T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	超高層免震建物の地震時における非構造部材の応答―最大応答加速度による分析―
Title(English)	A report on observation records of non-structural members of a high-rise seismic isolation building Analysis by maximum response acceleration
著者(和文)	柳屋早延, 佐藤大樹, Alex Shegay
Authors(English)	Sono Yanagiya, Daiki Sato, Alex Shegay
出典 / Citation	日本建築学会関東支部研究報告集, Ⅰ, , pp. 509-512
Citation(English)	, Ⅰ, , pp. 509-512
発行日 / Pub. date	2023, 2
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

2022年度日本建築学会
関東支部研究報告集Ⅰ
2023年2月

超高層免震建物の地震時における非構造部材の応答
― 最大応答加速度による分析 ―

構造ー振動

正会員 ○ 柳屋早延[*1]　正会員 佐藤大樹[*2]
〃 Alex Shegay[*3]

超高層建物　免震構造　地震応答観測記録
非構造部材　最大応答加速度　2022年福島県沖地震

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，同時に構造ヘルスモニタリングへの関心が高まっている．このような最新技術を集積した観測システムの報告例は増加傾向にあるが，超高層免震建物における報告例は少なく，強震時における応答挙動には不明な点が数多く残る．また，地震時の被害として構造部材の損傷や倒壊による被害より先に，非構造部材の落下や転倒による直接的な人的被害や，避難経路の通行妨害による二次災害などが生じる可能性が高いため，非構造部材に対する設計法の充実を図る必要がある．しかし，非構造部材に関する観測や分析を行った例は数少ない．

そこで，本報では，超高層免震建物の地震時における非構造部材の地震応答の観測記録を用いて，最大応答加速度の分析を行う．具体的には，東京工業大学の J2-3 棟で行われている観測システムを用い，2022 年 3 月 16 日に発生した福島県沖地震における，最大応答加速度を分析する．

2. 対象建物および観測システムの概要

対象建物は東京工業大学すずかけ台キャンパスに建設された総合研究棟J2-3棟となっている. J2-3棟の立面図，平面図(20 階)をそれぞれ Fig.1，Fig.2 に示す．Fig.1 より J2-3 棟は，J2 棟と J3 棟の 2 棟から成る鉄骨造と鉄筋コンクリート造を併用した，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．Fig.2 より，本報では非構造部材の観測が行われている J3 棟に着目している．免震装置の詳細については文献 1)，2)を参照されたい．

非構造部材における観測記録に関して，Fig.3 に観測システムの概要を示し，その状況写真を Fig.4 に示す．Fig.3 に，非構造部材における観測が行われている J3 棟の 7 階と 20 階での観測システムの概要を示す．Fig.3 より，7 階には加速度計が 12 台，20 階では 7 台設置されており，これらの加速度計から得られた記録を，7 階に設置されている．なお，20 階のチャンネル 19-A に関しては，本報では未計測となっている．Fig.3 に加速度計の設置位置と設定方向を示す．加速度の設置位置に関しては色分けで示している．例えば赤色の場合，天井下地材に設置されていることを表す．さらに，加速度計に設定されている方向について，絶対方向に対応させたものを使用しており，その設定方向を u, v, w で表す．なお，方向を統一するにあたりすべての加速度計を屋上から見下ろす形とする．室内側の壁面に設置された加速度計（4-A，5-A）は，X, Z 方向を壁面に対して面内方向，Y 方向を面外方向としている．また，廊下側の壁面に設置された加速度計（2-A，3-A）は，Y, Z 方向を壁面に対して面内方向，X 方向を面外方向としている．天井下地材に設置された加速度計（6-A~10-A，13-A~17-A）は，X, Y 方向を天井下地材に対して面内方向，Z 方向を面外方向としている．

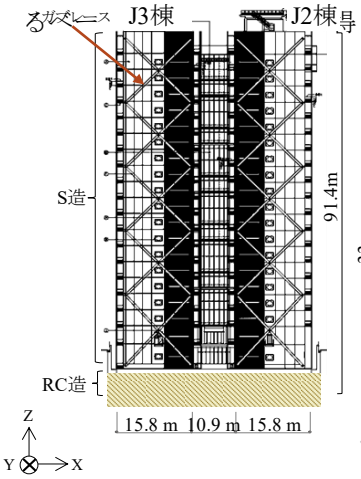


Fig.1　J2-3 棟立面図(南西)

