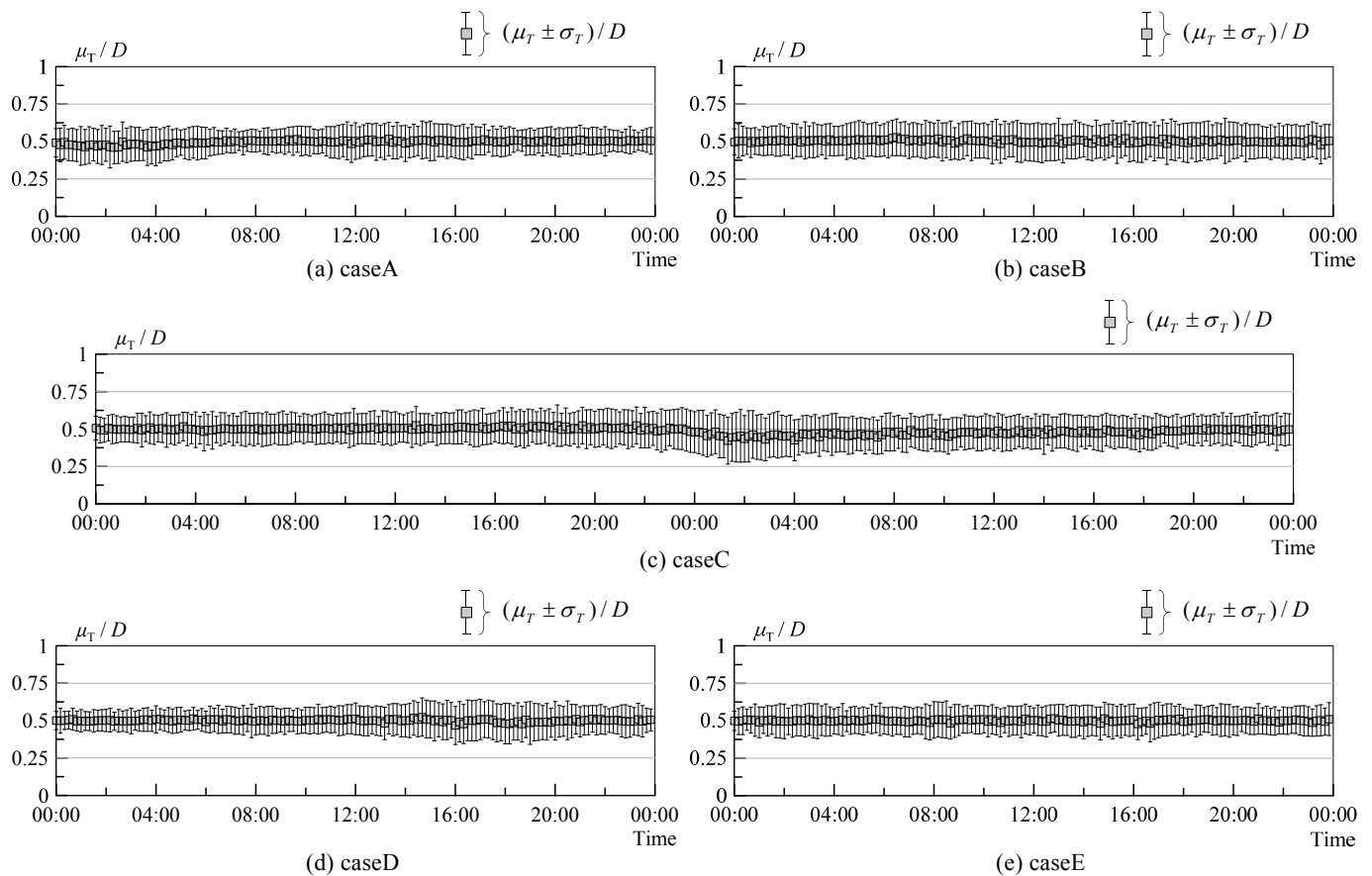


図4 振れ回転中心位置の10分間毎の平均値と標準偏差

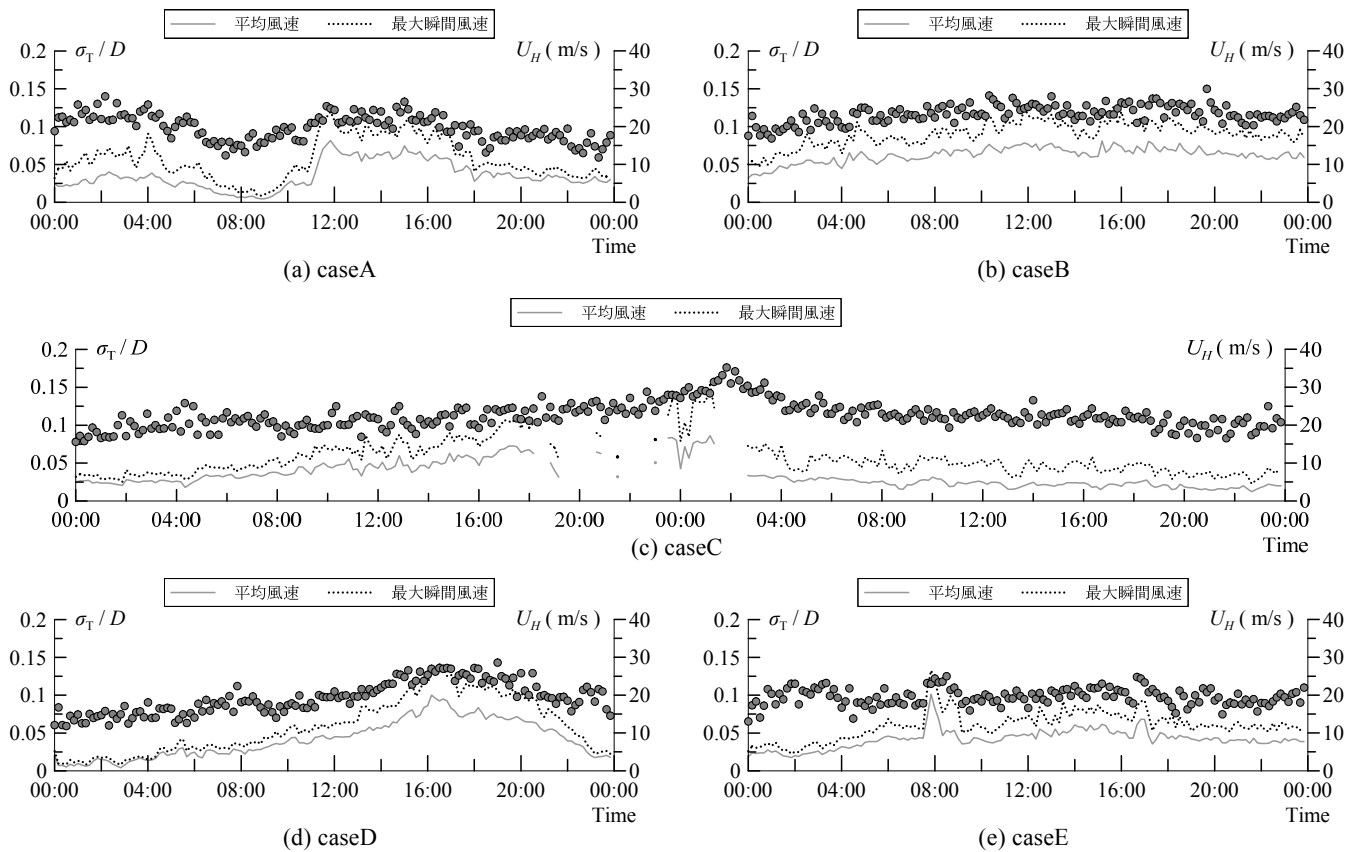


図5 振れ回転中心位置の10分間毎の標準偏差と頂部風速

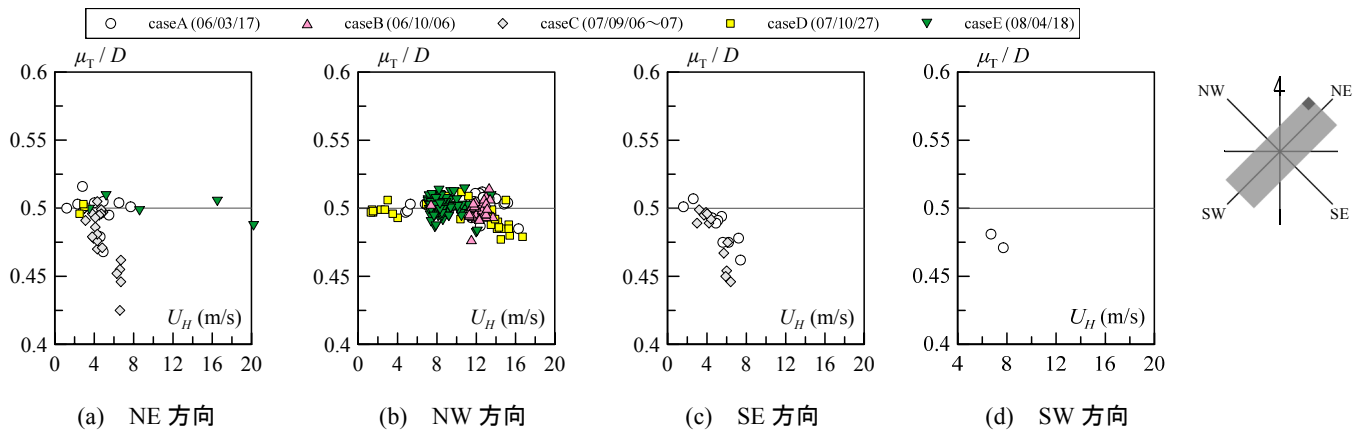


図6 風向毎の振れ回転中心位置の10分間の平均値

4. 風向毎の振れ回転中心位置の10分間の平均値

振れ回転中心位置が、風向によりどのような変動を示すかを分析するために、図6に風向がNE方向、NW方向、SE方向、およびSW方向のときの各強風イベントの長手方向の長さ D に対する振れ回転中心位置の10分間毎の平均値(μ_T/D)を示す。同図では、 μ_T/D の値が0.5よりも大きい場合は振れ回転中心位置はX(NE)側に位置し、0.5よりも小さい場合はX(SW)側に位置することを示している。図6より、5つの強風イベントにおける4方向からの風向において、振れ回転中心がX(NE)側に位置する場合は、 μ_T/D の値は建物中心位置から最大で約0.03の変動であり、X(SW)側に位置する場合は最大で約0.08の変動であることが確認できる。また、風速の増大に伴い、振れ回転中心位置の10分間毎の平均値が大きく変動する傾向が見られた。

5. まとめ

本報その2では、超高層免震建物である東京工業大学J2棟を対象に、風応答時の振れ回転中心位置の推定方法および推定結果に関して報告した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 本報で示した振れ回転中心位置の推定方法は、フィルター処理を行い振れ成分を抽出した加速度時刻歴波形を用いている。風速の増大により並進と振れの固有振動数が近接するとBPFの処理では並進と振れの完全な分離が難しくなるため推定時には留意する必要がある。
