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)	2 棟連結型超高層免震建物の強風観測記録に基づく捩れ応答挙動に関する研究 その 1 強風記録の概要および加速度記録の分析
Title(English)	Study on torsional response behavior of two connected seismic isolated high-rise buildings based on strong wind observation records Part 1 Overview of strong wind records and analysis of acceleration records
著者(和文)	柳屋早延, 平島裕大, 佐藤大樹, 普後良之, 田村哲郎
Authors(English)	Sono Yanagiya, Yudai Hirashima, Daiki Sato, Yoshiyuki Fugo, Tetsuro Tamura
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 87-88
Citation(English)	, , , pp. 87-88
発行日 / Pub. date	2021, 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
（東海） 2021 年 9 月

2 棟連結型超高層免震建物の強風観測記録に基づく捩れ応答挙動に関する研究
その 1　強風記録の概要および加速度記録の分析

正会員　○柳屋早延[*1]　同　平島裕大[*2]
同　佐藤大樹[*1]　同　普後良之[*3]
同　田村哲郎[*1]

超高層免震建物　台風記録　居住性
並進振動　捩れ振動

1. はじめに

近年，超高層建物に免震構造が積極的に採用されるようになり，風揺れに対する評価が重要となっている．特に，免震構造は並進と捩れの固有周期が近接する傾向があるため，風外力の空間的な不均一によって生じる捩れ力に対して敏感であるといわれている[1)]．村上ら[2)]は，扁平な平面形状を有する超高層免震建物である東京工業大学 J2 棟（図 1）を対象として強風時の応答挙動を分析し，建物端部においては捩れ成分のスペクトルピークが並進成分を上回ることがあり，端部の振動には十分な検討を行う必要があるとしている．

筆者ら[3)]は J2 棟から増築により建物形状が変化した東京工業大学 J2-3 棟（図 2）を対象として風応答挙動の分析を行っている．本論文では，J2-3 棟の居住性に着目した分析を行う．

本論文では，2018 年台風 24 号（以降，T1824）接近時の建物最上階における加速度記録を基に振動の知覚確率の評価を試みるが，J2-3 棟は増築により不整形な平面形状であり，かつ観測上の制約を受け加速度計の設置位置は偏っている．従って観測された加速度記録には並進成分と捩れ成分の両方が含まれており扱いには注意を要する．本報では台風および観測の概要を述べた上で，並進と捩れ成分が含まれた加速度データの波形を観察し，その特徴について述べる．

図 1 J2 棟外観

図 2 J2-3 棟外観

2. 対象建物および加速度観測システムの概要

J2-3 棟は，J2 棟と J3 棟の 2 棟から成る高さ 91.35 m の超高層免震建物であり，免震層は 1 階と 2 階の間にある（図 3）．免震装置の詳細については文献 4)，5)を参照されたい．J2 棟と J3 棟は，各階において渡り廊下，水平ブレース（6，10，14，18 階）を介して連結されている（図 4）．

本論文では，図 4 に示す 20 階に設置されている X 方向の 2 つのサーボ型加速度計（X(EE)，X(SW)）を扱う．加速度記録は，30 Hz のローパスフィルタを介し，100 Hz で収録されている．なお，図 4 中の重心は，設計図書に基づき部材レベルで再現した 3 次元立体解析モデルにおける重心位置である[6)]．

風速・風向は J2 棟屋上階の南側に設置されている三杯式風速計（図 6，赤丸）によって観測されている．サンプリング周期は 1 秒である．瞬間風速は 3 秒間平均で評価する．風向は正 16 方位で記録される．

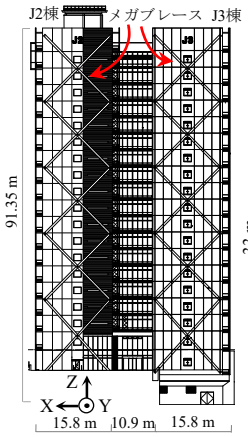

図 3 J2-3 棟立面

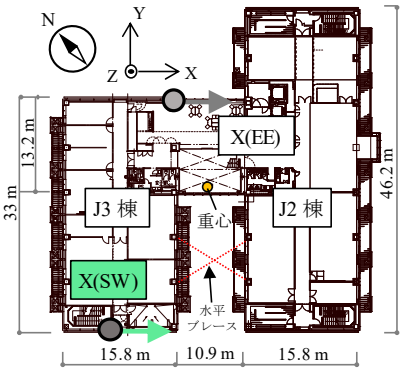

図 4 20 階平面
（加速度計位置）

3. 対象とする台風の概要

T1824 の台風の経路を図 5 に示す[7)]．台風の目は J2-3 棟の西側を通過している．図 6 に J2 棟屋上階の南側風速計で観測された平均風速・最大瞬間風速（上段），最多風向（下段）の時系列を示す．なお，図中にはポンチ絵を併記しており，南側風速計位置（赤丸）と最大平均風速観測時の最多風向（赤矢印）を示している．最大平均風速は 28.7 m/s であり，荷重指針[8)]より求めた再現期間 1 年風速（= 24.9 m/s）と比較して大きい．

