

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1 高ゴム総厚弾性すべり支承の概要と地震応答解析
Title(English)	Study on Based-isolated buildings using elastic sliding bearings with high total rubber thickness (Part 1: Summary of elastic sliding bearings with high total rubber thickness and Seismic response analysis)
著者(和文)	得能将紀, 丸尾純也, 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)	Masaki Tokunou, Junya Maruo, 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. 823-824
Citation(English)	, 構造II, , pp. 823-824
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1 高ゴム総厚弾性すべり支承の概要と地震応答解析

免震構造 弾性すべり支承 地震応答解析  
耐震設計 耐風設計 オイルダンパー

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

1. はじめに

近年免震部材の大型化に伴い、免震構造の超高層建物への適用も増えている<sup>1)</sup>。超高層免震建物は、上部構造の高層化により建物に作用する風外力が増大し、また同一規模の基礎固定とした建物に比べて固有周期が長くなる傾向にあるため、免震建物の耐震性能だけでなく耐風性能についても配慮した設計が必要となる<sup>2)</sup>。

免震部材の1つに高摩擦タイプの弾性すべり支承（以下、弾性すべり支承）がある。弾性すべり支承は、弾性体である積層ゴムとすべり材を直列に結合したもので、耐震設計ではすべり材が摺動することによる免震層の長周期化と摩擦によるエネルギー吸収を期待している。耐風設計においては、継続時間の長さから風荷重に対して免震層を弾性挙動する範囲に留めることを基本としている。弾性すべり支承は、すべり材がすべり荷重に達するまでは直列の積層ゴムのみが変形し弾性挙動することから、耐風設計では弾性すべり支承の基数を増やすことで、すべり荷重を風荷重より大きくする必要はある。

一般的に弾性すべり支承の初期剛性は天然ゴム系積層ゴム支承よりも高いことから、弾性すべり支承の基数を増やすことは免震層の初期剛性を高めることになり、長周期化させて地震力を低減している耐震設計とはトレードオフの関係となる。そこで初期剛性を高めることなくすべり出し変位を大きくすることを目的として、弾性すべり支承の積層ゴム部分の総厚を高くした高ゴム総厚弾性すべり支承を用いることを提案する。提案機構（図1）は耐震設計と耐風設計の両者を満足できる可能性がある。また、すべり出し変位が大きいことに着目し、小振幅領域でも減衰効果を発揮する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<sup>3)</sup>を用いることで、小振幅領域においても減衰を確保することが可能となる。本報では、高ゴム総厚弾性すべり支承の概要と免震建物に適用した場合の地震応答解析結果について報告する。

2. 高ゴム総厚弾性すべり支承の概要

弾性すべり支承の概要を図2に示す。一般的に採用されている弾性すべり支承はゴム総厚40mm程度に対し、高ゴム総厚弾性すべり支承はゴム総厚90mmと仮定する。

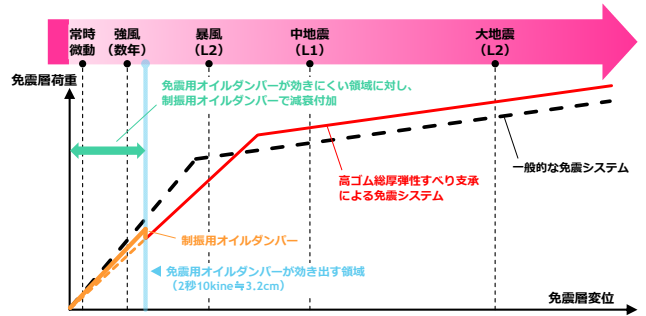


図1 高ゴム総厚弾性すべり支承を用いた免震システム

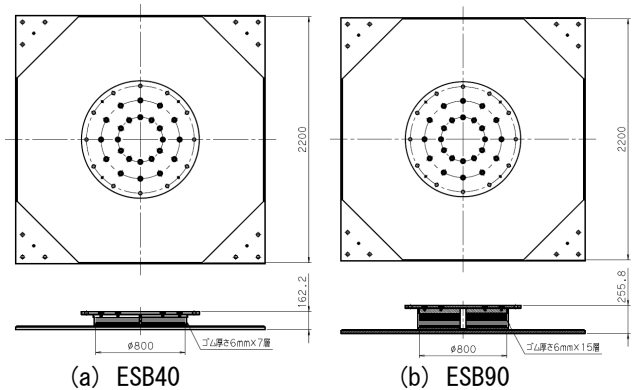


図2 弾性すべり支承の概要

表1 解析パラメータ

モデル名	免震装置
ESB40	弾性すべり支承（ゴム総厚40mm）
ESB90	弾性すべり支承（ゴム総厚90mm）
ESB90+0D	オイルダンパー付き弾性すべり支承（ゴム総厚90mm）

