

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	長期観測記録に基づく超高層免震建物の増築前後の風応答加速度の比較 その1 対象建物の風観測状況と近隣観測所との風速・風向相関について
Title(English)	Comparison of wind response of a high-rise base-isolated building before and after expansion based on observation records part 1 outline of wind observations for the target building and correlations with nearby observation stations
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, Ⅰ, , pp. 565-568
Citation(English)	, Ⅰ, , pp. 565-568
発行日 / Pub. date	2026, 3
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

長期観測記録に基づく超高層免震建物の増築前後の風応答加速度の比較 その1 対象建物の風観測状況と近隣観測所との風速・風向相関について

構造—振動

正会員○ 清谷直生^{*1}正会員 佐藤大樹^{*2}〃 普後良之^{*3}〃 陳 引力^{*4}

超高層免震 風応答 風速・風向相関

横浜地方気象台 長期観測 欠測補間

1. はじめに

近年、超高層建物にも免震構造が積極的に採用されるようになってきている¹⁾。建物が高層になるほど、または固有周期が長くなるほど風荷重が増大するため、固有周期の長い超高層免震建物における風揺れ評価が重要となる。免震建物を対象とした、解析に基づく風応答予測に関する研究は行われている。しかし、免震建物の風応答観測記録について報告された例は国内外で殆ど無く、数値的にモデル化した建物と実建物の風応答特性の整合性には不明な点が多い。

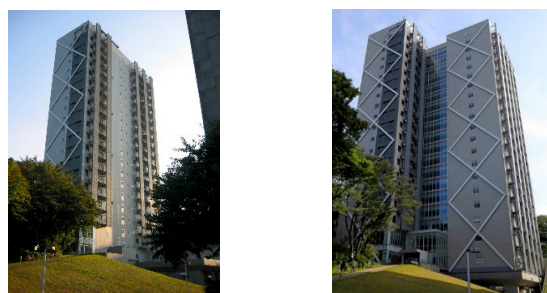
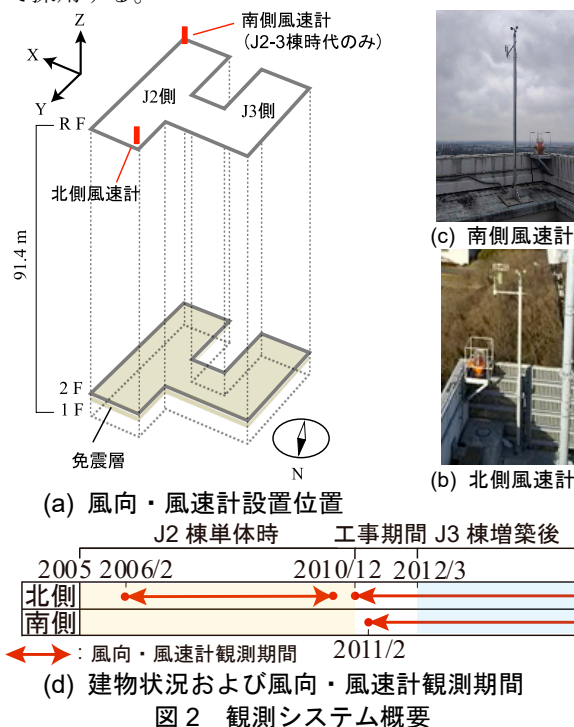
そのような背景を受けて、筆者らはこれまで、東京科学大学(旧東京工業大学)の扁平な平面形状を有する超高層免震建物であるJ2棟(図1(a))を対象に、強風時の実挙動の分析を実施してきた(例えば2)~4)。その後、J2棟に連結する形でJ3棟(以下J2-3棟(図1(b)))が増築された。筆者らはこのJ2-3棟に対しても風応答挙動の分析を行っている(例えば5),6)。しかし、J2棟とJ2-3棟の検討を通して得られた免震建物の風応答挙動についての知見を一般化するまでには至っていない。

