

建築研究開発コンソーシアム 2024年度研究助成制度・社会実装連携・協力事業成果報告

応募研究テーマ名

中規模木造用高耐震・制震化システムの開発

研究会名称

研究会 「中規模木造用高耐震・制震化システムの開発」

【研究会構成(2024年6月時点)】
主査：古田 智基(愛知淑徳大(元西日本工業大)) 幹事：脇田 健裕(早大)
副査：中尾 方人(横国大)
建材試験センター，構造計画研究所，日本システム設計
オブザーバー：住友ゴム工業

[研究会参加人数：8名]

研究の期間

令和6年 6月～令和7年 3月

今回の研究の概要(背景と目的)

研究会「中規模木造用高耐震・制震化システムの開発」

中規模木造用高耐震・制震化システムの開発

研究の背景

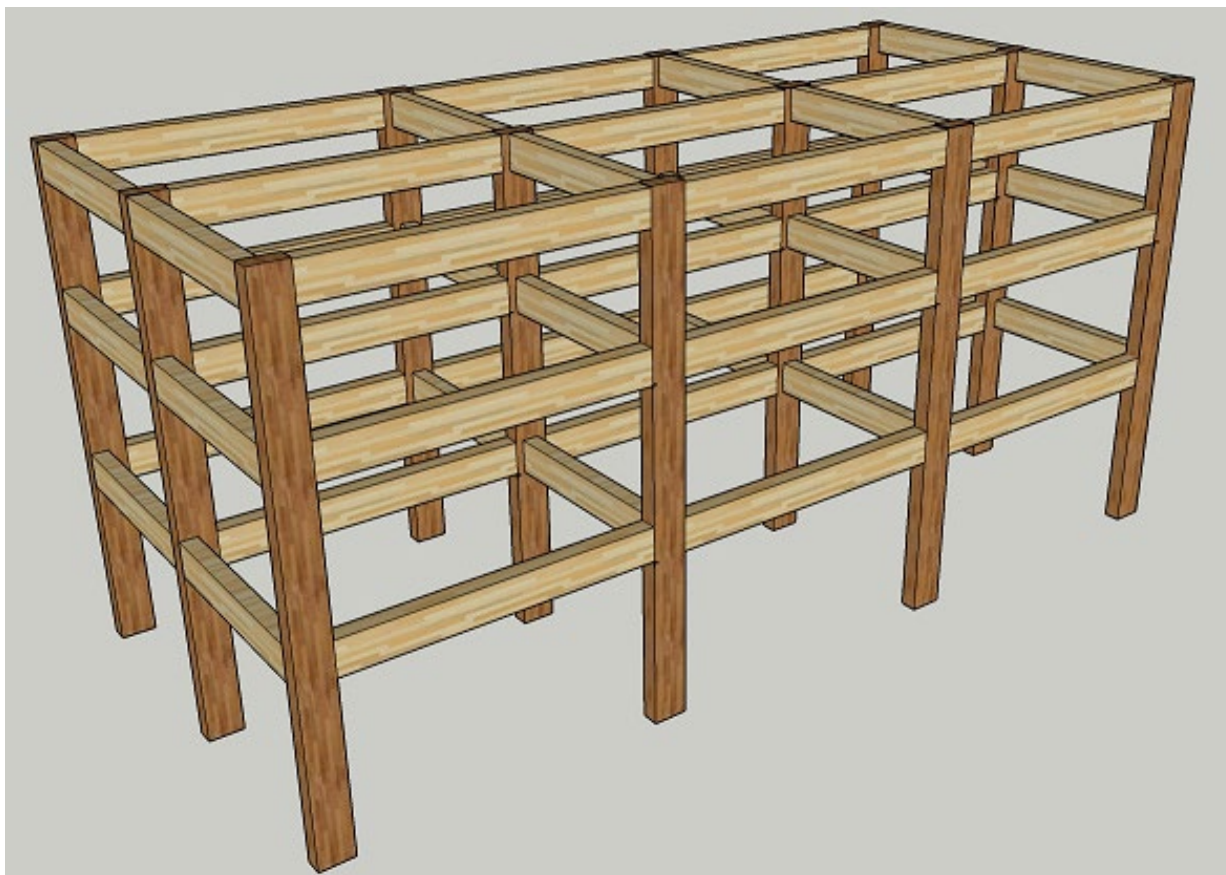
木質ラーメン構造は、平面計画の自由度は高いが、柱梁接合部が剛節ではなく回転バネでモデル化される半剛節であり、水平剛性やエネルギー吸収能力、靱性能が低いという欠点がある。木質ラーメン構造を広く普及させるためには、このことに対して合理的な解決策が必要である。

