

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3 実大試験体の載荷実験
Title(English)	Study on Based-isolated buildings using elastic sliding bearings with high total rubber thickness (Part 3: Loading Tests for Full-scale Specimens)
著者(和文)	得能将紀, 丸尾純也, 桑素彦, 稲井慎介, 三須基規, 柳勝幸, 佐藤大樹, 小林正人
Authors(English)	Masaki Tokunou, Junya Maruo, Motohiko Kuwa, Shinsuke Inai, Motoki Misu, Masayuki Yanagi, 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. 835-836
Citation(English)	, 構造II, , pp. 835-836
発行日 / Pub. date	2025, 9
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3 実大試験体の载荷実験

免震構造 弾性すべり支承 実大試験体  
载荷実験 摩擦係数 面圧依存性

正会員 ○得能 将紀\*<sup>1</sup> 同 丸尾 純也\*<sup>1</sup>  
同 桑 素彦\*<sup>1</sup> 同 稲井 慎介\*<sup>1</sup>  
同 三須 基規\*<sup>2</sup> 同 柳 勝幸\*<sup>2</sup>  
同 佐藤 大樹\*<sup>3</sup> 同 小林 正人\*<sup>4</sup>

1. はじめに

筆者等は、高摩擦タイプの弾性すべり支承の積層ゴム部分の総厚を大きくした高ゴム総厚弾性すべり支承の研究を行っている<sup>1)</sup>。提案機構を用いた免震システムは、初期剛性を高めることなくすべり出し変位を大きくできることに特徴がある(図1)。前報では、地震応答解析と風応答解析を実施し、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風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。

本報では、高ゴム総厚弾性すべり支承の実大試験体の载荷実験結果について報告する。

2. 試験体概要

試験体の形状を図2に、試験体の諸元を表1に示す。試験体は実大サイズとしてφ800mmおよびφ600mmをそれぞれ1体ずつ計2体用意した。ゴム総厚は90mmとし、ゴム層数およびゴム厚さについても統一していることから、ゴム外径の違いにより形状係数が異なる試験体とした。いずれの試験体も高摩擦タイプの弾性すべり支承とし、地震時を想定した400mm/s時の摩擦係数の設計値は0.094である。ゴム外径の違いにより一次剛性は異なるが、基準面圧時におけるすべり出し変位はいずれも217mmとゴム総厚20mm~40mmの一般的な弾性すべり支承と比較して大きな値となっている。

3. 実験方法

2軸静的試験機を用いて一定面圧化での水平载荷を行った。载荷条件を表2に示す。面圧をパラメータとして15N/mm<sup>2</sup>から基準面圧の2倍となる40N/mm<sup>2</sup>までの試験を行った。一般的な弾性すべり支承の性能試験では水平変位を±200mmとしているが、本試験体はすべり出し変位が大きいため、水平変位を±300mmと設定した。サイクル数は4サイクルとし、摩擦係数および一次剛性は3サイクル目の履歴特性から算出する(図3)。面圧40N/mm<sup>2</sup>の試験においては試験機の都合により1サイクルのみとなったため、1サイクル目の履歴特性から算出する。摩擦係数