本研究では、J3棟増築前後における風応答の違いを観測記録に基づいて分析し、その差が生じた要因を、風力特性および構造特性の違いに着目して詳細に検討する。これらの分析を通して、免震建物の風応答挙動に関する一般的な知見を抽出することを目的とする。本報ではその第一段階として観測記録を整理し、増築前後の風応答を比較する。本報その1ではJ2棟風向・風速記録の観測状況と、欠測に対し近隣の気象官署の風観測記録を用い補

完を検討した結果について報告する。その2では増築前後の応答加速度を比較した結果について報告する。

2. 対象建物の風観測システムについて

J2棟およびJ2-3棟の建物高さは91.4mであり、1階が半地下で免震層は1階と2階の間にある。図2に本報で対象とする風向・風速の計測概要を示す。風向・風速計は図2(a)に示すようにJ2側の屋上階の北側(図2(b))と南側(図2(c))にそれぞれ1機ずつあり、屋上外壁の頂部から約4mの高さに設置されている^{2),3)}。風速は本研究では10分間平均値を参照する。風向は正16方位で記録され、10分間の最多出現風向で評価される⁴⁾。図2(d)に建物状況と各期間の風向・風速計観測状況を示す。J2棟単体時には観測記録は北側風速計のみであり、南側の観測記録が現存するのはJ3棟の増築工事中以降である。北側、南側の風速・風向観測記録がともに残されている時期のJ2棟風向・風速計のデータを用いる際には、10分間ごとに両者の風速を比較し、値の大きい方の風速・風向を代表値として採用する。



(a) J2棟 (b) J2-3棟

図1 対象建物外観

Comparison of wind response of a high-rise base-isolated building before and after expansion based on observation records part 1 outline of wind observations for the target building and correlations with nearby observation stations

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

本研究では、増築前後の風応答を比較し、一般性を抽出するためには、可能な限り多くの風向を対象として分析することが望ましいと考えた。北側の風向・風速計が扱えるのは北よりの風、南側の風向・風速計が扱えるのは南寄りの風であるが、J2 棟単体時には南側の観測記録が現存しないため、本報では南側の風向・風速記録を近隣の観測所の風観測記録を用いて補完することを試みる。

3. 近隣の気象官署および公害監視測定局について

図 3 に本報で検討対象とする気象官署および公害監視測定局（以下総称して測定局と記す）と J2 棟との位置関係を示す。三保測定局（以下「三保」）は J2-3 棟の東約 4 km、海老名測定局（以下「海老名」）は南西約 12 km、横浜測定局（以下「横浜」）は南東約 17 km に位置している。表 1 に J2 棟単体時の風速・風向観測状況を示す。各々の測定局の特徴を挙げると、横浜では、2008 年 6 月 24 日以前は 1 時間に 1 回の観測記録が保存されているのに対し、2008 年 6 月 25 日以降には 10 分間隔で保存されている。また、三保のデータは J2 棟単体時、J3 棟増築後を通じて 1 時間に 1 回の間隔で保存されている。これら測定局は時間間隔の都合上、他と比較して分析可能なデータ数が少ない。一方、海老名は J2 棟単体時、J3 棟増築後ともに 10 分間隔で保存されており、データ数という観点では十分である。しかし、J2 棟単体時における海老名の風速分解能は、他の測定局が 0.1 m/s 単位であるのに対し 1 m/s 単位と粗い。以上より、各測定局の特徴は一長一短であり、これらの情報のみでは本報で用いる風向・風速記録を用いた検討に不十分であると判断した。そのため、次章では J2 棟風向・風速計と近隣測定局の風観測状況を詳細に分析し、本報で用いる風向・風速記録を検討する。



図 3 各気象台の位置関係

表 1 J2 棟単体時の観測状況⁷⁾⁻¹⁰⁾

観測所名	風速計高さ[m]	データ間隔	備考
J2 棟	95.4	10 分	J2 棟単体時：南側観測記録なし
横浜	19.8	1 時間：～2008/6/24 10 分：2008/6/25～	2008/6/24 に時間間隔が変更されている。
三保	20	1 時間	J2 棟最寄り観測所
海老名	6.5	10 分	2008/3/25 まで風速分解能は 1 m/s 単位

