

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	高ゴム総厚弾性すべり支承を用いた免震建物に関する研究 その2 風応答解析
Title(English)	Study on Based-isolated buildings using elastic sliding bearings with high total rubber thickness (Part 2: Wind response analysis)
著者(和文)	丸尾純也, 得能将紀, 中村匠, 稲井慎介, 加藤直樹, 三須基規, 佐藤大樹, 小林正人
Authors(English)	Junya Maruo, Masaki Tokunou, Takumi Nakamura, Shinsuke Inai, Naoki Kato, Motoki Misu, Daiki Sato, Masahito Kobayashi
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, , pp. 825-826
Citation(English)	, 構造II, , pp. 825-826
発行日 / Pub. date	2024, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

高ゴム総厚弾性すべり支承を用いた免震建物に関する研究 その2 風応答解析

免震構造 弾性すべり支承 風応答解析
耐震設計 耐風設計 オイルダンパー

正会員 ○丸尾 純也*¹ 同 得能 将紀*¹
同 中村 匠*¹ 同 稲井 慎介*¹
同 加藤 直樹*² 同 三須 基規*²
同 佐藤 大樹*³ 同 小林 正人*⁴

1. はじめに

本報その1では、高ゴム総厚弾性すべり支承、およびその積層ゴム部分に制振用オイルダンパー（以下、制振用OD）を付加したオイルダンパー付き弾性すべり支承を超高層免震建物に適用した場合の地震応答解析結果を報告した。その2では、風に対する性能検証として再現期間500年の風に対する応答解析結果および再現期間1年の風に対する居住性能評価結果について報告する。なお、解析にはその1と同様のモデルを用い、本報では風方向のみを対象として検討を行った。

2. 風外力および解析の概要

風外力は風洞実験⁴⁾（地表面粗度区分Ⅲ）の結果を用いる。実験データを基本風速 $U_0 = 36.0 \text{ m/s}$ での再現期間500年の風外力、および、再現期間1年の風速 $U_1 = 19.5 \text{ m/s}$ の風外力へと変換している。なお、時刻歴応答解析の過渡応答の影響を避けるため、各波形前後に50秒のエンベロープを設け、中間の600秒（10分間）での応答を評価に用い、5波のアンサンブル平均により評価する。再現期間500年における最上層の風外力の一例を図1に示す。

再現期間500年の風に対する解析では上部構造の構造減衰を免震層固定時の1次固有周期に対して1.0%、再現期間1年の風に対しては0.8%とした。また、再現期間500年の風では免震用オイルダンパー（以下、免震用OD）を考慮したが、再現期間1年の風では免震層変位が小振幅であり免震用ODには空走⁵⁾の可能性があるため、効果を考慮しないこととした。

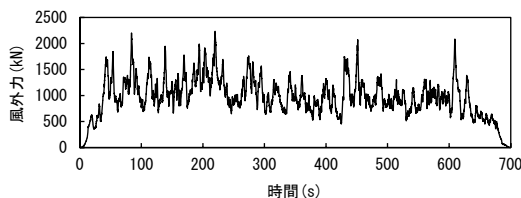


図1 再現期間500年における最上層風外力の一例

3. 風応答解析結果

再現期間500年および1年の風に対して風応答解析を行った。風応答解析は図1に示したような各層の風外力を上層構造7質点に入力することで行った。

3. 1 再現期間500年の風に対する応答

再現期間500年の風に対する最大応答のアンサンブル平均結果を図2に示す。同図にはそれぞれの免震層のすべり出し変位および荷重を併記した。アンサンブル平均値においてESB40モデルは弾性範囲を大きく超える応答が生じていることが確認できる。一方で、ESB90モデルではすべり出し変位173.5 mmに対して免震層変位が172.4 mmとなり、免震層が弾性範囲に留まる結果となった。また、ESB90+ODモデルはESB90モデルよりも免震層変位を約8%、免震層層せん断力を約5%低減した。

