

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	超高層免震建物の観測記録に基づく風応答および居住性評価 その2 2024年台風7号接近時の風揺れとアンケート調査の分析
Title(English)	Evaluation of wind-induced vibration habitability of baseisolated high-rise buildings based on observation records Part.2 Analysis of wind shaking and questionnaire survey for approaching typhoon No. 7 in 2024
著者(和文)	清谷直生, 佐藤大樹, 普後良之, 陳引力
Authors(English)	Naoki Kiyotani, Daiki Sato, Yoshiyuki Fugo, Yinli Chen
出典 / Citation	日本建築学会関東支部研究報告集, , , pp. 421-424
Citation(English)	, , , pp. 421-424
発行日 / Pub. date	2025, 3
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

超高層免震建物の観測記録に基づく風応答および居住性評価

その 2 2024 年台風 7 号接近時の風揺れとアンケート調査の分析

構造－振動

準会員○ 清谷直生 * 1 正会員 佐藤大樹 * 2
正会員 普後良之 * 3 ” 陳 引力 * 4

超高層免震建物 風応答観測記録 アンケート調査
再現期間 1 年 居住性

1. はじめに

本報その 1 では超高層免震建物である東京科学大学 J2-3 棟の観測記録を用いて 2024 年台風 7 号 (T2407) 接近時の風速の評価と加速度記録の分析を行った。T2407 接近時に J2-3 棟屋上で観測された最大風速の再現期間は 1 年未満であり、加速度記録については、捩れ成分や 2 次,3 次成分の影響が大きい結果であった。

本報その 2 では、風揺れの居住性評価と居住者の感覚について実態調査を行う。まず、長期観測記録から再現期間 1 年の風速が発生した強風イベントを整理し、居住性評価を行うことで、傾向を分析する。次に T2407 接近時の居住性評価とアンケート調査結果を比較する。

2. 再現期間 1 年風速発生時の居住性評価

2.1 再現期間 1 年相当の風速を観測した強風イベント

本節では再現期間 1 年風速発生時の居住性評価を行う。表 1 に J2-3 棟頂部で再現期間 1 年以上の風速値を観測した強風イベントを示す。これらのイベント中には再現期間 1 年の風速の時間帯が含まれるため、この時間帯の観測記録を抽出して分析を行う。case B, case C は台風を成因とした強風で、その他のイベントは非台風によるものである。なお、case C では 27.9 m/s の強風を観測しているが、南側の風速計が欠測していたため本報その 1、図 6 の風速別日最大風速分布にはプロットされていない。

図 1 に各強風イベントで再現期間 1 年相当の 10 分間平均風速を観測した風向別データ数を示す。ここではその 1 で推定した再現期間 1 年の風速を基に 21.7 m/s~23.8 m/s (21.7 m/s+10%) の幅を設けて再現期間 1 年相当の風速とした。図 1 より非台風は風向 WSW に集中しており、風向 WSW 以外の風向の風はすべて台風が成因であった。

2.2 加速度処理方法について

再現期間 1 年の風速観測時の加速度記録には、本報その 1 で述べたものとは異なるバンドパスフィルター設定を行う。本報その 1 では T2407 接近時の最大風速発生時

表 1：再現期間 1 年相当の風速値を観測した
強風イベント

名称	日付	日最大風速 (m/s)	その風向	解析に用いた風速計
case A	2017/2/17	23.5	WSW	南側
case B	2018/9/30 -10/1	28.7	S	南側
case C	2019/9/9	27.9	NNW	北側
case D	2021/2/17	23.6	WSW	南側
case E	2023/5/6	22	WSW	南側

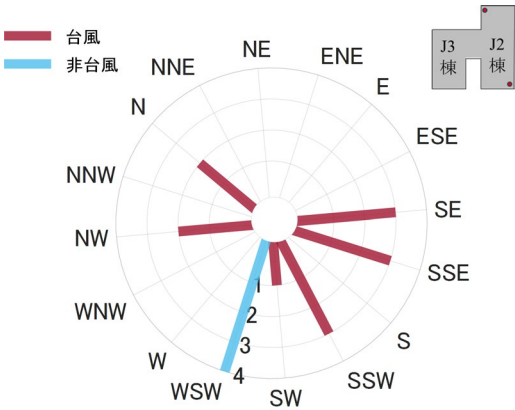


図 1：再現期間 1 年相当の風速を観測した
10 分間平均風速の風向別データ数

付近のいくつかのデータを確認しバンドパスフィルターの周波数設定を行った。ただし、再現期間 1 年相当の風速は T2407 接近時の風速より大きく、加速度の PSD を確認すると各モードの固有振動数と見られるピーク周波数、および各次のピークの谷となる周波数が異なった。従って、本報その 1 と同様の基準により、表 2 に示すバンドパスフィルター設定を行い、各モードの加速度を分離した。