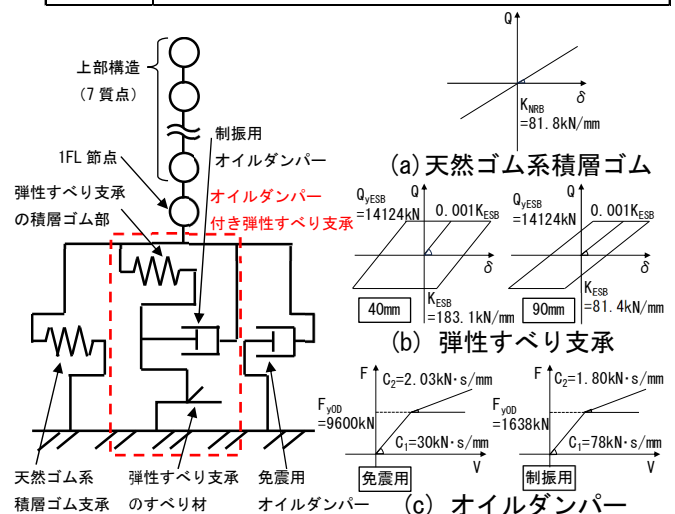


図3 解析モデル概要

Study on Based-isolated buildings using elastic sliding bearings with high total rubber thickness  
(Part 1: Summary of elastic sliding bearings with high total rubber thickness and Seismic response analysis)

TOKUNO Masaki\*<sup>1</sup>, MARUO Junya\*<sup>1</sup>,  
NAKAMURA Takumi\*<sup>1</sup>, INAI Shinsuke\*<sup>1</sup>, KATO Naoki\*<sup>2</sup>,  
MISU Motoki\*<sup>2</sup>, SATO Daiki\*<sup>3</sup>, KOBAYASHI Masahito\*<sup>4</sup>

一次剛性はゴム総厚と反比例の関係になるため、高ゴム総厚弾性すべり支承の初期剛性は1/2程度となる。

### 3. 地震応答解析

検証は耐震設計にのみ着目し性能を決定したゴム総厚40 mmのモデル(以下、ESB40モデル)、ESB40モデルを高ゴム総厚弾性すべり支承に変更したモデル(以下、ESB90モデル)に加えてオイルダンパー付き弾性すべり支承を本機構に適用を想定したモデル(以下、ESB90+ODモデル)との比較により行う(表1)。解析モデルは鉄骨造地上150 mの基礎免震建物を想定した等価せん断モデルとし、基礎固定時の固有周期は4.5 sである。減衰は初期剛性比例型で1%とした。免震層は、各モデルの弾性すべり支承に加え、天然ゴム系積層ゴム支承と免震用オイルダンパーによる構成とした(図3)。入力地震動は図4に示す2段階の入力レベルとした。

各モデルにおける免震層の荷重変形関係を図5に示す。弾性すべり支承の基数が同じであるため、ESB90モデルの方がすべり出し変位は大きく、免震層全体の弾性範囲が約1.4倍広がっている。これにより耐風設計上はESB90モデルの方が優位といえる。

CODE-KOにおける高さ方向の相対変位および絶対加速度の最大値を図6および図7に示す。また、各地震波について横軸に免震層変位、縦軸に最上層絶対加速度の各最大値をプロットしたものを図8に示す。ESB40モデルと比較してESB90モデルは免震層変位が大きくなる傾向が見られた。これはESB90モデルの方が弾性すべり支承のすべり出すタイミングが遅いため、弾性すべり支承の履歴吸収エネルギーが減少したためと考えられる(表2)。ESB90+ODモデルでは、付加された制振用オイルダンパーが免震層弾性範囲においてもエネルギー吸収を行うため、免震層変位はESB40モデルと同等となる結果であった。応答絶対加速度については、ESB40モデルよりも初期剛性が小さいESB90、ESB90+ODモデルの方が低減されており、より高い免震効果が得られる結果であった。

