

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提案
Title(English)	Study on torsional response behavior of two connected seismic isolated high-rise buildings based on strong wind observation records Part2 Analysis of translational / torsional behavior and a proposal of perceptual probability evaluation method considering torsion component
著者(和文)	平島裕大, 佐藤大樹, 普後良之, 田村哲郎
Authors(English)	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. 89-90
Citation(English)	, , , pp. 89-90
発行日 / Pub. date	2021, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

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提案

超高層免震建物 台風記録 居住性
並進振動 振れ振動

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

1. はじめに

本報その1では、2018年台風24号(T1824)の概要を報告した。また、並進成分と振れ成分の両方が含まれる建物最上階の2つの加速度計で観測された応答記録から振れの影響について考察を行った。本報その2では並進と振れ成分を分離する手法について述べ、その過程で同定された並進・振れの各成分の固有振動数が台風の接近に伴う応答の増加により変化し近接する傾向が見られたことを報告する。また文献1)を用いた建物端部の振動の知覚確率の評価に関して、並進・振れの固有振動数が近接する場合の評価図へのプロットの方法について1つの提案を行う。

2. 振れ中心位置の同定

2.1 同定手法の概要

その1では設計図書に基づく重心位置を振れ中心として扱ったが、応答レベルに応じて固有値が大きく変化していることも明らかとなり、重心位置を応答レベルによらず振れ中心と見なせるか不明である。従って本章では応答レベルごとにJ2-3棟の振れ中心を同定する。手法は大熊ら²⁾を参考とする。図1に振れ中心の推定方法の概要を示す。図中には3次元部材モデルの重心を併記した。図中に示す原点からY軸負方向にだけ移動した点におけるX方向並進成分(以降、X)および角加速度 θ は、X(EЕ)およびX(SW)の加速度記録を用いて式(1)、(2)より求まる。

$$X = X_{SW} - \theta(L_i - L_{SW}) \quad (1)$$

$$\theta = \frac{X_{EE} - X_{SW}}{L_{EE} + L_{SW}} \quad (2)$$

なお、 $L_{EE} = 0$ m, $L_{SW} = 33$ mである。まず、原点からY軸負方向に3.3 m刻みにとったcase1~4の4点と、3次元部材モデルの重心の各点を振れ中心と仮定し(1)、(2)式によりXおよび θ の時刻歴波形を求める。これに対しPSDを求め、 θ のPSDのパワーが卓越する振動数 n_θ を求める。そしてXのPSDの n_θ におけるパワーが極小を示す L_i が振れ中心と同定される。

2.2 観測記録から推定した振れ中心位置

本節には3段階の応答レベルの解析結果を例として示す。表1に、ここで例として示すデータの取得された時間帯、X(SW)の加速度応答の統計値を示す。図2(a)、(b)、(c)に解析結果を示す。同図にはX(EЕ)およびX(SW)と5つの点における解析値Xおよび重心位置における θ のPSDをそれぞれ示す。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スペクトルの平滑化を行っている。図中の黒点線は n_θ を示している。

ここに示す結果は、いずれの応答レベルにおいても振れ中心と同定される位置はcase4または部材モデルの重心であった。

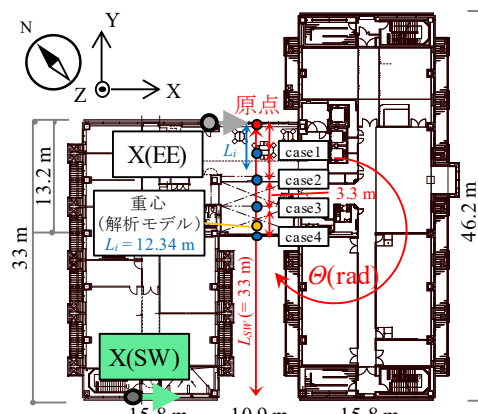


図1 20階平面(振れ中心推定方法の概要)

表1 X(SW)における標準偏差 σ_A と最大応答加速度 A_{max} (cm/s²)

時間	9/30 21:00 - 21:10	9/30 22:00 - 22:10	10/1 0:10 - 0:20 (最大応答)
σ_A	0.09	0.18	0.76
A_{max}	0.4	0.86	5.53