S造やRC造などの建築物や、木造住宅などの小規模建築物向けの制震ダンパーは多く開発されているが、木質ラーメンのような中規模木造建築物向けのダンパーは存在しない。

研究の目的

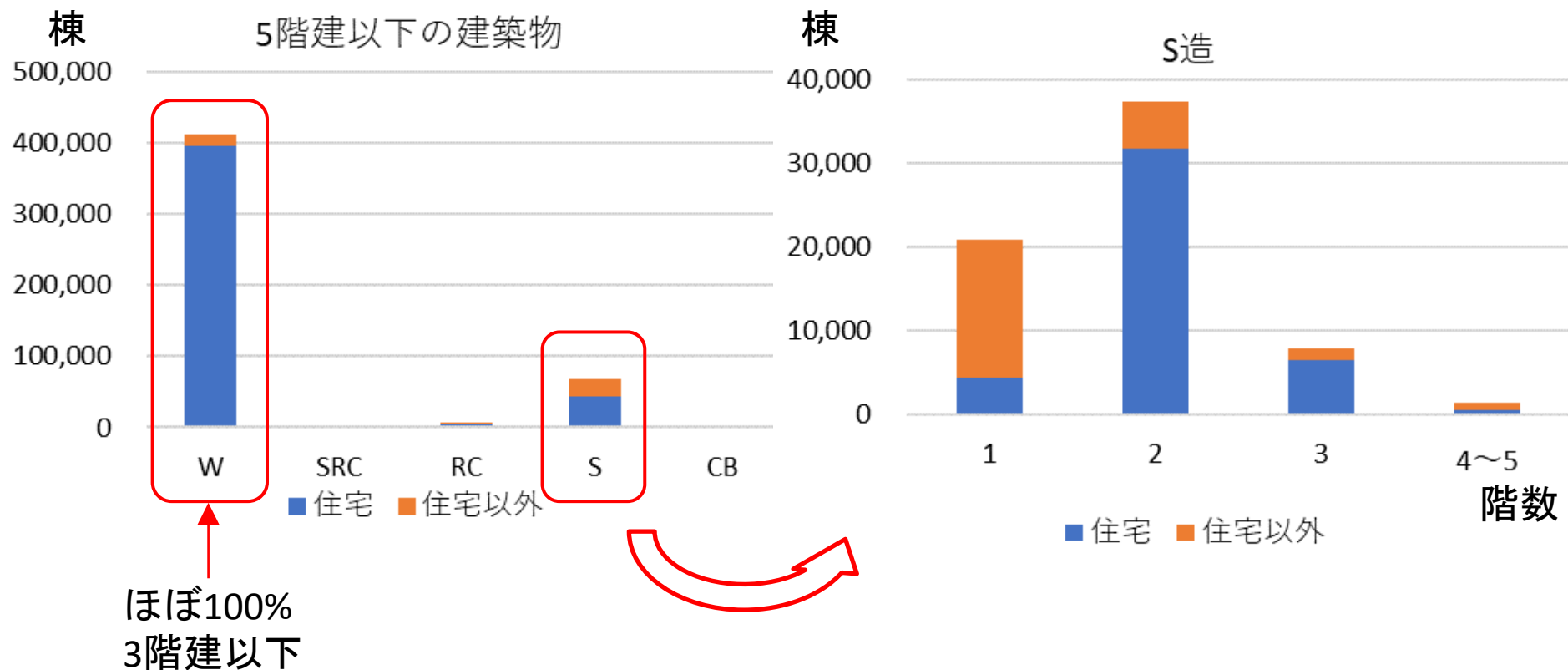
木質ラーメン構造のような中規模木造建築物を対象に考案した、摩擦と高減衰ゴムを併用したハイブリッドダンパーを試作し、その性能を動的試験によって確認する。

木質ラーメン構造



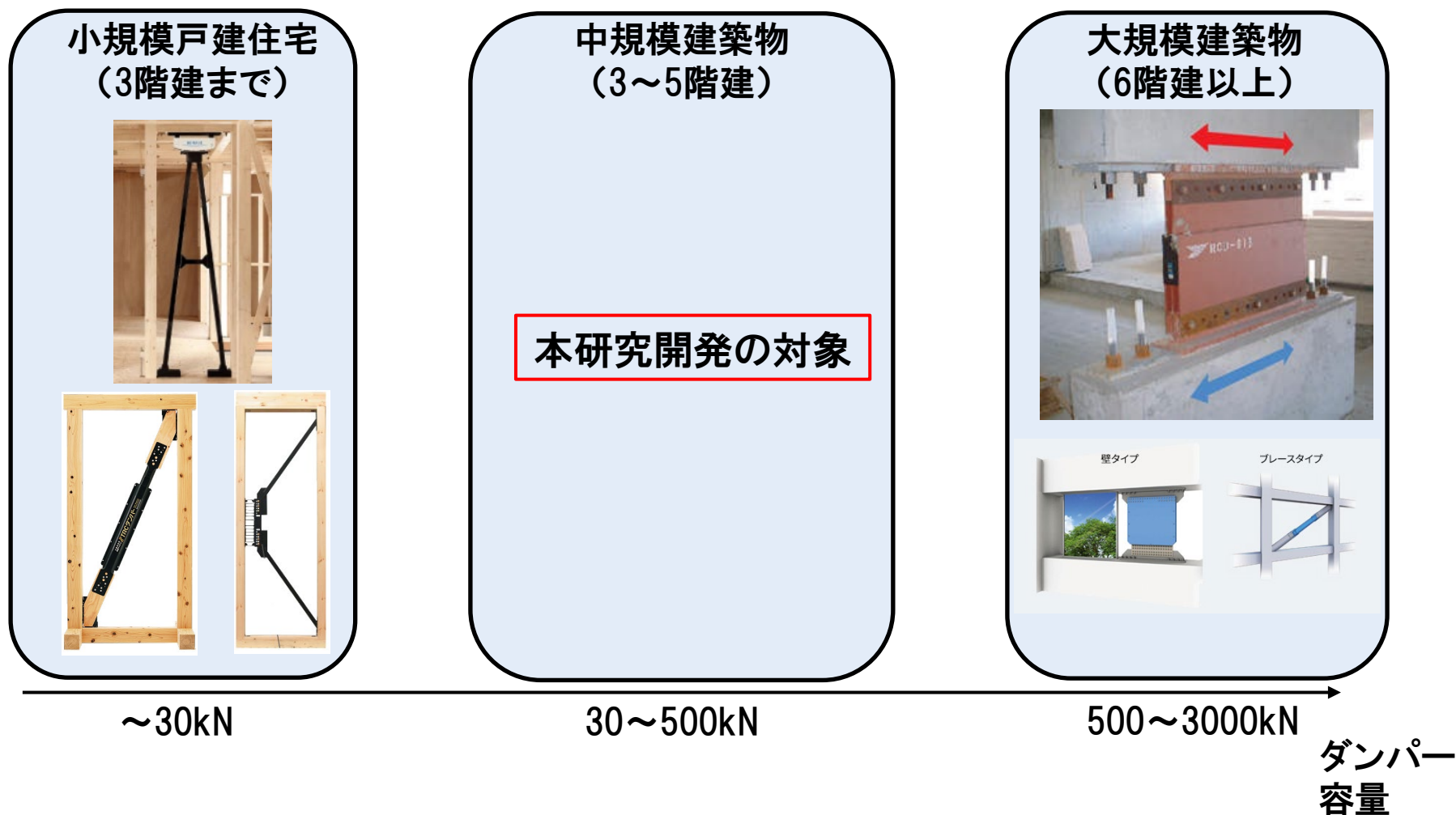
脱炭素社会の実現，地域経済の活性化などのため，大断面集成材を柱や梁に用いる「**木質ラーメン構造**」に期待が寄せられている。