4. 近隣測定局と J2 棟の風向・風速記録の相関について

4.1 風向記録の概要について

図 4 に、J2 棟単体時および J3 棟増築後における、J2 棟と近隣測定局の風向発生頻度を示す。図 4(a)に示す J2 棟

単体時の結果を見ると、J2 棟風向計では NW および NNW の発生頻度が 10%以上と比較的高いことが分かる。この傾向は、最寄りの観測所である三保においても確認される。さらに、図 4(b)に示す J3 棟増築後では、J2 棟風向計と横浜測定局における SE～WSW（本報では時計回りを正とする）の風向発生頻度の差は±3%以内に収まっており、両者は概ね一致している。北側と南側は傾向が異なるため、それぞれを個別に分析する。

4.2 北側の風向記録の分析

図 5 に J2 棟単体時の J2 棟（北側のみ）と三保の風向相関を示す。図中の数値は対象期間における各カテゴリのデータ数であり、全データ数に対する各カテゴリのデータ数の比率を凡例としたヒートマップを示している。図 5 より、J2 棟において風向 WNW～NNE が観測された場合、三保では同一風向または隣接風向が観測される割合が最も高いことが確認される。このことから、J2 棟北側風向計は風向 WNW～NNE に対しては比較的精度良く観測できていると考えられる。一方、図 4 の海老名および横浜の発生頻度は J2 棟風向計とは異なり風向 N の発生頻度が 30%以上と卓越しており、これらの測定局における北側の風向発生頻度は、J2 棟風向計とあまり対応していないことが確認される。また、図 4(a)に示す J2 棟単体時の風向発生頻度から、風向 NE～ESE の発生頻度は約 10%と比較的大きいことが確認される。一方、図 4(b)に示す J3 棟増築後には同様の傾向は認められない。そこで、図 5 の J2 棟単体時における J2 棟と三保の風向相関に着目すると、J2 棟風向計で風向 NE～ESE が観測された時刻には、三保では風向 S または SSW が観測される割合が最も高いことが分かる。これより、北側風向計の風向 NE～ESE の記録には以下の 2 つのものが含まれていると判断される。(1)実際の風向が NE～ESE であり、かつその風向を正確に観測したと考えられるデータである。(2)実際の風向が S～SSW であるが、J2 屋上で生じる乱流によって風向 NE～ESE と検知されたデータである。

次に、図 4(b)に示す J3 棟増築後の J2 棟風向計の風向 NW の発生頻度は図 4(a)の J2 棟単体時の頻度と比較して増加していることが分かる。図 6 に、J3 棟増築後における J2 棟と横浜の風向相関を示す。図 6 より、横浜で風向 W ～N が観測された場合、J2-3 棟では風向 NW を観測する割合が最も高いことが分かる。図 7 に、J3 棟増築後における北側風向計位置付近からの NW 方向の景観を示す。この方角には J3 棟が存在している。これより、J2 棟風向計の風向 NW の記録は建物自身の影響を受けていることが考えられる。

J2 棟単体時の NE～ESE や J3 棟増築後の風向 NW については建物自身の影響を受け、風向が歪んでいるデータが確認されるが、J2 棟風向計よりも正確に現地風向を把握することが可能な測定局は見当たらない。そのため、本報で