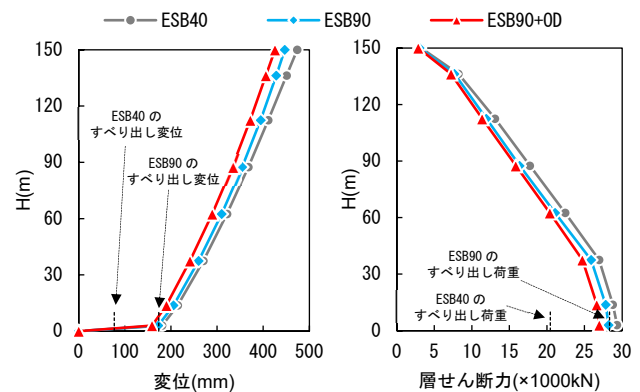


図2 最大応答のアンサンブル平均結果

次に、免震層の時刻歴応答変位および免震層履歴曲線の一例をそれぞれ図3、図4に示す。ESB40モデルは弾性範囲を超え、片側方向へのすべりを複数回繰り返しており、最終的に95.0 mmの残留変位が残る挙動となっていることが確認できる。ESB90およびESB90+ODモデルは弾性範囲に留まっており、残留変位は生じていない。

ここで、風外力5波それぞれに対して生じた免震層残留変位を表1に示す。ESB40モデルは風外力5波のいずれに対しても残留変位が生じた。その残留変位量は50.2 mm～95.0 mmであり、残留変位の一般的な許容量50 mm⁶⁾を超える結果となった。ESB90およびESB90+ODモデルの残留変位は0 mmまたは2.3 mm以下であり、弾性範囲を超えてすべりがわずかに生じてしまう場合もあるものの、その残留変位量（すべり量）は極めて小さく、建物全体の挙動にはほとんど影響しない程度と推測される。

また、図4 (b), (c) においてESB90+ODモデルの履歴

曲線の面積は ESB90 モデルよりも明らかに大きくなっており、制振用 OD の付加によってエネルギー吸収量が増加していることが確認できる。本報では制振用 OD は免震用 OD が減衰を發揮しにくい小振幅領域において減衰を確保することを目的として導入したが、免震層が弾性範囲に留まる限り再現期間 500 年の風に対しても図 2 で前述した通り制振用 OD は効果を發揮し、応答低減に寄与することが示された。

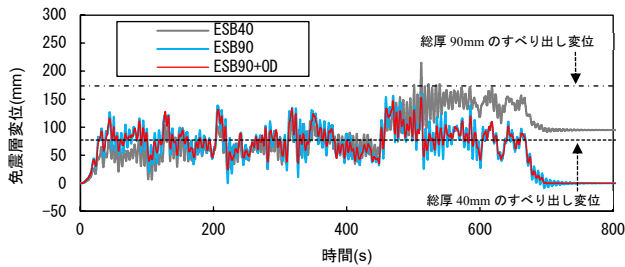


図 3 免震層時刻歴応答変位の一例

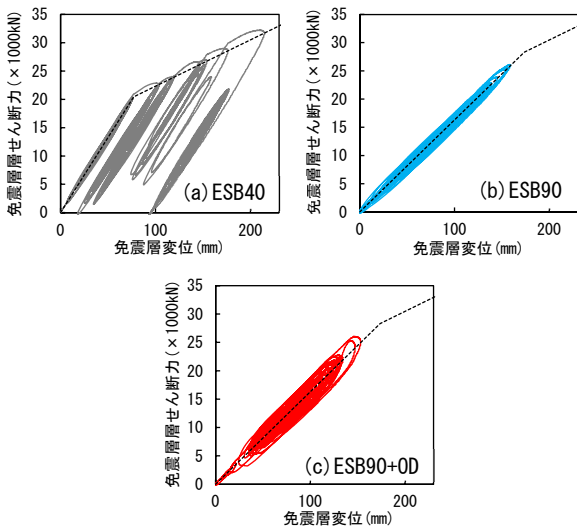


図 4 免震層の履歴結果の一例

表 1 免震層残留変位

モデル	免震層残留変位 (mm)				
	1 波目	2 波目	3 波目	4 波目	5 波目
ESB40	61.4	50.2	95.0	92.9	58.4
ESB90	1.2	0	0	2.3	0.9
ESB90mm+OD	0	0	0	2.0	0