2021年度 建築着工統計調査



- 小規模木造住宅には、各種制震ダンパーが存在する。
- S造の低層建築物は**木質ラーメン構造**に置き換えることが可能。
- 3階建を対象に開発を進めているが、2階建以下にも適用可能。
- 4～5階建にも応用できる。

対象技術・関連技術の現状及び動向



- 小規模戸建住宅用、大規模建築物用制震ダンパーは存在するが、中規模建築物用のダンパーは存在しない。

高減衰ゴム

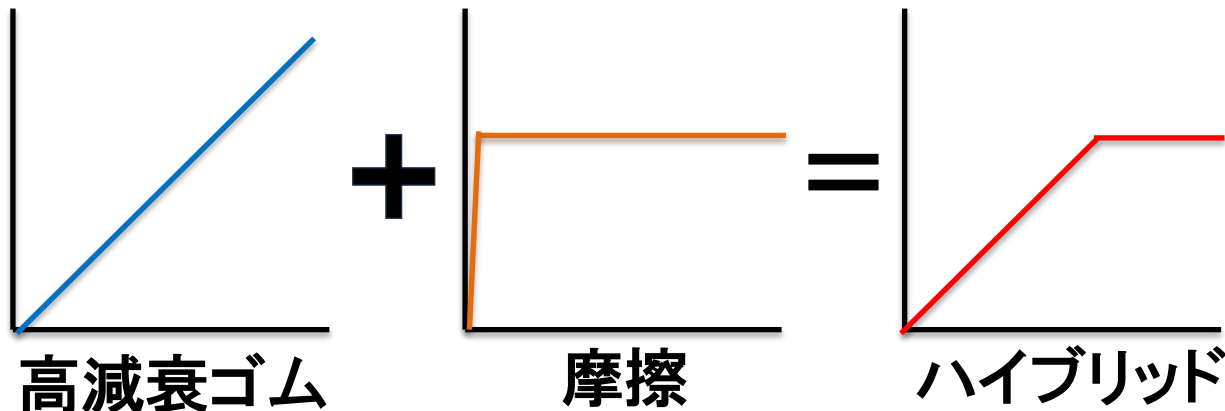
剛性，減衰性能を有し，繰り返し载荷でも性能低下が小さい。しかし，変形とともに荷重が上昇し続ける。