はこれら風向に対しても風向記録に歪があることを留意しつつ、J2 棟頂部風向・風速記録を使用する方針とした。

4.3 南側の風向記録の分析

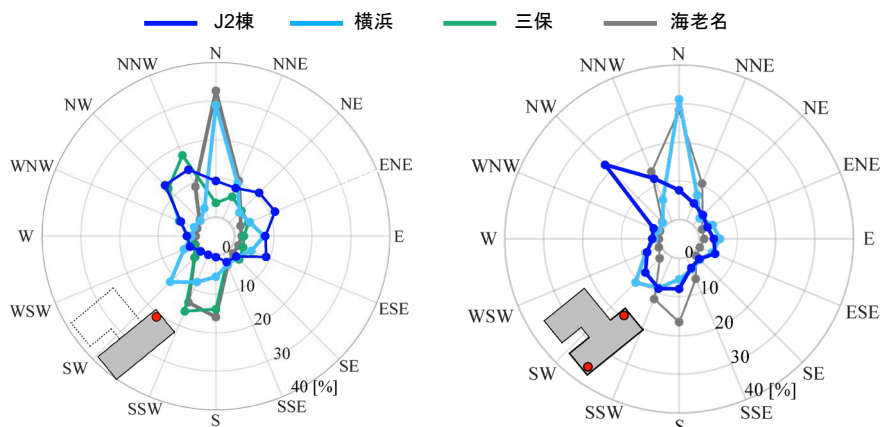
図 6 の J2 棟と横浜の風向相関を見ると、風向 SE～WSW における J2-3 棟と横浜の相関は高く、横浜の記録を用いて J2 棟の風向を評価することはおおむね妥当と考えられる。図 8 に、横浜と J2 棟の風向 SE～WSW の風速相関を示す。図中には、横浜で観測された風速記録を 1 m/s ごとに分割し、データ数が 10 以上となる区間を対象として平均化したビン(■)と、これらのビンに対し最小二乗法によって算出した回帰直線およびその決定係数 R^2 を併記している。なお、 R^2 は少数第 3 位を四捨五入して示している。各風向の回帰曲線の R^2 は 0.95～1.00 となり、ビンは概ね直線状に位置していることが確認される。これら分析結果より、風向 SE～WSW において、J2 棟と横浜の 10 分間風向・風速記録は他の気象台と比較して相関性が高いと考えられる。そのため、これらの風向については横浜の風速を、回帰直線を用いて補正を行い使用することとした。ただし、横浜と J2 棟の距離に起因する時間差や周辺地形の違いによるばらつきは不可避である。そこで、増築前後の風応答を同一の条件で比較するため、風向が南側の加速度記録を

分析するには増築前後を通して横浜の風速を使用する。

5. まとめ

本報その 1 では J2 棟の風観測状況について示した。また、J2 棟風向・風速計と近隣の測定局との相関について分析した。得られた知見を以下に示す。

- (1) J2 棟単体時の J2 棟北側風向計記録は風向 WNW～NNE に関して最寄りの観測所と概ね一致しており、比較的精度良く観測できていると考えられる。
- (2) J2 棟単体時の J2 棟の風向 NE～ESE の発生頻度は増築後および近隣の気象台と比較して大きい。また、J3 棟増築後には、増築前と比較して風向 NW の発生頻度が増加している。これら風向については建物自身の影響を受けている可能性があるが、J2 棟風向計よりも正確に現地風向を把握することが可能な観測点は存在しない。そのため、本報ではこれら風向に対しても風向記録に歪があることを留意しつつ、J2 棟頂部風向・風速記録を使用する方針とした。
- (3) 風向 SE～WSW において、J2 棟と横浜地方気象台の 10 分間風向・風速は相関性が比較的高いと考えられる結果が得られた。これら風向に対しては横浜気象台の記録を補正して用いるものとした。



(a) J2 棟単体時 (2007 年) (b) J3 棟増築後 (2014 年)

図 4 風向発生頻度



図 7 J3 棟増築後の北側風速計位置付近における NW 方向の景観

J2 wind direction	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
NNE	234	65	11	7	8	20	29	241	105	6	3	7	15	47	212	45
NE	381	173	38	18	10	21	27	527	289	14	2	4	15	23	58	50
ENE	169	283	176	38	20	16	21	457	460	13	6	5	7	14	26	56
E	41	70	279	138	70	37	42	157	296	17	5	4	4	7	16	58
ESE	21	50	74	183	300	340	95	155	364	50	7	10	8	9	5	64
SE	2	1	4	3	11	19	16	51	278	35	6	2	3	7	2	21
SSE	4	3	5	9	15	29	27	83	185	40	10	3	9	3	5	25
S	0	1	1	1	10	7	13	36	40	18	3	2	4	1	1	26
SSW	0	0	0	1	3	8	5	19	25	6	2	3	0	0	1	6
SW	0	0	1	3	2	7	4	16	44	30	6	5	5	5	0	12
WSW	1	2	2	3	15	37	33	31	96	94	34	39	16	10	9	36
W	10	4	1	4	10	21	33	29	34	41	55	84	78	34	10	45
WNW	9	7	4	3	12	30	41	67	28	25	34	82	260	236	47	78
NW	34	20	4	8	8	18	27	61	17	4	13	42	311	1183	867	65
NNW	46	21	4	5	1	7	23	71	24	2	0	14	68	451	1493	54
N	107	25	13	5	4	5	10	55	19	5	3	2	30	98	610	31
Miho wind direction	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N