表 2 バンドパスフィルターの設定周波数

対象モード	設定周波数 [Hz]
1 次	0.1~1.0
2 次	1.0~2.0
3 次	3.5~4.5

Evaluation of wind-induced vibration habitability of base-isolated high-rise buildings based on observation records
Part.2 Analysis of wind shaking and questionnaire survey for approaching typhoon No. 7 in 2024

Naoki KIYOTANI, Daiki SATO,
Yoshiyuki FUGO, CHEN Yinli,

2.3 評価結果の分析

図1に示した18データに対しJ2-3棟20階の居住性評価を行う。本報その1のT2407接近時の加速度の分析において2次、3次の加速度が大きいことが確認された。そのため1次～3次を対象に分析を行うこととした。建物20階において4次は本報その1と同様に最大加速度が小さかったため、対象としなかった。

図2に風向別の居住性評価図を示す。風向SE、SSEではX(SW)の3次の加速度が大きく一部のデータは評価レベルH-IVに達した。建物剛芯に近く振れの影響を受けづらいX(EЕ)の加速度が小さく、剛芯から離れており振れの影響を受けると考えられるX(SW)の応答が大きかった。そのため、SE、SSEではねじれ3次と推定されるプロットがこの建物の居住性を決定付ける結果であった。次に、風向NWでは1次モードの加速度が大きく、X(SW)において評価レベルH-IVに達したデータもあった。このプロットにおいてもX(SW)の応答がX(EЕ)よりも大きい。J2-3棟を対象とした平島らの既往研究⁴⁾では剛芯の同定と振れの分離を行った結果、並進と振れの固有振動数が近接することが確認され、1次の並進成分と振れ成分が同位相となる時間にX(SW)で最大加速度を示す場合があ

ったことから、並進と振れをあわせて評価することを提案している。図2のデータにおいても既往研究と同様の現象が起きている可能性がある。

3. T2407 接近時の居住性評価

T2407 接近時において居住性の検討を行う。表3に最大風速を観測した時間帯と風向、図3にその時間帯の1～4次の各加速度記録をプロットした居住性評価図を示す。また、ここでは最上階だけでなく、14階および7階も対象とした。なおこの加速度は本報その1に示すバンドパスフィルター処理により整理したものである。T2407 接近時の評価レベルは最大風速が再現期間は1年未満であったこともあり、すべてH-Iとなった。再現期間1年風速発生時との傾向の違いを述べると、図2の風向NWの1次は2次3次と比べ評価図において居住性が悪い評価を与えたが、図3のT2407 接近時には相対的に20階3次のプロットがH-Iの居住性評価曲線に近く、居住性が悪い側の評価となった。