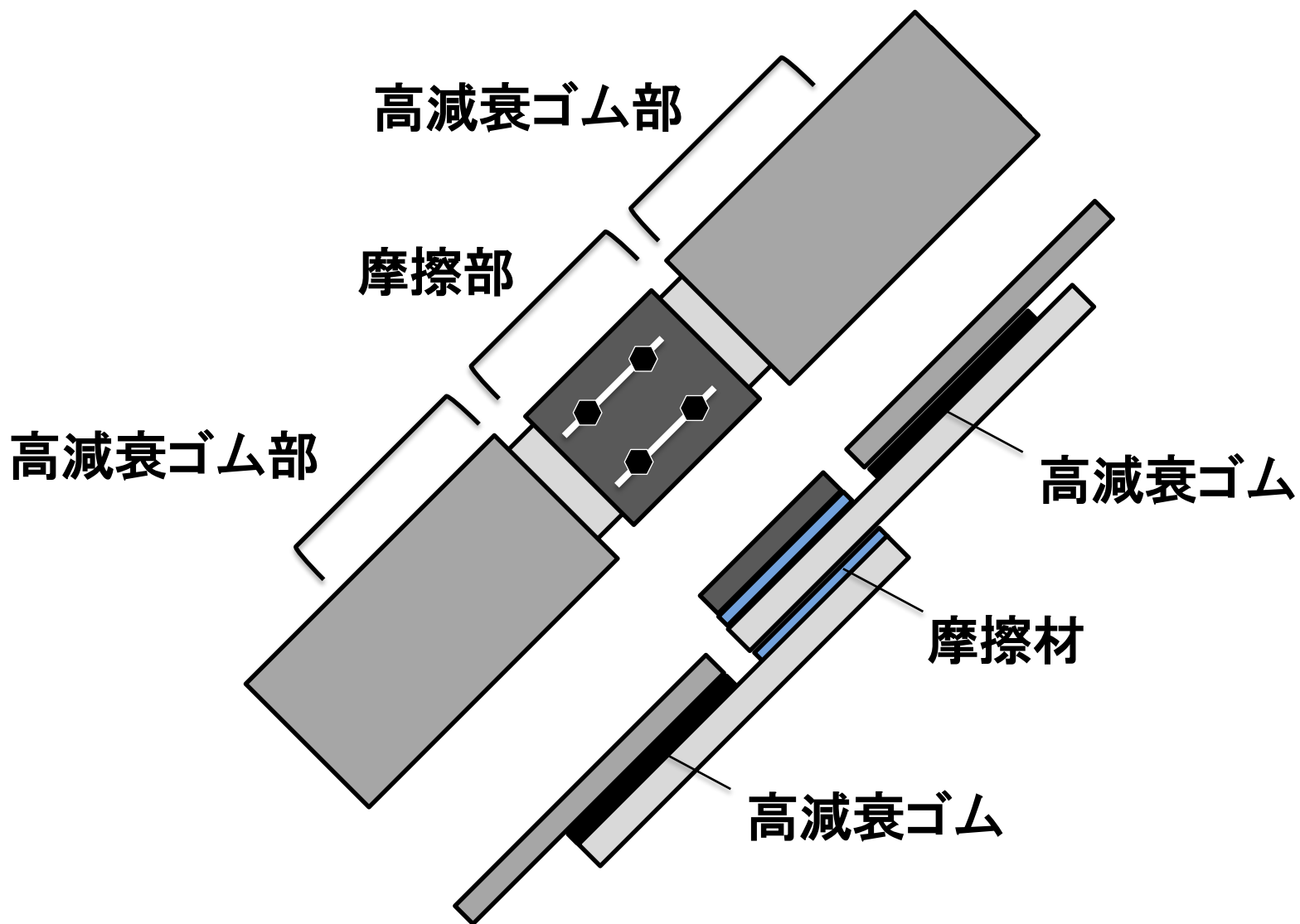
木質ラーメン接合部で損傷のおそれ



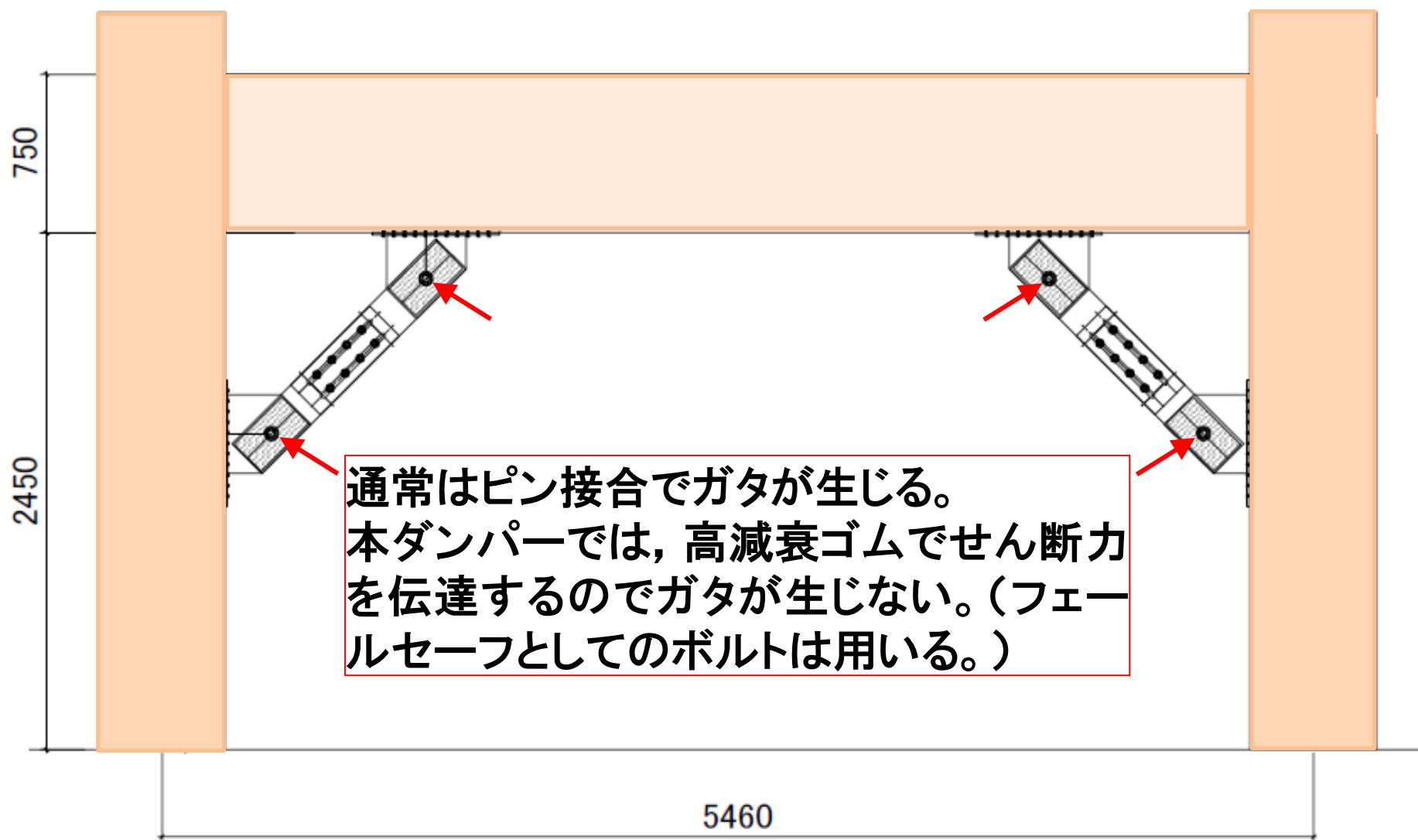
摩擦部で荷重を頭打ち



ハイブリッドダンパーのイメージ



木質ラーメン架構への取り付けイメージ

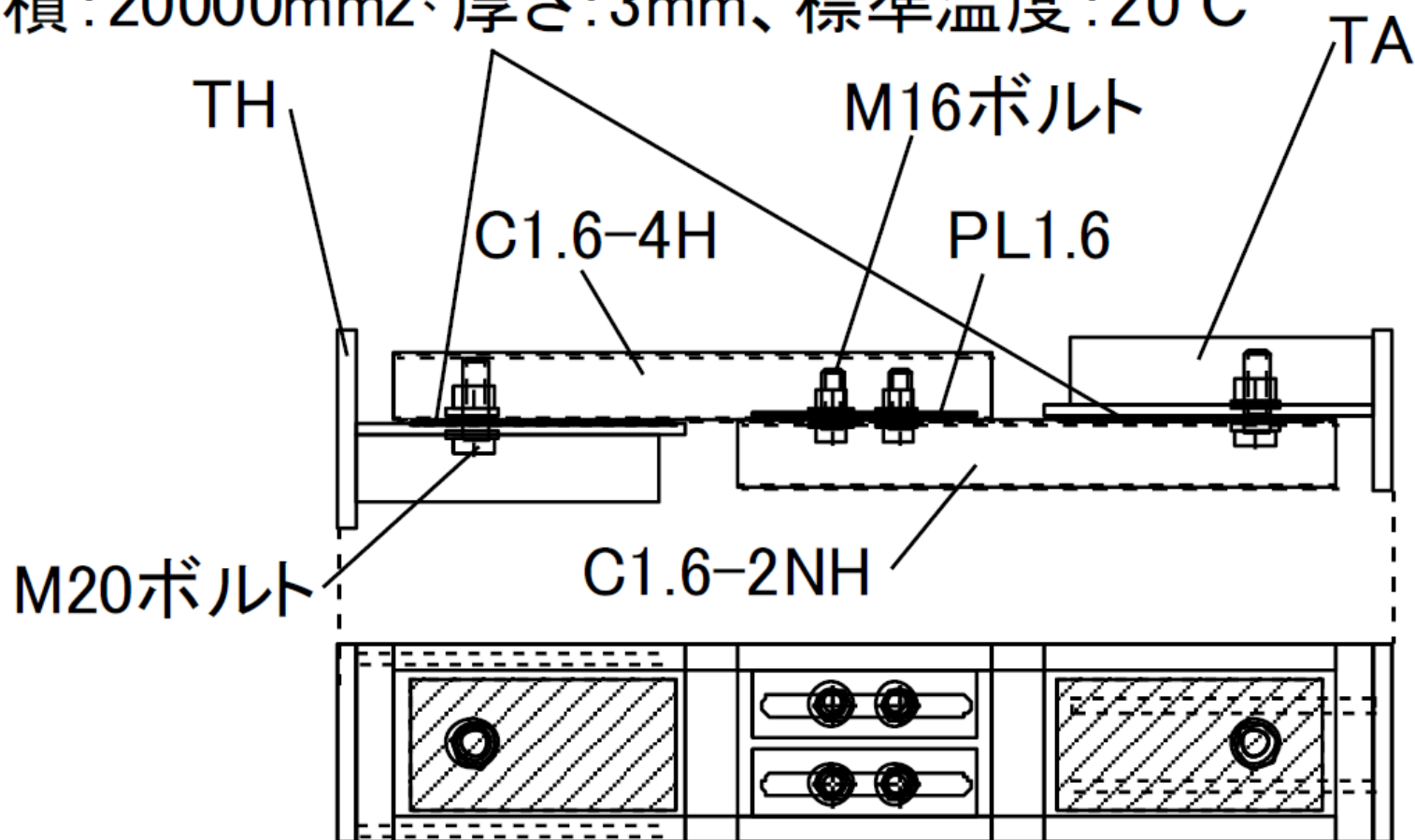


既往の文献調査	2024 年 4 月～2024 年 5 月	木質ラーメン構造に関する既往の文献調査を行い、柱梁接合部の形式に応じた回転剛性や降伏耐力、限界変形角を把握し、データベース化する。
ハイブリッドダンパーの設計・製作	2024 年 6 月～2024 年 7 月	3 層の木質ラーメン構造を例に、ダンパーの必要剛性を求め、設計・製作を行う。