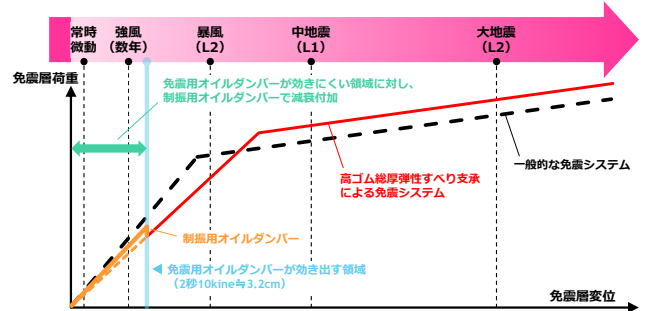


図1 高ゴム総厚弾性すべり支承を用いた免震システム<sup>1)</sup>

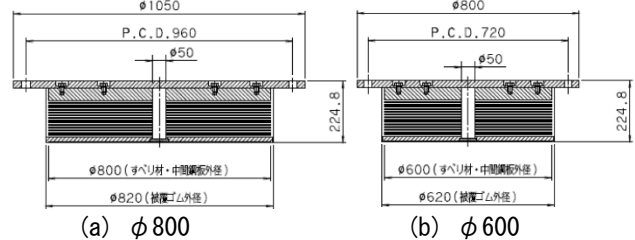


図2 ゴム総厚90mm試験体図

表1 試験体概要

試験体名称	φ800	φ600
ゴム外径	800 mm	600 mm
ゴム内径	50 mm	
ゴム厚さ	6 mm	
ゴム層数	15	
ゴム総厚	90 mm	
ゴムせん断弾性率	0.78 N/mm <sup>2</sup>	
形状係数 S <sub>1</sub> /S <sub>2</sub>	31.3/8.9	22.9/6.7
中間鋼板厚さ	3.2 mm	
基準面圧	20 N/mm <sup>2</sup>	
鉛直剛性	7,560 kN/mm	3,560 kN/mm
一次剛性	4.34 kN/mm	2.43 kN/mm
摩擦係数 (基準面圧時、400 mm/s時)	0.094	
すべり出し荷重(基準面圧時)	945 kN	532 kN
試験体数	1体	1体

表2 载荷条件

面圧 [N/mm <sup>2</sup> ]	速度	水平変位	サイクル数
15, 17, 18, 20, 30	5 mm/s 一定 (三角波)	±300 mm	4
40			1

Study on Based-isolated buildings using elastic sliding bearings with high total rubber thickness  
(Part 3: Loading Tests for Full-scale Specimens)

TOKUNO Masaki\*<sup>1</sup>, MARUO Junya\*<sup>1</sup>,  
KUWA Motohiko\*<sup>1</sup>, INAI Shinsuke\*<sup>1</sup>, MISU Motoki\*<sup>2</sup>,  
YANAGI Masayuki\*<sup>2</sup>, SATO Daiki\*<sup>3</sup>,  
KOBAYASHI Masahito\*<sup>4</sup>

は水平変位が+200 mm 時と-200 mm 時の水平荷重の値をその時の鉛直荷重で除した値の平均値として算出する。一次剛性は図 3 破線部の傾きの平均値として算出する。

#### 4. 実験結果

φ 800 および φ 600 試験体について、高面圧試験後に実施した面圧 20 N/mm<sup>2</sup> 時の水平荷重変位関係を図 4 に例示する。積層ゴム部の形状によらず、座屈挙動等の耐力低下が生じない安定した履歴特性が得られた。ゴム総厚に対して積層ゴム受圧面積が小さい方が一次剛性は低くなるため<sup>2)</sup>、本試験体においても φ 800 と比較して φ 600 の方が一次剛性は小さい結果となり、同様の傾向を示した。

面圧と摩擦係数の関係を図 5 に示す。摩擦係数は面圧の増加とともに低下する面圧依存性の特性を有していることがわかる。ゴム総厚 20 mm~40 mm の一般的な高摩擦タイプの弾性すべり支承を対象とした実大モデルおよび縮小モデルを用いた実験から、摩擦係数の面圧依存性が(1)式の通り評価されている<sup>3)</sup>。

$$\mu = 0.094 \times (-0.4388 \ln(\sigma) + 2.3094) \quad \dots (1)$$

σ : 面圧 [N/mm<sup>2</sup>]

(1)式をゴム総厚 90 mm の本試験体に準用すると低面圧側でばらつきが大きくなるものの、実験で得られた結果と概ね対応している。

面圧と一次剛性の関係を図 6 に示す。面圧の変動による一次剛性の変化率は 10 %程度と一般的な弾性すべり支承よりもやや大きい傾向を示した。これは、一般的な弾性すべり支承と比較して、二次形状係数が小さく、すべり出し時の積層ゴム部の変形量が大きいいため、積層ゴム支承としての特性が大きく表れたためと考えられる。

#### 5. まとめ

本報では、高ゴム総厚弾性すべり支承の実大試験体の載荷実験結果について報告した。積層ゴム部分のゴム総厚を大きくすることにより、一次剛性を低くしつつ安定した履歴特性を示すことが確認された。面圧による摩擦係数の変化率は一般的な弾性すべり支承と同等であり、従来の面圧依存式と概ね対応することが確認された一方で、一次剛性の変化率は一般的な弾性すべり支承よりもやや大きな傾向を示した。これは積層ゴム部の変形量に起因するものと考えられ、今後の実験によって明らかにする予定である。