表3 最大風速を観測した時間帯の風向

時間帯	風向
15:30～15:40	NNW
17:20～17:30	NW
17:30～17:40	NW

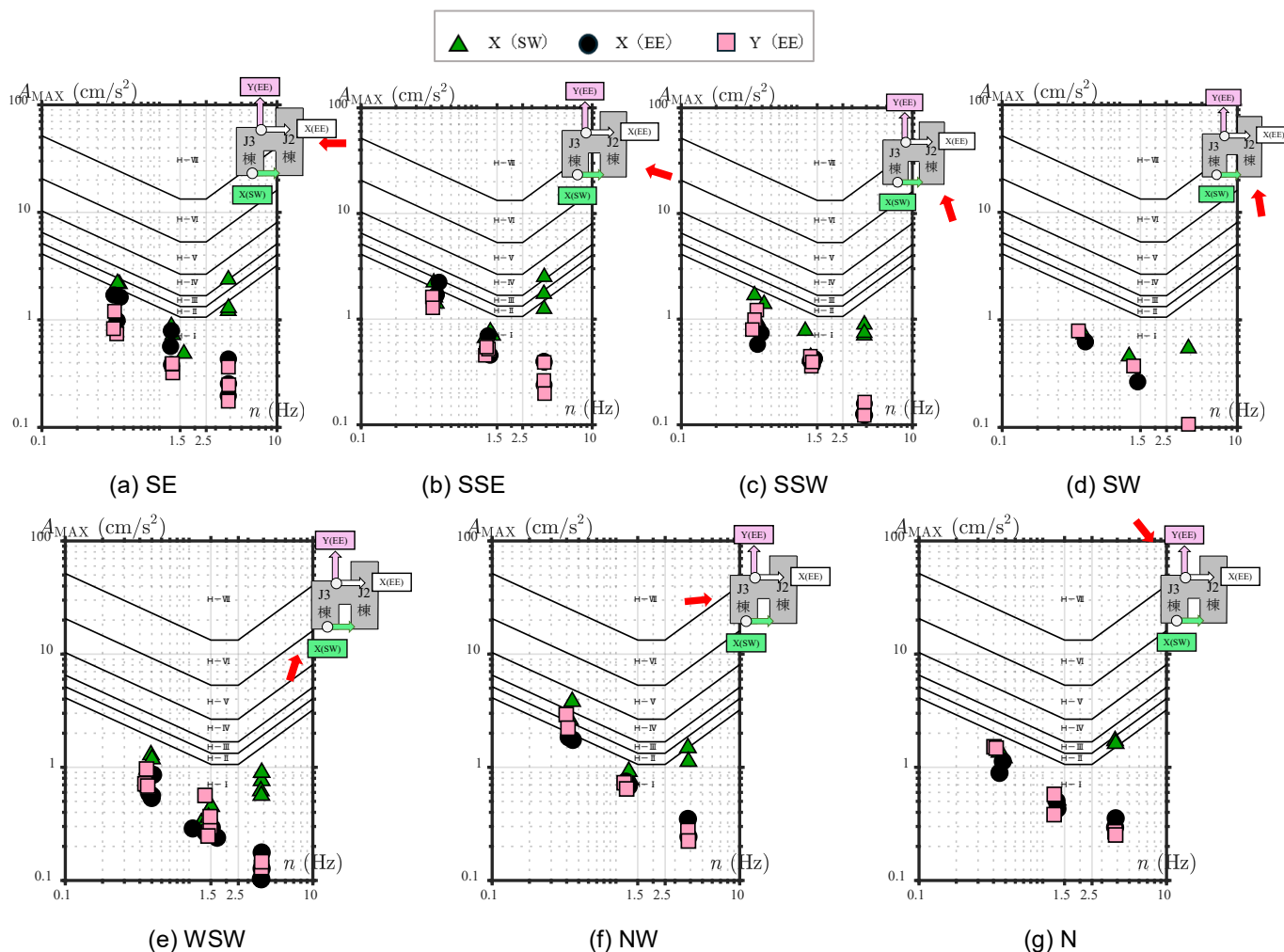


図2：再現期間1年風速発生時の居住性評価図

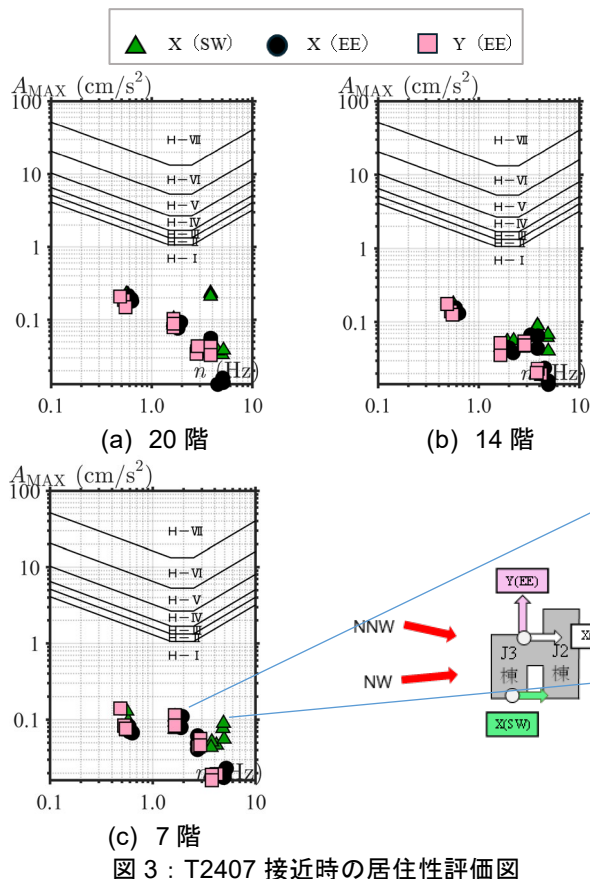


図 3：T2407 接近時の居住性評価図

4. アンケート調査

J2-3 棟滞在者を対象に風揺れに関するアンケート調査を実施した。アンケート用紙は台風最接近時である 8 月 16 日の 15 時～17 時頃を滞在者に直接配布した。表 4 に質問事項を示す。

4.1 アンケート回答者について

回答者の滞在場所を以下の表 5 に示す。また、回答者の性別と身分をそれぞれ表 6, 7, 滞在時間を図 5 に示す。アンケートの回答率は配布数 (57 枚) と回収数 (34 枚) から算出し、約 60%となった。筆者自身も台風接近時の建物内滞在者であるため、アンケートに回答した。

4.2 アンケート結果について

回答者 34 人中、「揺れを感じたか」という表 4 中の質問⑦に対し「はい」を選択した人は 1 人であった。その回答者を A とすると、A の滞在場所は J3 棟の 7 階端部、加速度計 X(SW)に近い部屋であった。回答者 A は揺れ方についての質問⑧で「小刻み」を選択した。そのため、2 次または 4 次の並進もしくは振れ成分を知覚した可能性がある。また、回答者 A は質問⑩で「わりと不安に感じた」を選択し、「何に不安を感じたか」の欄では「一瞬がくつと揺れた瞬間があつて不安だった」と回答した。回答者 A は質問⑪で「わりと不快に感じた」を選択し、「何に不快を感じたか」の欄では「建物のミシミシした音」と回答した。図 3(c)の 7 階の居住性評価図をみると 1 次成分に比