架構へのハイブリッドダンパーの取り付け方法の検討・実験	2024 年 8 月～2024 年 9 月	ダンパーの応力を効率良く架構に伝達できるディテールを検討し、静的な要素実験で確認検証する。
ハイブリッドダンパーの性能検証	2024 年 10 月～2024 年 12 月	小型振動台もしくはアクチュエータにより、製作した制震ダンパーに動的加力を行い、その性能を検証する。
限界耐力計算による設計方法の検討・設計支援ツールの開発	2025 年 1 月～2025 年 3 月	上記までの実験検証を通して、限界耐力計算による設計例を作成し、設計方法を検討する。また、許容応力度計算と同程度の手間で耐震設計ができるように、設計支援ツール(コンピュータプログラム)を開発する。

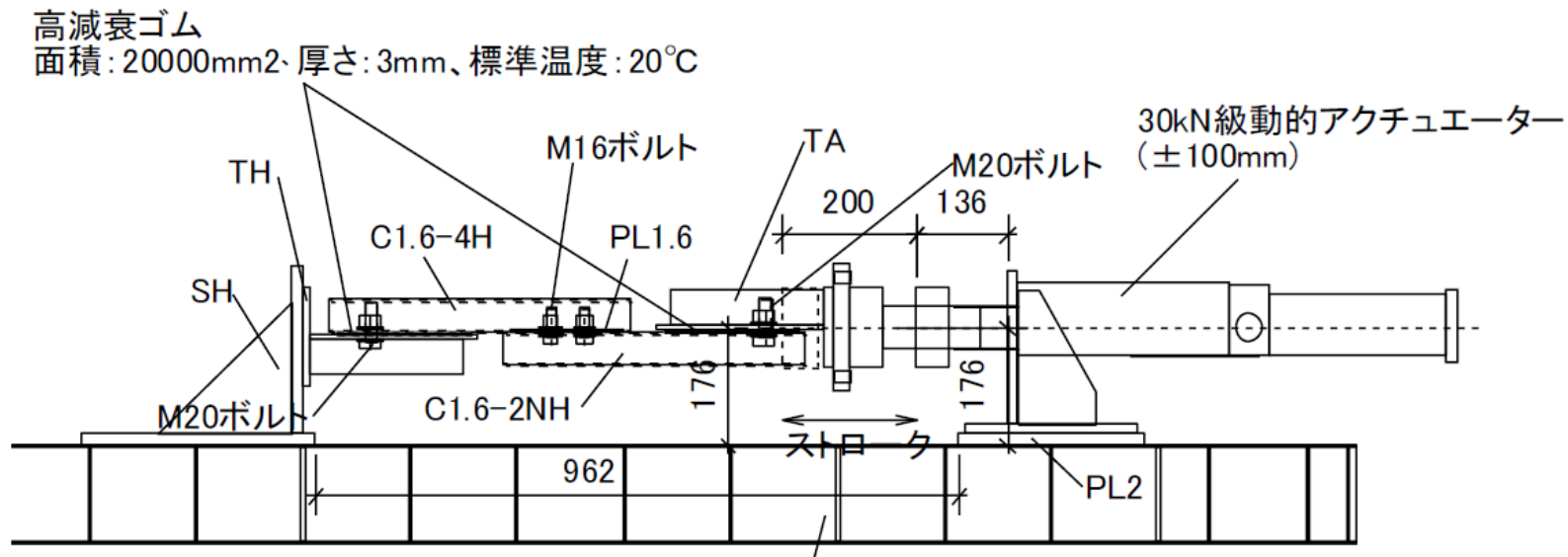
ハイブリッドダンパーの試作品(約1/2スケール)