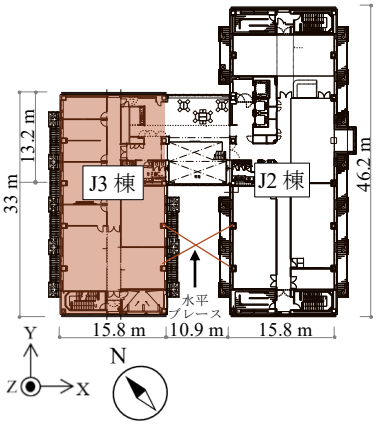


Fig.2　20 階平面図

3. 観測記録概要

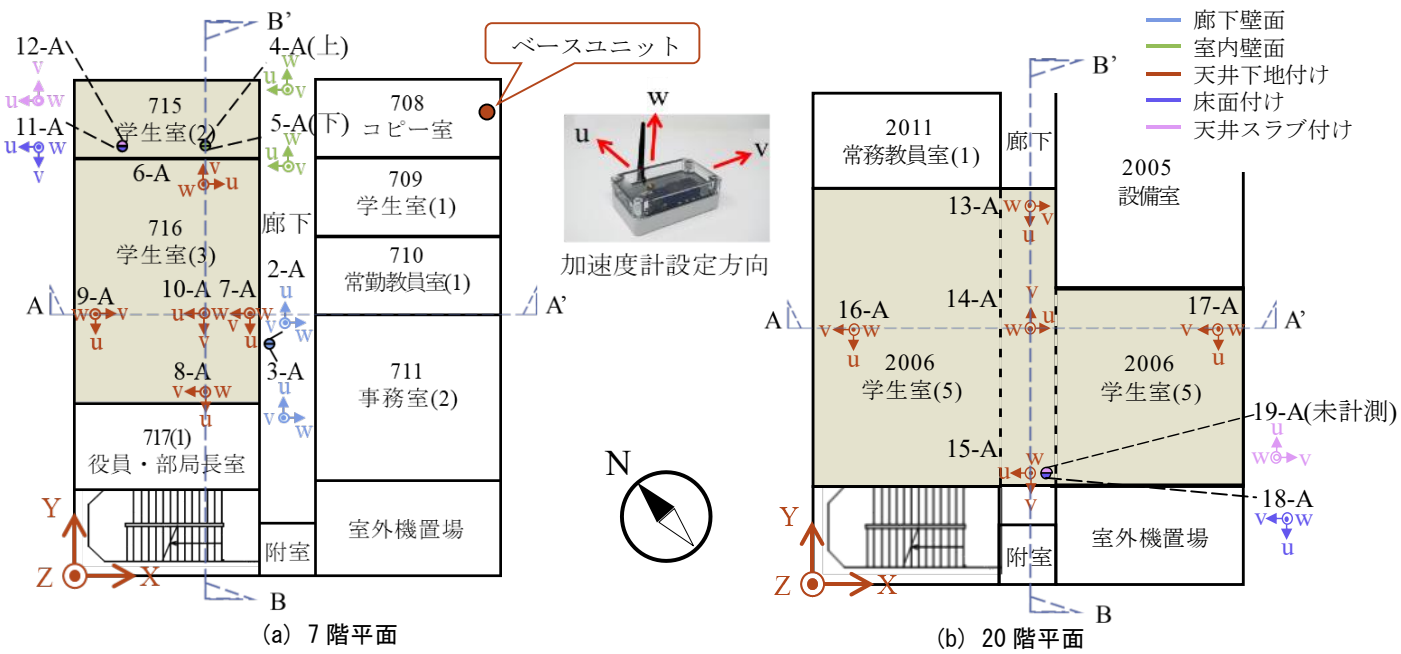
3.1 対象地震動の概要

本報では，2022 年 3 月 16 日 23:36 に発生した M 7.3 の福島県沖地震を対象としている．

Fig.5 に J3 棟の免震層床で計測された加速度時刻歴波形を示す．Fig.5 より，免震層床では最大加速度が X 方向で