べ、2 次、4 次成分が H-I の居住性評価曲線に近いことが確認される。図 4 に 7 階 X(SW)の最大値が観測された時刻周辺の 2 次および 4 次の加速度時刻歴を示す。2 次の波形では X(SW)で最大値を観測した際に急激な変化が確認され、A の回答に対応する揺れである可能性がある。4 次においては極端なピークを示す波形は確認できなかったが、加速度の積分値である速度または変位には特徴が現れている可能性があるため、今後分析を深めたい。

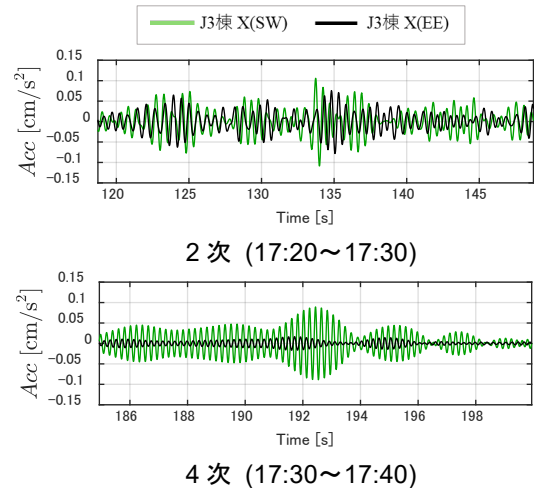


図 4 最大風速観測時 7 階 X(SW)で最大応答加速度を観測した前後の時刻歴波形

5. まとめ

本報では、再現期間 1 年の風速発生時および T2407 接近時の居住性評価と、T2407 接近時に実施したアンケート結果の分析を行った。再現期間 1 年風速発生時には風向 SE, SSE において X(SW)の 3 次、風向 NW で 1 次の加速度が大きくなった。これらの風向では一部データの評価レベルが H-IV に達した。

T2407 接近時の評価レベルは最大風速の再現期間が 1 年未満であったこともあり、H-I となった。20 階では 3 次成分の加速度が比較的大きくなり H-I の居住性評価曲線に近くなった。アンケートを実施した結果、揺れを感じたかについての質問に対し 7 階に滞在していた回答者 A は「はい」を選択した。7 階の居住性評価図をみると 1 次と比べ、2 次、4 次が H-I の居住性評価曲線に近いことが確認された。回答者 A は揺れ方についての質問で「小刻み」を選択したため、2 次または 4 次成分を知覚した可能性がある。加速度時刻歴波形を確認した結果、2 次において X(SW)の最大値付近では急激な変化が確認され、回答者 A の「一瞬がくつと揺れた瞬間があつて不安だった」という回答に対応した揺れである可能性がある。