### 4. まとめ

本報では、高ゴム総厚弾性すべり支承の概要と免震建物に本機構を適用した場合の地震応答解析結果について報告した。すべり出し変位が大きくなることで免震層の弾性範囲を広げて耐震設計の自由度を確保しつつ、地震時により高い免震効果が得られたことで、本機構が耐震設計と耐風設計の両者を満足できる可能性を示した。

#### 参考文献

参考文献はその2にまとめて示す。

- \*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)

地震波	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	最大速度 (cm/s)
L1 CODE-EL L1 (告示)	74.2	12.3
CODE-HA L1 (告示)	91.8	14.2
CODE-KO L1 (告示)	95.0	15.5
L2 CODE-EL L2 (告示)	251.3	58.6
CODE-HA L2 (告示)	368.0	61.2
CODE-KO L2 (告示)	335.3	68.9

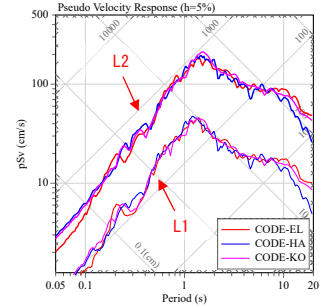


図4 入力地震動諸元

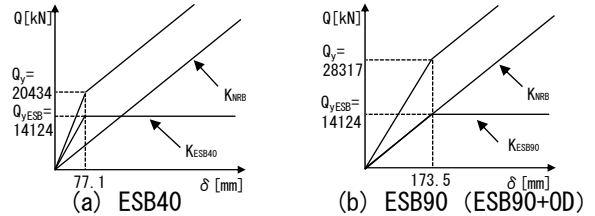


図5 免震層の荷重変形関係

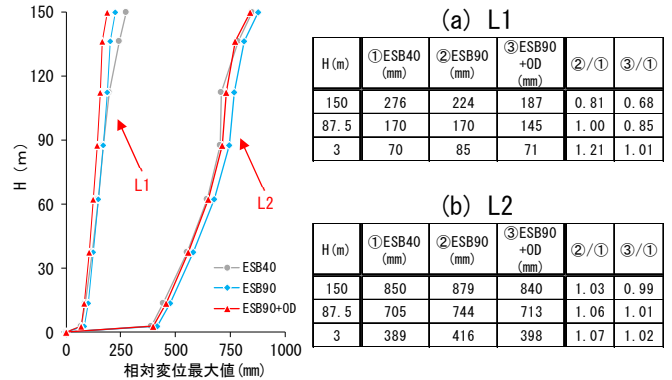


図6 最大応答相対変位 (CODE-KO)

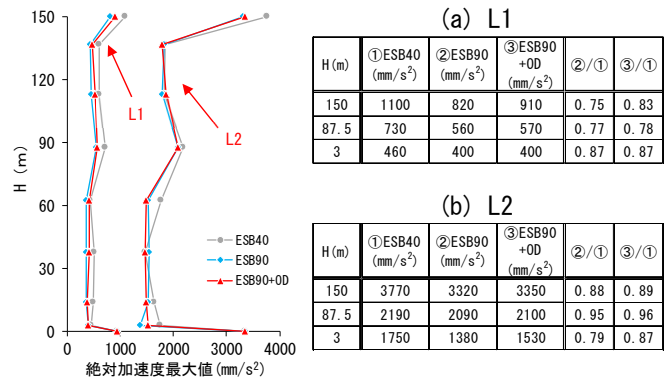


図7 最大応答絶対加速度 (CODE-KO)

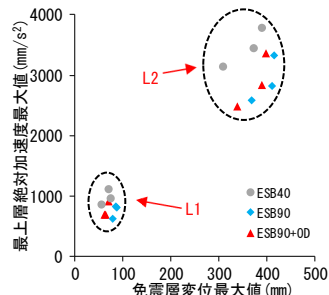


図8 免震層変位と最上層絶対加速度の関係

表2 エネルギーの比率 (CODE-KO)

	① ESB40	② ESB90	③ ESB90+OD
入力	100%	100%	100%
上部構造	11%	10%	10%
NRB	0%	0%	0%
ESB	48%	35%	32%
免震用OD	41%	54%	47%
制振用OD			11%

- \*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.