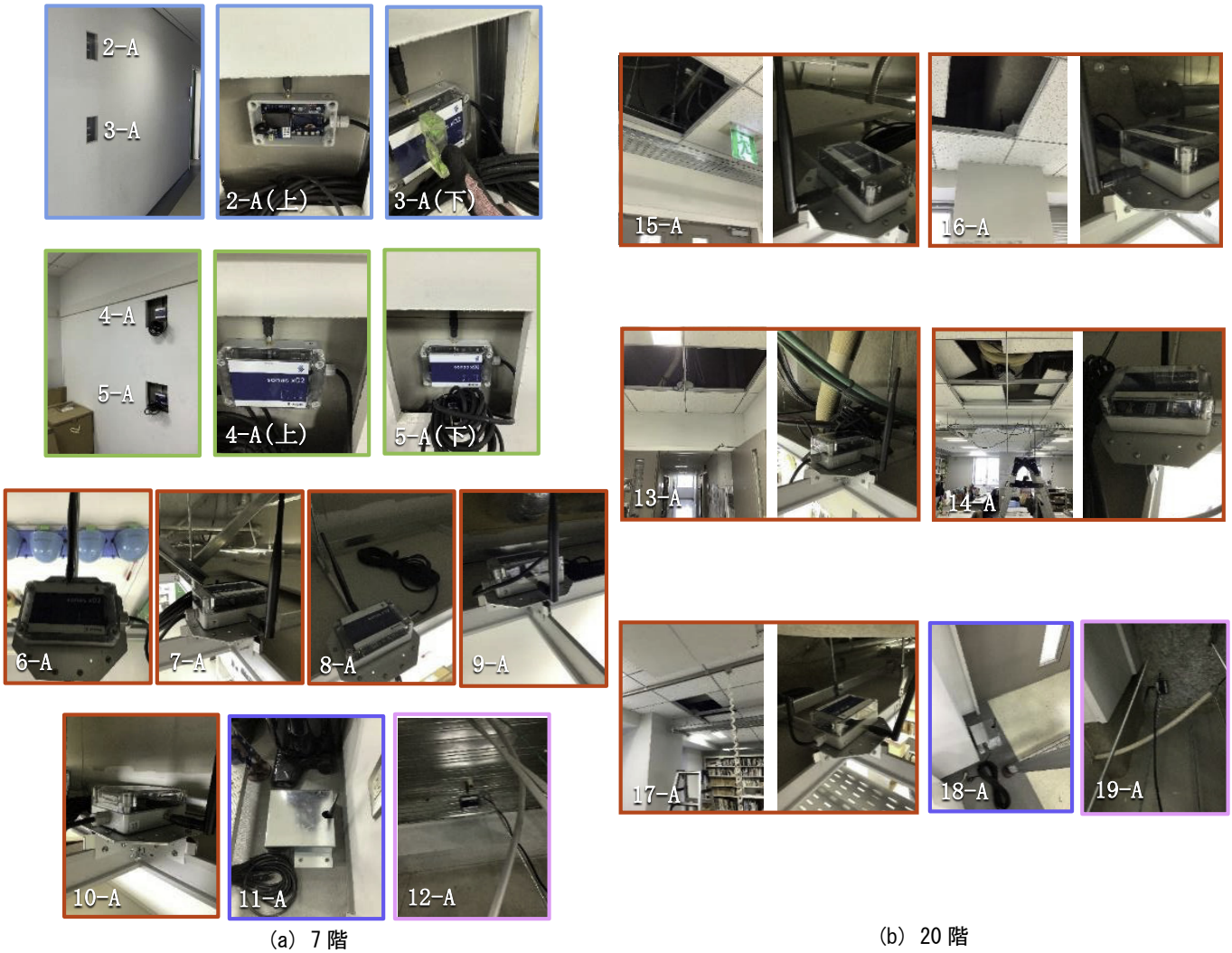
A report on observation records of non-structural members of a high-rise seismic isolation building
Analysis by maximum response acceleration