高減衰ゴム

面積: 20000mm²、厚さ: 3mm、標準温度: 20°C



試験装置

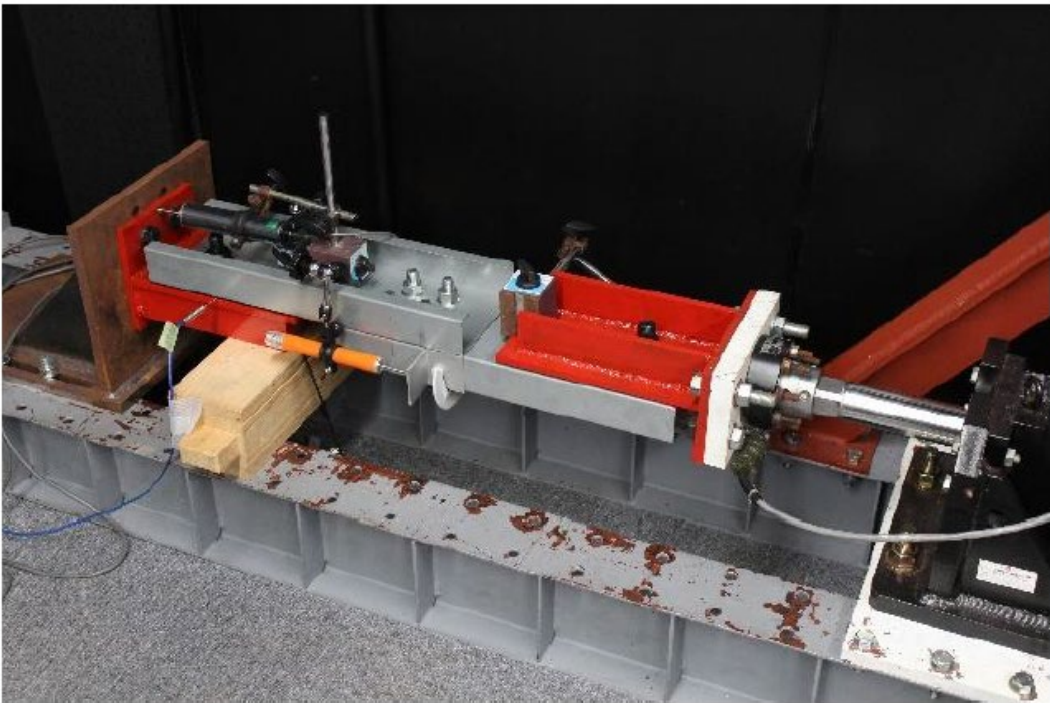


目標変位(mm) : 1.8, 2.8, 4.1, 5.5, 8.3, 11.0, 16.5, 27.6

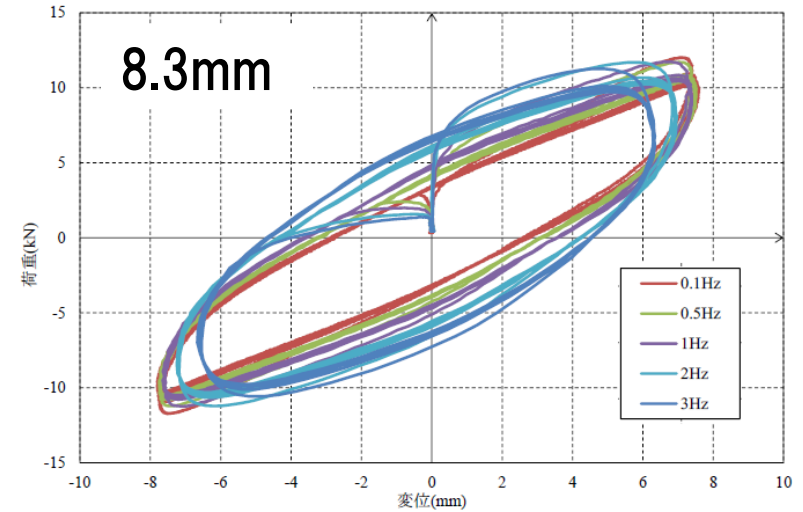
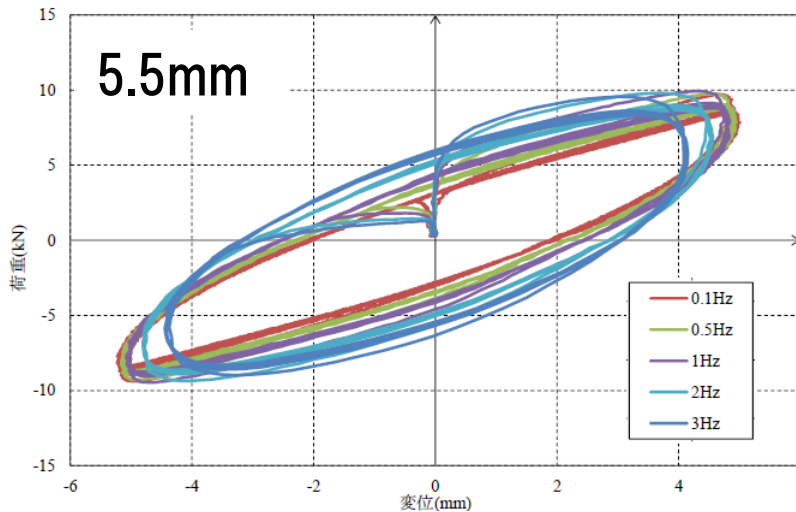
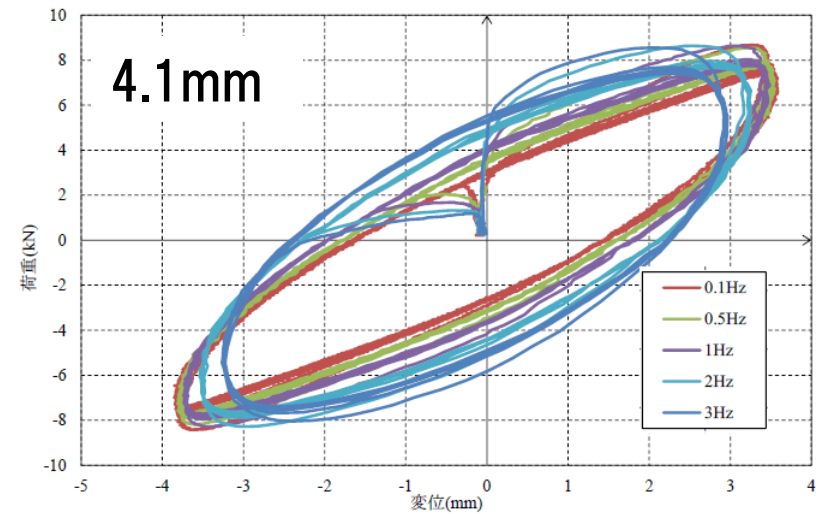
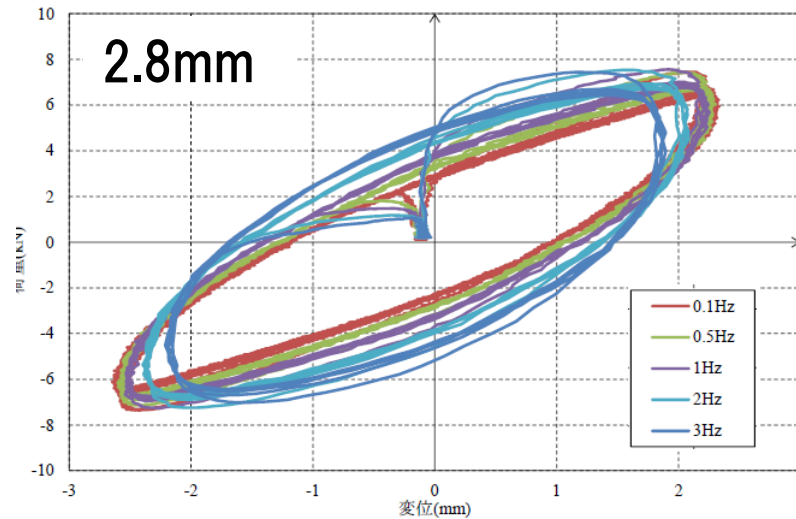
想定変形角(rad): $\frac{1}{450}$ $\frac{1}{300}$ $\frac{1}{200}$ $\frac{1}{150}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{75}$ $\frac{1}{50}$ $\frac{1}{30}$

振動数(Hz) : 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0

ボルト締め付けトルク(N·m) : 70, 50

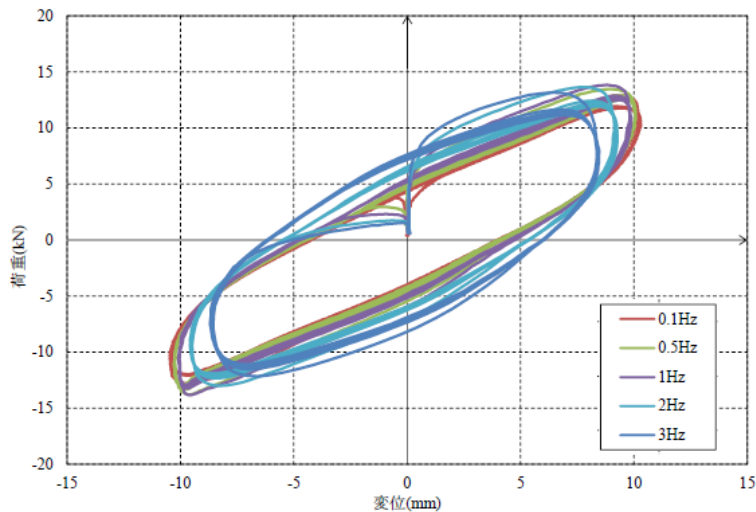


荷重-変位関係(ボルトトルク70N・m, 全体変位)

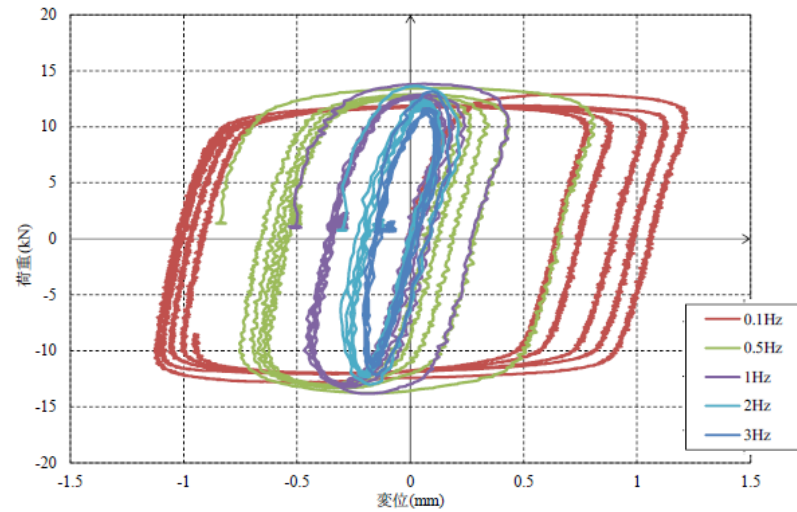


- 8.3mm(約12kN)まで摩擦部での滑りは生じなかった。
- 高減衰ゴム部のせん断剛性は2.7kN/mm程度。
- H_{eq} (等価粘性減衰定数)は25%程度以上。