参考文献

- 1) 日本建築学会:建築荷重指針同解説, 2015.2
- 2) 日本建築学会:建築物の振動に関する居住性評価基準・同解説, 2018.11
- 3) 藤本, 大熊ら: 7920 台風時の建物風圧力および建物振動についての実測結果 (その 2) 建物振動および振動の居住者への影響, 風工学シンポジウム, pp201-208, 1980
- 4) 平島他: 2 棟連結型超高層免震建物の強風観測記録に基づく振れ応答挙動に関する研究その 2 並進・振れ挙動の分析および振れ成分を考慮した知覚確率の評価法の一案案, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 構造 I, 20045, pp. 89-90, 2021.9

表 4：アンケート質問事項

① 今後の耐風設計の発展のためにこのアンケートの内容について分析し、個人が特定されない形で学会等の論文において発表したいと考えています。研究利用することについて同意いただけますか？ ☐ はい（つぎに進む） ☐ いいえ（アンケートは終了です。ご協力ありがとうございました）
② 滞在場所を教えてください。（J2-3 棟 階 室）
③ 性別を教えてください。 ☐ 男性 ☐ 女性
④ 学生ですか？職員ですか？ ☐ 学生（学年： ） ☐ 職員 ☐ その他
⑤ 滞在時間を教えてください。（ 時 分～ 時 分）
⑥ 滞在時の主な作業はなんですか？ ☐ 椅子に座っての作業 ☐ 立っての作業 ☐ その他（ ）
⑦ 揺れを感じましたか？ ☐ はい ☐ いいえ
⑧ ⑦で「はい」と答えた人に質問です。揺れ方について以下から1つ選んでください。 ☐ ゆっくり ☐ 小刻み ☐ その他（ ）
⑨ ⑦で「はい」と答えた人に質問です。揺れに気が付いたきっかけについて以下から選んでください。 ☐ からだで感じた。 ☐ 外の景色をみて気が付いた。 ☐ 音によって気が付いた。 ☐ 建物内の物の動きを見て気が付いた。 ☐ 他の人に指摘されて気が付いた。 ☐ その他（ ）
⑩ 以下から1つ選んでください。 ☐ かなり不安を感じた。=>（何に不安を感じたか： ） （特に不安を感じた時間帯： 時 分～ 時 分） ☐ わりと不安を感じた。=>（何に不安を感じたか： ） （特に不安を感じた時間帯： 時 分～ 時 分） ☐ あまり不安を感じなかった。 ☐ まったく不安を感じなかった。
⑪ 以下から1つ選んでください。 ☐ かなり不快であった。=>（何に不快を感じたか： ） （特に不安を感じた時間帯： 時 分～ 時 分） ☐ わりと不快であった。=>（何に不快を感じたか： ） （特に不安を感じた時間帯： 時 分～ 時 分） ☐ あまり不快ではなかった。 ☐ まったく不快ではなかった。

表 5：アンケート回答者の滞在場所

階数	J2 棟	J3 棟	計
20		2	2
19			
18			
17	2	1	3
16		3	3
15	2		2
14	1	1	2
13			
12	1	3	4
11			
10			
9	1	1	2
8			
7		3	3
6			
5	1		1
4		7	7
3	1		1
2	3		3
その他			1
計	11	20	34

表 6：回答者性別

男	女性
23	11

表 7：回答者身分

職員	学生	その他
18	14	2



図 5：回答者滞在時間

*1 学生会員 東京科学大学 学生
 *2 東京科学大学 総合研究院 准教授・博士（工学）
 *3 (株)風工学研究所
 *4 東京科学大学 総合研究院 助教・博士（学術）

Undergraduate Student, Institute of Science Tokyo*¹
 Associate Professor, IIR, Institute of Science Tokyo, Dr.Eng*²
 Wind Engineering Institute, Co., Ltd.*³
 Assistant Professor, IIR, Institute of Science Tokyo, Ph.D.*⁴