YANAGIYA Sono, SATO Daiki, Alex SHEGAY



(a) 7 階平面　　(b) 20 階平面

Fig.3　加速度計配置図



(a) 7 階　　(b) 20 階

Fig.4　加速度計配置状況写真

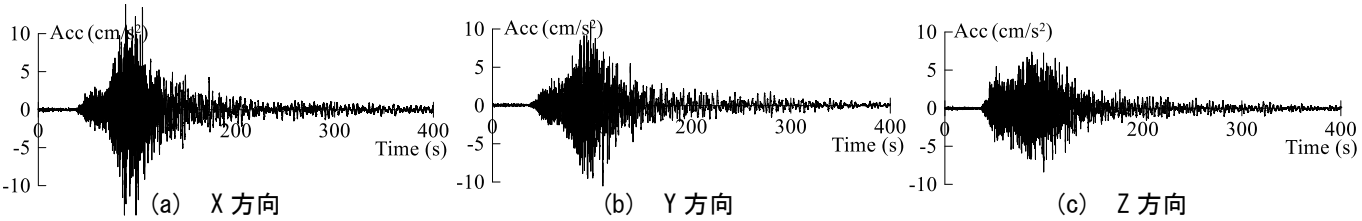


Fig.5 J3 棟免震層床加速度時刻歴波形

13.87 cm/s², Y 方向で 10.85 cm/s², Z 方向で 8.33 cm/s² を示している.

3.2 高さ方向分布（床→壁→天井）の分析

本節では床から天井スラブにかけた，高さ方向で比較を行い，その特性の把握を行う．Fig.6 に 7 階室内付近（4-A, 5-A, 6-A, 11-A, 12-A）における最大応答加速度を示す．Fig.6 より，床面以外（4-A, 5-A, 6-A, 12-A）の最大応答加速度が各方向でおおむね同程度となっており，床面（11-A）の最大応答加速度が最も大きくなっている．また，床面（11-A）の最大応答加速度は第 3.1 節で述べた免震層床の最大加速度より大きくなっている．次に，Fig.7 に 7 階廊下付近（2-A, 3-A, 7-A, 11-A）における最大応答加速度を示す．Fig.7 より，7 階室内同様に床面以外（2-A, 3-A, 7-A）の最大応答加速度が各方向でおおむね同程度で，床面（11-A）の最大応答加速度が最も大きくなっている．Fig.7 より，床面（11-A）の最大応答加速度は第 3.1 節で述べた免震層床の最大加速度より大きくなっている．

Fig.6 と Fig.7 より，7 階の室内と廊下で比較を行った場合，最大応答加速度では各方向でおおむね同程度の応答を示している．また，室内（4-A, 5-A）と廊下（2-A, 3-A）の壁面に関して，X 方向と Y 方向の傾向を比較した場合，X 方向では廊下の最大応答加速度が約 1.2 倍，Y 方向では室内が約 1.4 倍大きくなっておりその傾向が異なる．また，第 2 章で述べたように室内壁面（4-A, 5-A）の X 方向は壁の面内方向で，Y 方向は面外方向の応答である．さらに，廊下壁面（2-A, 3-A）の X 方向は壁の面外方向で，Y 方向は面内方向の応答である．

次に Fig.8 に 20 階における最大応答加速度を示す．Fig.8 より，床面と天井下地材にかけて，最大応答加速度が各方向でおおむね同程度となっている．また，Fig.6～Fig.8 より，7 階と比較した場合，7 階とは傾向が異なり，20 階では床面より天井下地材の最大応答加速度が大きくなっている．さらに，Fig.5～Fig.8 より，免震層床，7 階床（11-A），20 階床（18-A）を高さ方向で比較した場合，免震層床から 7 階にかけて最大応答加速度が増幅し，20 階にかけて低減していることが分かる．

3.3 平面方向の分布（天井同士）の分析

天井下地材同士である平面方向で比較を行い，その特性の把握を行う．A-A', B-B'（Fig.3）の断面で比較を行う．

Fig.9 と Fig.10 に 7 階の天井下地材における最大応答加速度を A-A'断面と B-B'断面で示す．Fig.9 と Fig.10 より，A-A'断面と B-B'断面の X 方向と Y 方向は最大応答加速が同程度で，Z 方向は最大応答加速が X, Y 方向よりわずかに大きくなっている．第 2 章で述べたように，天井下地材の X, Y 方向は面内方向，Z 方向は面外方向の応答である．また，このことから加速度計の設置箇所によらず面内方向で最大応答加速が同程度であり，天井下地材は一体として挙動しているといえる．Fig.11 と Fig.12 に 20 階