図 5 J2 棟単体時における J2 棟と三保の風向相関 (2007/1～2009/12)

その2ではその1で選定した風観測記録, J2 棟単体時と J3 棟増築後の加速度記録を用いて風応答を比較する。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本免震構造協会, 免震制振データ集積 : <https://www.jssi.or.jp/data_accumulation> (2025 年 5 月)
- 2) 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
- 3) 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, pp.329-337, 2016.3
- 4) 普後良之, 佐藤大樹, 田村哲郎, 勝村章: 強風時観測記録により同定した超高層免震建物の構造特性と居住性評価予測, 構造工学論文集 Vol.66B, pp.287-294, 2020.3
- 5) 平島裕大, 佐藤大樹, 普後良之, 田村哲郎: 風観測記録に基づく超高層免震建物における加速度ピークファクタの分析, 日本建築学会技術報告集, 第 66 号, pp.650-655, 2021.6
- 6) 清谷直生, 佐藤大樹, 普後良之, 陳引力: 超高層免震建物の観測記録に基づく再現期間 1 年風速および居住性評価, 日本建築学会技術報告集, No. 82, pp. 92-97, 2026.2
- 7) 気象庁過去のデータ検索 : <<https://www.data.jma.go.jp/stats/etn/>> (2025 年 6 月)
- 8) 気象庁, 地域気象観測所一覧 : <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/ame_master.pdf> (2025 年 6 月)
- 9) 気象観測統計指針 : <<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/stats/index.html>> (2025 年 6 月)
- 10) 横浜市環境監視 : <https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/kankyohozen/kansoku/kanshi_center/sanko/fuukoufuusoku.html> (2025 年 6 月)

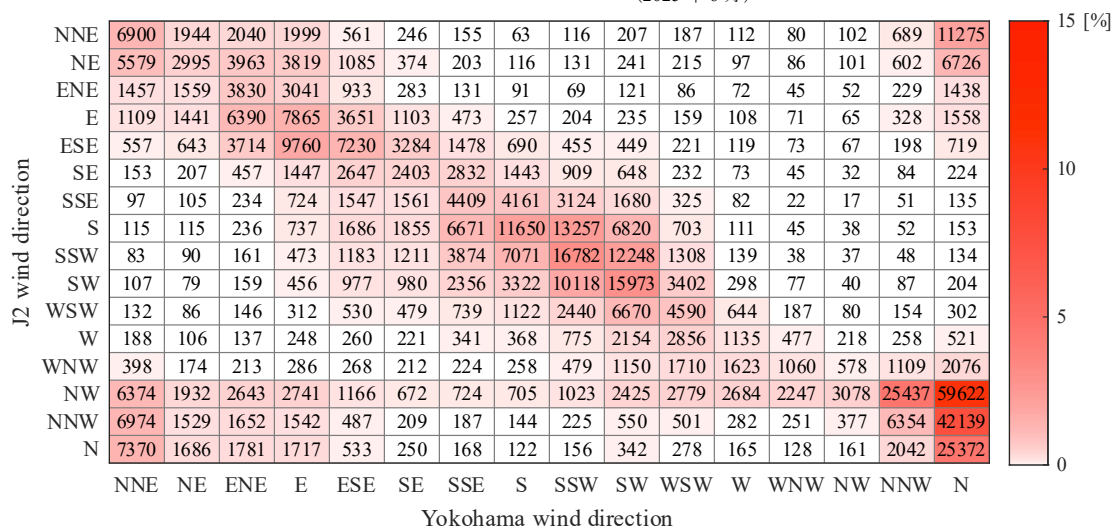


図 6 J3 棟増築後における J2 棟と横浜地方気象台の風向相関 (2012/1~2023/12)