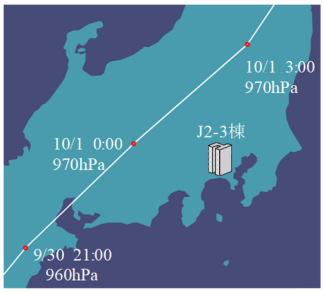

図 5 台風経路[7)]

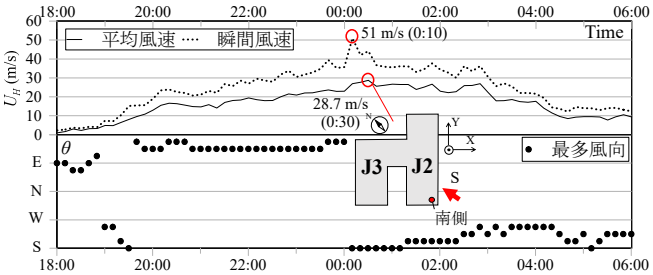

図 6 風速風向の時系列変化

4 最上階における加速度応答特性の分析

4.1 フィルター処理方法の概要

図 7 に T1824 時において各加速度計で加速度最大値 A_{MAX} を記録した 10 分間（2018/10/1 0:10 - 0:20）のパワースペクトル密度（PSD）を示す．なお，PSD は 0.08 Hz のバンド幅をとり Parzen のウィンドウを用いて平滑化を行っている．図 7 よ

Study on torsional response behavior of two connected seismic isolated high-rise buildings based on strong wind observation records
Part 1 Overview of strong wind records and analysis of acceleration records

YANAGIYA Sono, HIRASHIMA Yudai, SATO Daiki,
FUGO Yoshiyuki, TAMURA Tetsuro

り X(SW)のパワーは全体的に X(EE)より大きい．図 4 に示した各加速度計および重心の位置関係より，建物端部に位置する X(SW)は，X(EE)と比較して重心からの距離が大きく，捩れの影響が相対的に大きいためと推察されるが，この点はその 2 で詳細に検討する．PSD から並進成分(X 方向)と捩れ成分の個々の固有振動数は不明瞭で判定できない。本研究では各軸方向の 1 次モードに対する居住性を議論することを目的とするため，PSD の第一ピーク付近に並進と捩れの固有振動数があるものと考え，これを対象として抽出するバンドパスフィルター処理を行う．PSD の谷が 1.0 Hz 付近に確認されるため，以降は，10 分間ごとの加速度波形に対し平均値を除いたうえで，0.1 ～ 1.0 Hz の矩型のバンドパスフィルター処理を行った時刻歴波形を用いて検討する．

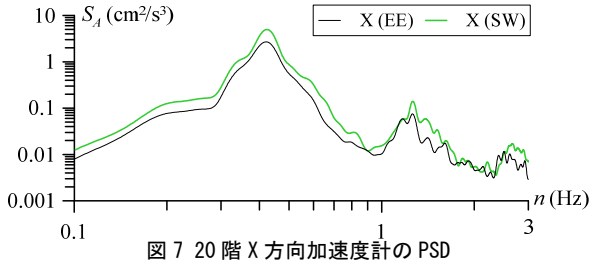

図 7 20 階 X 方向加速度計の PSD
(2018/10/1 0:10 - 0:20)

4.2 20 階の加速度応答特性

図 8(a), (b)に加速度標準偏差 σ_A と最大応答加速度 A_{max} の時系列変化をそれぞれ示す．図 8(a), (b)より，2 つの加速度計における A_{max} および σ_A の結果を比較すると，全体的に X(SW)の値が X(EE)を上回った．また，両加速度計において，10/1 0:10 - 0:20 に σ_A および A_{max} の最大値がそれぞれ観測された．図 9 に，最大応答時 10 分間のうち，各加速度計で最大値が観測された時刻周辺の 50 s 間を抜粋した加速度時刻歴を示す．図 9 より，2 加速度計の最大値は概ね同時刻に観測されている．これより，上述の σ_A および A_{max} いずれにおいても X(SW)が X(EE)に対して 3 割程度大きい値となる．これは，4.1 節に述べたように重心位置と加速度計の位置の関係から，捩れの影響であると考えられる．