#### 参考文献

- 1) 得能他：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)~(その 2),日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.823-826,2024.7
- 2) 日本建築学会：免震構造設計指針,2013
- 3) SWCC 株式会社：弾性すべり支承技術資料,2023.10.11

\*1 戸田建設株式会社  
\*2 SWCC 株式会社

\*3 東京科学大学 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)

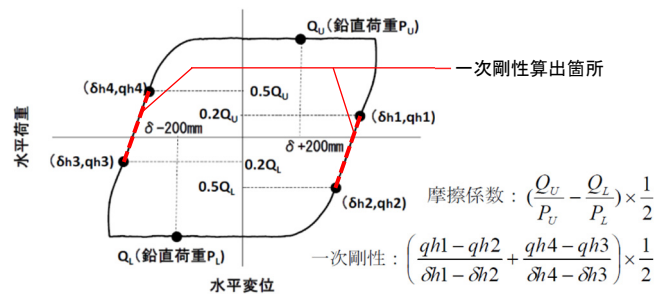
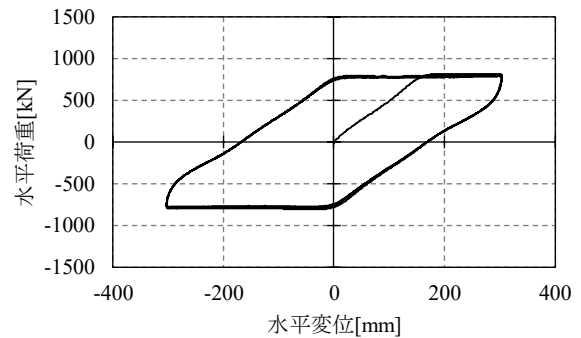
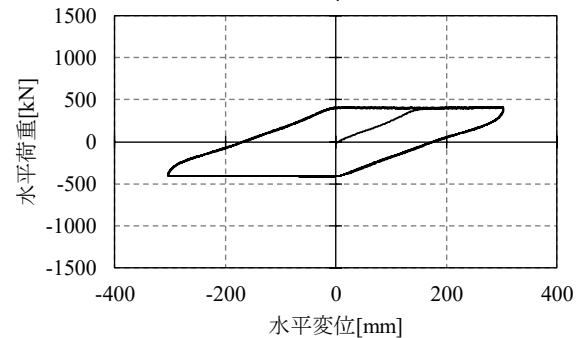


図 3 一次剛性および摩擦係数の算出方法



(a) φ 800



(b) φ 600

図 4 荷重変位関係 (面圧 20N/mm<sup>2</sup>)

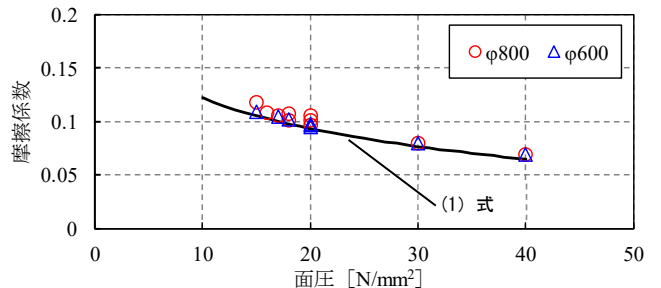


図 5 摩擦係数の面圧依存性

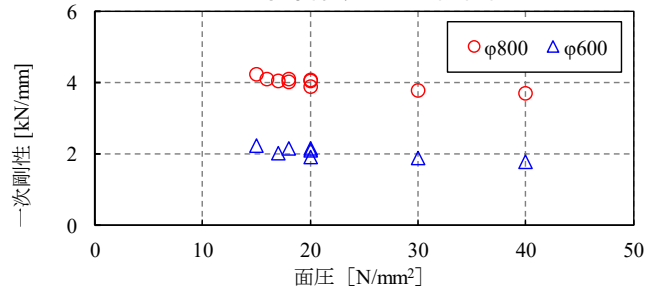


図 6 一次剛性の面圧依存性

\*1 TODA Corporation      \*2 SWCC Corporation  
\*3 Associate Professor, IIR, Institute of Science Tokyo, Dr.Eng.  
\*4 Prof., Dept. of Architecture, School of Science and Technology, Meiji Univ., Dr.Eng.