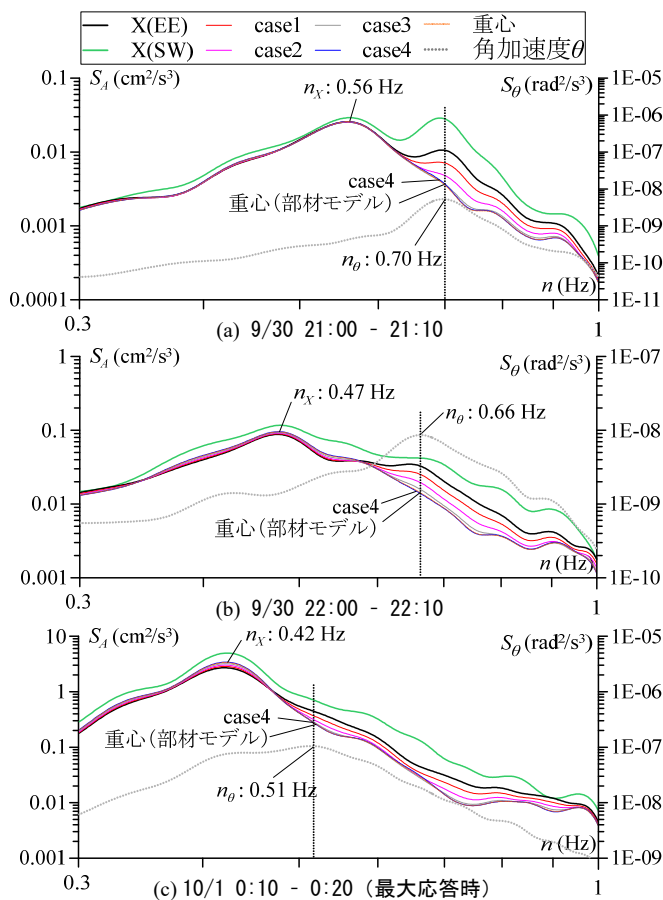


図2 並進成分XのPSD

Study on torsional response behavior of two connected seismic isolated high-rise buildings based on strong wind observation records
Part2 Analysis of translational / torsional behavior and a proposal of perceptual probability evaluation method considering torsion component

HIRASHIMA Yudai, SATO Daiki,
FUGO Yoshiyuki, TAMURA Tetsuro

た、ここに示していない他の時刻においても同様の結果が示された。本手法ではこれ以上の同定精度を期待できないため、以下は部材モデルの重心を振れ中心とした解析結果について考察する。

図2には、 n_θ に加えXのPSDのパワーが卓越する振動数 n_x も併記した。これらをXおよび θ の各1次モードの固有振動数の同定値とする。 n_x および n_θ は応答増大に伴い低下する傾向がある。

3. 並進成分および振れ成分の分離結果

3.1 固有振動数の時系列変化

図3に9/30 20:00 - 10/1 4:00における n_x 、 n_θ の時系列変化およびX(SW)の標準偏差を示す。図3より、加速度応答の増大に伴い n_x 、 n_θ は共に低下する。最大応答時の n_x 、 n_θ は応答が比較的小さい9/30 20:00に対して3割程度低下する。また、図中には n_x に対する n_θ の比を示している。応答加速度の増大に伴い n_x と n_θ が近接する傾向が明確に見られた。

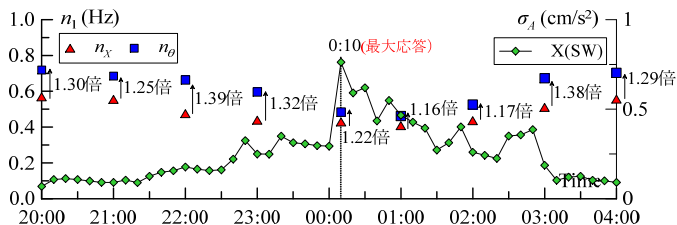


図3 固有振動数の時系列変化

3.2 加速度波形の分析

本節では、建物端部に位置するため振れの影響が比較的大きいX(SW)について、Xおよび振れ成分の時系列を照合することで、振れの影響を考察する。ここで、振れ成分を建物端部のX軸方向成分に換算した時刻歴 $X_{Tor}(SW)$ は以下のように求める。