次に，最大応答時と比較して加速度応答が小さい時刻に着目し，図 10 に 9/30 21:00 -21:10 の PSD を示す．0.5 ~ 0.6 Hz 付近に第一ピーク，0.7 Hz 付近に第二のピークが確認される．0.7 Hz 付近の 2 加速度計のそれぞれのパワーを比較すると X(SW)の方が X(EE)より大きいことから，第一ピークは並進成分(X 方向)，第二ピークは捩れ成分の各 1 次固有振動数と考えられる．応答が小さく免震層の動きが小さい場合には並進と捩れの固有値はそれぞれが明確であるのに対し，図 7 の最大応答時ではそれぞれの固有値が不明瞭であることから，1 章に述べた並進と捩れの固有振動数が近接する免震建物特有の現象が J2-3 棟にも生じていると考えられる．

5. まとめ

本報では，対象とする台風記録（2018 年台風 24 号，T1824）の概要と台風接近時の最上階における加速度記録より捩れの影響について考察を行った．本報その 2 では並進成分と捩れ成分の分離を行う．また，捩れ成分を含む振動の知覚確率の評価方法に関して一提案を行う．

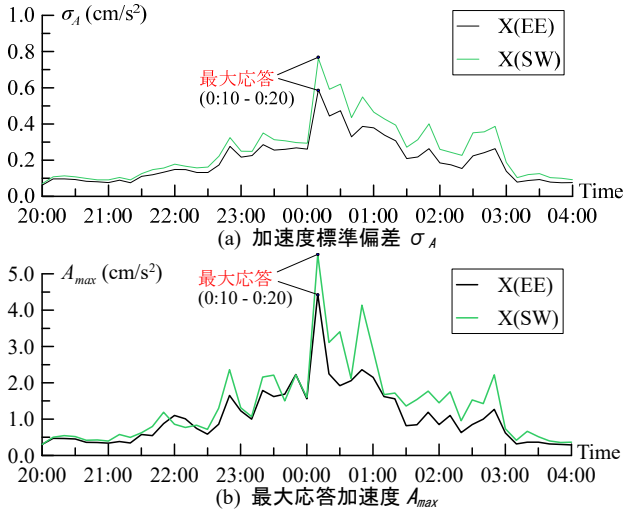

図 8 加速度応答特性の時系列変化（9/30 20:00 - 10/1 4:00）

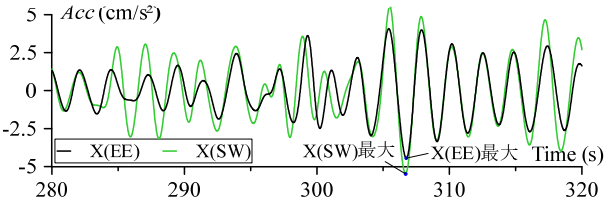

図 9 最大応答時(2018/10/1 0:10 - 0:20)の加速度時刻歴
（最大値発生時周辺）

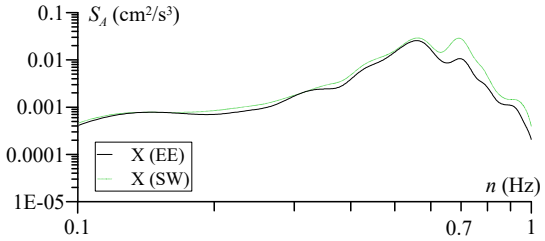

図 10 PSD(2018/9/30 21:00 - 21:10)

参考文献

1) 大熊武司，安井八紀，下村祥一，小賀伸一：23 号館の強風時実挙動観測，地震・台風災害の制御・低減に関するシンポジウム，pp.69-80，2002.3
2) 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，第 62 巻，pp.329-337，2016.3
3) 平島裕大，佐藤大樹，呉嘉瑞，普後良之，田村哲郎: 2 棟連結型超高層免震建物の強風観測記録に基づく実応答挙動の分析その 2 建物最上階における加速度応答記録の分析と居住性能評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造 I，20037，pp.73-74，2020.9
4) 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
5) 平島裕大，呉嘉瑞，佐藤大樹，普後良之，田村哲郎，：超高層免震建物の最上階における風応答加速度記の分析，日本建築学会関東支部研究報告集，2018，pp.225-228，2020.3
6) 平島裕大，佐藤大樹，普後良之，田村哲郎：3 次元解析モデルによる超高層免震建物の捩れ振動の分析，日本建築学会関東支部研究報告集，2021.3
7) ウェザーニュース：https://weathernews.jp/onebox/typhoon/past_index.html (2020.9 参照)
8) 日本建築学会:建築荷重指針同解説，2015.2

謝辞は本報その 2 に示す．

*1 東京工業大学
*2 元東京工業大学
*3 （株）風工学研究所

*1 Tokyo Institute of Technology
*2 Former Tokyo Institute of Technology
*3 Wind Engineering Institute