3. 2 再現期間 1 年の風に対する応答

再現期間 1 年の風に対する最上層最大加速度のアンサンブル平均による居住性能評価結果⁷⁾を図 5 に示す。同図には $\pm 1\sigma$ の範囲も併記した。なお、風外力 5 波のいずれに対しても免震層は弾性範囲であり、ESB90+OD モデルの制振用 OD はリリース速度に達しなかった。

ESB40 および ESB90 モデルにおける居住性能評価はそれぞれ H-VI, H-V であるのに対して、制振用 OD を付加した ESB90+OD モデルは H-III となった。免震用 OD が減衰を發揮しにくい小振幅領域における居住性能の確保において、制振用 OD を弾性すべり支承に付加した本機構は有効であることが確認された。

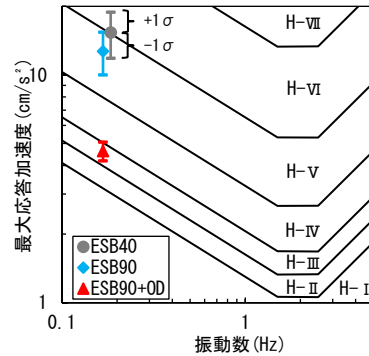


図 5 再現期間 1 年の風に対するアンサンブル平均の居住性能評価結果

4. まとめ

高ゴム総厚弾性すべり支承、およびその積層ゴム部分に制振用オイルダンパーを付加したオイルダンパー付き弾性すべり支承を超高層免震建物に適用した場合の性能を風方向の風応答解析により検証した。

高ゴム総厚弾性すべり支承によってすべり出し変位を大きくすることで、再現期間 500 年の風に対してほぼ弾性範囲に留まる結果が得られ、耐風設計における高ゴム総厚弾性すべり支承の優位性が示された。また、免震層が弾性範囲に留まることにより制振用 OD が再現期間 500 年の風に対しても応答低減に寄与することが示された。

再現期間 1 年の風応答解析において、免震用 OD が減衰を發揮しにくい小振幅領域における居住性能の確保には、制振用 OD を付加したオイルダンパー付き弾性すべり支承を用いた本機構が有効であることが確認された。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本免震構造協会：免震建築物等の計画推移，2023.6
- 2) 一般社団法人日本免震構造協会：免震建築物の耐風設計指針 (2023)，2023.3
- 3) 谷地敏和夫，小林正人 他：微振動を抑制する免震装置の開発，日本建築学会技術報告集，第 27 巻，65 号，pp.136-141，2021.2
- 4) 立元拓，佐藤大樹 他：荷重指針に基づく風応答時におけるベータ係数の評価 その 1 風洞実験気流および風力特性に関する検討，日本建築学会関東支部研究報告集，2024.3
- 5) 角空音，前田理沙，中村悠太，飛田潤，福和伸夫：免震用オイルダンパーの空走に関する研究 その 1 空走発生の原因検討，日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)，pp.657-658，2022.7
- 6) 一般社団法人日本免震構造協会：免震構造の維持管理基準 2022，2022.5
- 7) 日本建築学会：建築物の振動に関する居住性能評価基準・同解説，2018.11

*1 戸田建設株式会社

*2 SWCC 株式会社

*3 東京工業大学 科学技術創成研究院 准教授・博士(工学)

*4 明治大学 理工学部建築学科 教授・博士 (工学)

*1 TODA Corporation *2 SWCC Corporation

*3 Associate Professor, IIR, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.

*4 Prof., Dept. of Architecture, School of Science and Technology, Meiji Univ., Dr.Eng.