- (2) 振れ回転中心位置は時々刻々と変動しており、最大で建物端部に位置する場合があることを確認した。
- (3) 振れ回転中心位置の10分間毎の平均値より、振れ回転中心位置は、建物中心位置から最大で約0.08の変動を示した。
- (4) 振れ回転中心位置の10分間毎の平均値は最大で約18%ばらつく場合があり、風速の増大に伴いばらつきが大きくなる傾向があるため、居住性能評価の際は留意する必要がある。
- (5) 風速の増大に伴い、振れ回転中心位置の10分間毎の平均値が大きく変動する傾向が見られた。

謝辞

本研究は、東京工業大学田村研究室、(株)風工学研究所、東京工業大学佐藤研究室による研究会の一部です。本研究を進めるにあたり、神奈川大学工学研究所大熊武司客員教授、(株)泉創建エンジニアリング片桐純治博士、(株)日建設による新耐風設計法研究会から貴重なご意見をいただきました。ここに記して、感謝の意を表します。また、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GOCEプログラムから提供していただいたものであります。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本免震構造協会運営委員会：2014年度免震制振建物データ集積結果，MENSIN，No.89，pp.20-25，2015.8
- 2) 安井八紀，大熊武司，小賀伸一，下村洋一：中高層免震建物の強風時挙動観測，第17回風工学シンポジウム論文集，pp.445-450，2002
- 3) 金子美香，田村和夫，藤井邦雄，上田宏：振れを考慮した高層建物の風応答解析，日本建築学会学術講演梗概集(九州)，1989.10
- 4) 嶋田健司，田村幸雄，藤井邦雄，若原敏裕：高層建築物の風によるねじれ振動，日本建築学会学術講演梗概集(中国)，1990