$$X_{Tor}(SW) = \theta(L_i - L_{SW}) \quad (3)$$

図4に、X(SW)の最大値が観測された時刻周辺の加速度時刻歴を示す。ここに示す波形内でXおよび $X_{Tor}(SW)$ のそれぞれの最大値が観測されている。ただし、その最大値が発生した時刻はX(SW)で最大値が発生した時刻とは異なっている。X(SW)の最大値はXと $X_{Tor}(SW)$ が同位相となるとときに発生している。前節で示したようにこの時間帯のように応答が大きい場合の n_x と n_θ は近接する傾向があり、ここに示す短い時刻歴波形の中でもXおよび $X_{Tor}(SW)$ が同位相となるサイクルが複数存在し、その1つが最大応答を示したと言える。

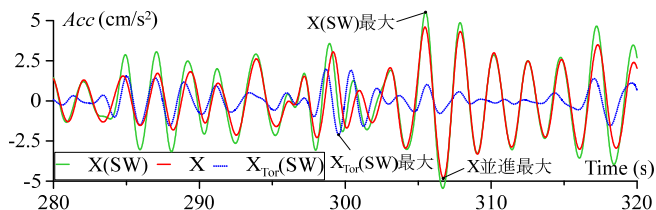


図4 加速度時刻歴 (10/1 0:10 - 0:20, 最大値周辺抜粋)

4. 建物端部の知覚に対する評価法の提案

本節では、文献1)に基づき振れの影響が含まれるX(SW)の

振動の知覚確率を評価する。この文献による評価は、最大応答加速度 A_{max} と固有振動数 n を評価図へプロットするものである。ただし本報では、最大加速度が観測された時刻はXと $X_{Tor}(SW)$ が同位相であり、固有振動数 n に対応するものを n_x とも n_θ とも決めることが難しい。従ってこのような状況下に対して幅を持ったプロットをすることを提案する。この考え方に基づき、XおよびX(SW)をプロットした結果を図5に示す。

図5より、XはH-IV、X(SW)はH-Vと評価された。なお、最大平均風速は28.7 m/sであり、再現期間1年風速³⁾よりも大きいことを本報その1で確認した。

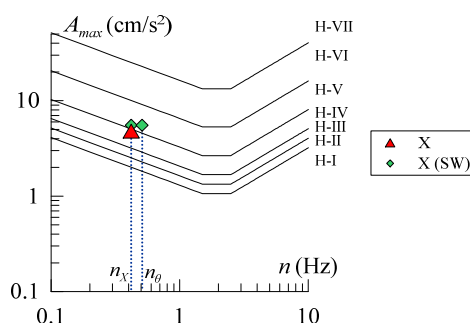


図5 知覚確率の評価結果¹⁾

5. まとめ

本報では、並進と振れ成分の分離手法および分離した各成分の応答特性について分析を行った。また、振れの影響が大きくなる建物端部の振動の知覚確率評価法に関して一提案を行った。以下に得られた知見を示す。

- (1) 観測記録から推定される振れ中心は設計図書を基に作成した3次元部材モデルの重心と概ね同位置となる。
- (2) 応答の増大に伴い、並進と振れ成分の1次固有振動数 n_x と n_θ は共に低下する。また、特に最大応答周辺の時間帯では n_x と n_θ が互いに近接し、免震建物特有の傾向が確認された。
- (3) 並進と振れの振動数が近接する場合の振動の知覚確率の評価について、文献1)の評価図への新たなプロット方法を提案した。最大応答加速度に対応させる固有振動数として n_x と n_θ の両方をプロットすることで、免震建物において振れ成分を考慮した振動の知覚確率評価が可能となると考える。

謝辞

本研究の一部は、JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(JPMJOP1723)および公益財団法人大林財団より助成を受けました。本研究で用いたJ2棟の観測データは、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。また、J2-風応答観測研究会において、風工学研究所の勝村章氏より貴重なご意見を多数頂きました。ここに記して、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本建築学会:建築物の振動に関する居住性能評価規程・同解説, 2018.11
- 2) 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
- 3) 日本建築学会:建築荷重指針同解説, 2015.2

*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