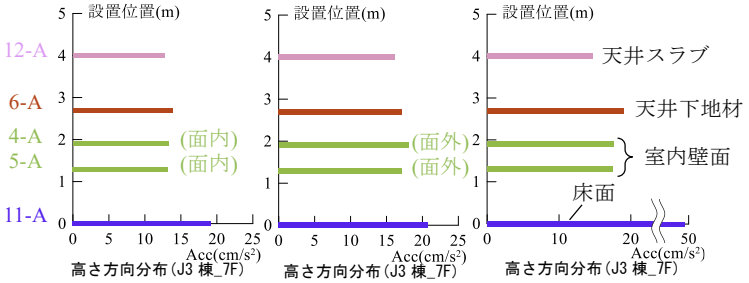


Fig.6 最大応答加速度 (7 階室内, 断面)

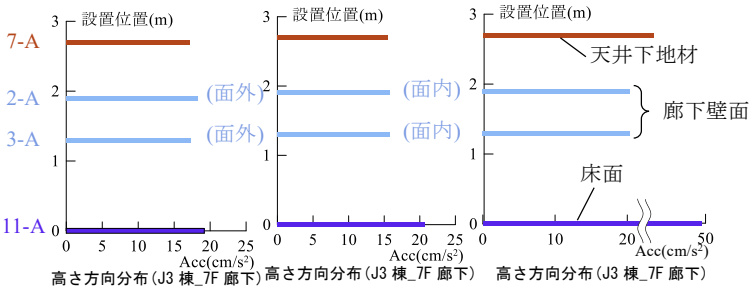


Fig.7 最大応答加速度 (7 階廊下, 断面)

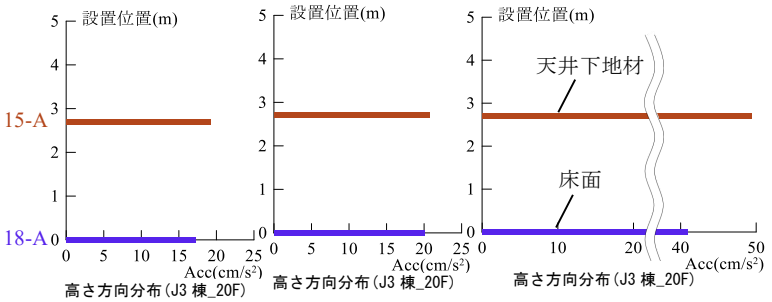
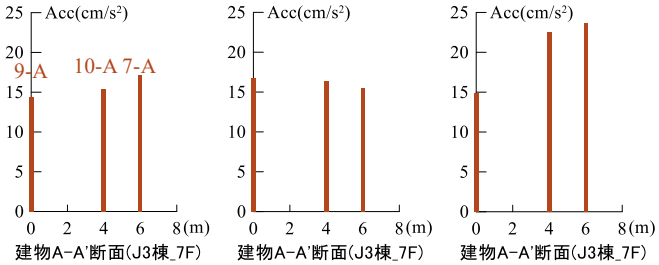


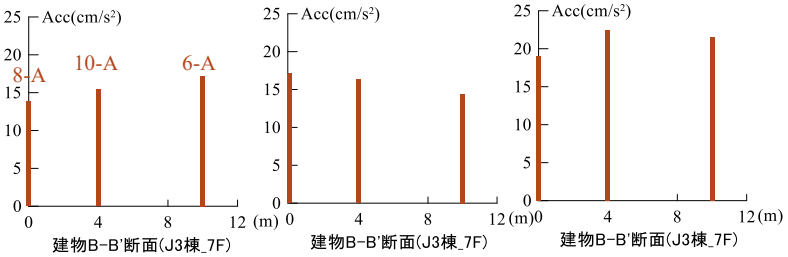
Fig.8 最大応答加速度 (20 階室内, 断面)

の天井下地材における最大応答加速度を A-A'断面と B-B'断面で示す．Fig.11 と Fig.12 より，7 階同様に A-A'断面と B-B'断面の X 方向と Y 方向は最大応答加速が同程度で，Z 方向は最大応答加速が X，Y 方向よりわずかに大きくなっている．また，3 章で述べたように，天井下地材の X 方向と Y 方向は面内方向，Z 方向は面外方向の応答であり，天井下地材は一体として挙動していることが考えられる．Fig.11 と Fig.12 より，Z 方向は X，Y 方向と比較して非常に大きな応答を示しており，その傾向は特異的なものとなっていることが分かる．特に Fig.3 と Fig.11 より，チャンネル 17-A に関しては他の天井下地材(13-A~16-A)と比較して傾向が全く異なっていることが分かる．このことから，チャンネル 17-A の Z 方向の記録に関しては参考値とする．さらに Fig.9～Fig.12 より，7 階と 20 階で比較した場合，各方向で 7 階より 20 階でより大きな応答を示していることが分かる．