- 5) 下村洋一，大熊武司，安井八紀，小賀伸一：神奈川大学23号館(免震棟)の風応答性状に関する研究(その3 地震風応答観測概要および常時微動測定)，日本建築学会学術講演梗概集，B-1，pp.207-208，2002.8
- 6) 小賀伸一，大熊武司，安井八紀，下村洋一：神奈川大学23号館(免震棟)の風応答性状に関する研究(その4 風応答観測結果)，日本建築学会学術講演梗概集，B-1，pp.209-210，2002.8
- 7) 村上智一，佐藤大樹，田村哲郎，普後良之，吉江慶祐，笠井和彦，佐藤利昭，北村春幸：強風時の観測記録に基づく超高層免震建物の実挙動の分析，構造工学論文集，Vol.62B，2016.3
- 8) 市原義孝，佐藤大樹，大木洋司，盛川仁，山田哲，坂田弘安，山中浩明，笠井和彦，和田章，北村春幸：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2 風応答特性および振動数の変化)，日本建築学会学術講演梗概集(中国)，pp.311-312，2008.9
- 9) 菊地岳志，藤森智，竹内徹，和田章：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.217-225，2005.12
- 10) 大木洋司，山下忠道，盛川仁，山田哲，坂田弘安，山中浩明，笠井和彦，和田章：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
- 11) 佐藤大樹，鈴木勇人，田村哲郎，普後良之，中村修，笠井和彦，北村春幸：超高層免震建物の観測記録に基づく風応答の分析，第22回風工学シンポジウム論文集，pp.251-256，2012.12
- 12) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会，pp.107-109，2004.6.30発行

*1 東京工業大学 *2 (株)風工学研究所 *3 (株)日建設