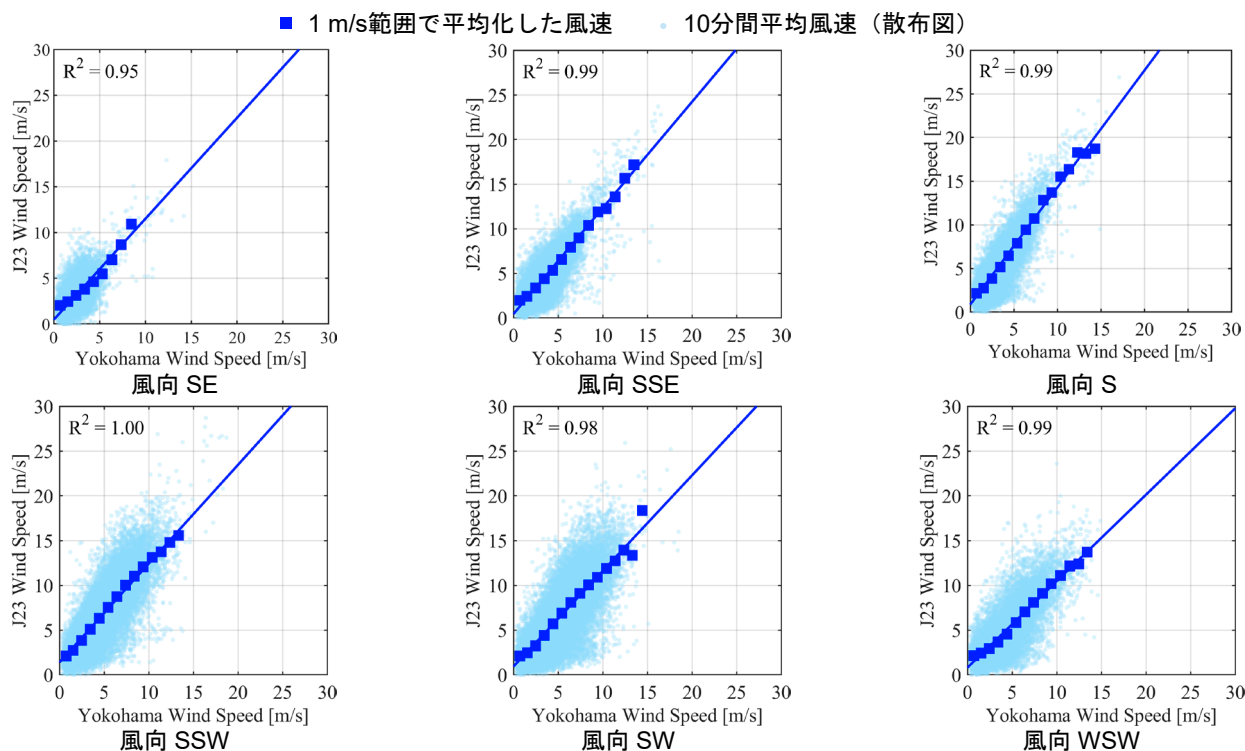


図 8 J3 棟増築後における J2 棟と横浜地方気象台の風速相関 (2012/1~2023/12)

*1 東京科学大学 環境社会理工学院 大学院生
 *2 東京科学大学 准教授・博士 (工学)
 *3 (株)東京耐風コンサルティング
 *4 東京科学大学 助教・博士 (学術)

Graduate Student Institute of Science Tokyo *1
 Associate Professor, Institute of Science Tokyo, Dr. Eng. *2
 Tokyo Wind-Resilience Consulting Co., Ltd. *3
 Institute of Science Tokyo, Ph.D. **2