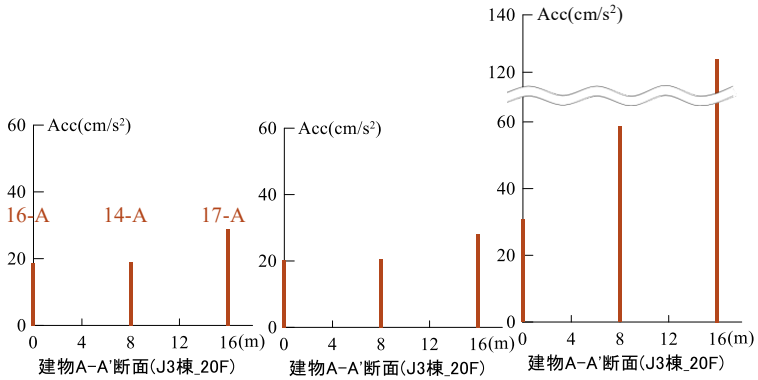
(a) X 方向　(b) Y 方向　(c) Z 方向

Fig.9　最大応答加速度（7 階，A-A'断面）



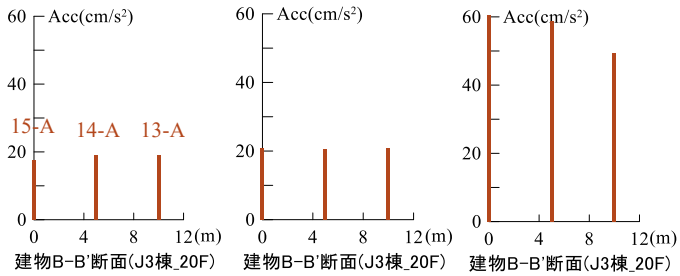
(a) X 方向　(b) Y 方向　(c) Z 方向

Fig.10　最大応答加速度（7 階，B-B'断面）



(a) X 方向　(b) Y 方向　(c) Z 方向

Fig.11　最大応答加速度（20 階，A-A'断面）



(a) X 方向　(b) Y 方向　(c) Z 方向

Fig.12　最大応答加速度（20 階，B-B'断面）

4. まとめ

本報では，超高層免震建物の地震時における非構造部材の応答性状の把握を目的とし，最大応答加速度による分析を行った．具体的には，東京工業大学の J2-3 棟で行われている観測システムの概要を示し，2022 年 3 月 16 日に発生した福島県沖地震を対象に，加速度計の設置箇所毎の最大応答加速度を比較した．以下に得られた知見を示す．

(1) 加速度計の設置箇所によらず
非構造部材から得られた観測結果において，7 階の室内と廊下の最大応答加速度を比較したところ X 方向と Y 方向の傾向が異なった．室内壁面（4-A, 5-A）の X 方向は壁の面内方向で，Y 方向は面外方向の応答である．また，廊下壁面（2-A, 3-A）の X 方向は壁の面外方向で，Y 方向は面内方向の応答である．

(2) 加速度の設置位置によらず，面内方向では最大応答加速度は同程度であった。このことから天井下地材は一体として挙動していることが考えられる．

謝辞

本計測システムは，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）によって設置されたものです。本報を作成にするにあたり，東京工業大学吉敷祥一教授，元結正次郎教授，石原直教授にはご助言を頂きました。ここに感謝の意を示します。

参考文献

1) 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

2) 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録の分析，日本建築学会関東支部研究報告集，第 90 号，pp.225-228，2020.3

*1 東京工業大学　環境・社会理工学院　大学院生　Graduate Student, School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology*1

*2 東京工業大学　未来産業技術研究所　准教授・博士（工学）　Associate Professor, FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng*2

*3 東京工業大学　未来産業技術研究所　助教・Ph.D.　Assistant Professor, FIRST, Tokyo Institute of Technology, Ph.D.*3