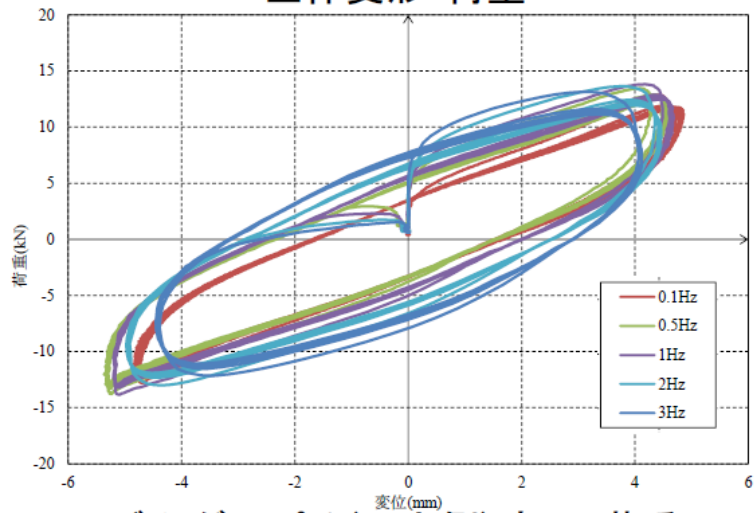
荷重-変位関係(ボルトトルク70N・m, 11mm)



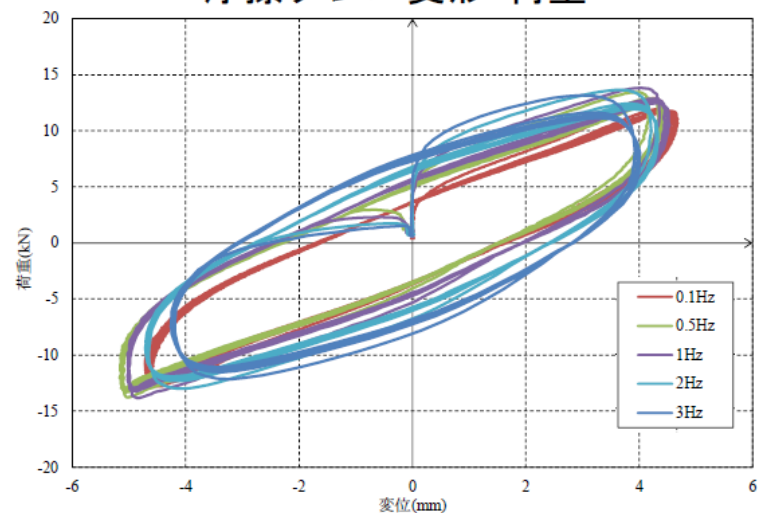
全体変形-荷重



摩擦ダンパ変形-荷重



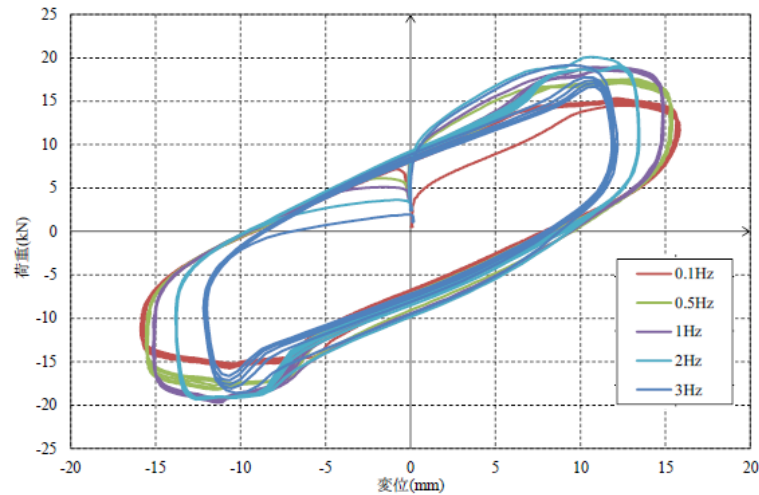
ゴムダンパ1(反力側)変形-荷重



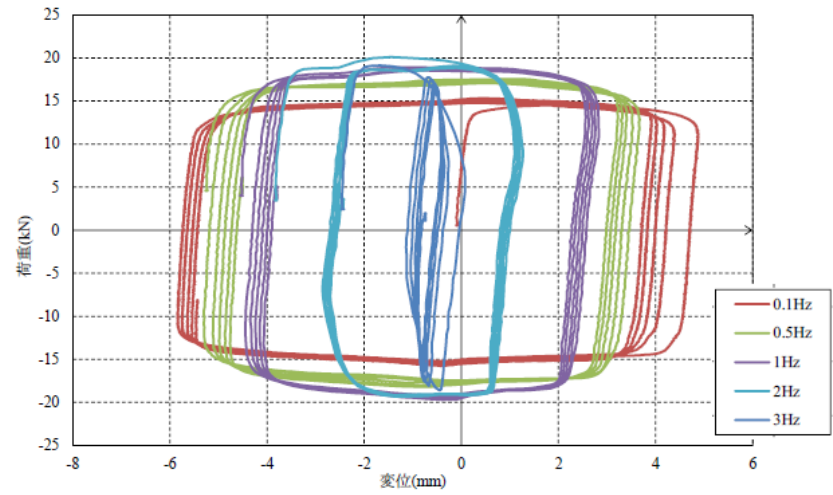
ゴムダンパ2(ヘッド側)変形-荷重

- 11mm(約14kN)では、摩擦部での滑りが生じた。
- 振動数によって滑り変位に差が生じた。(アクチュエーターの特性による。)

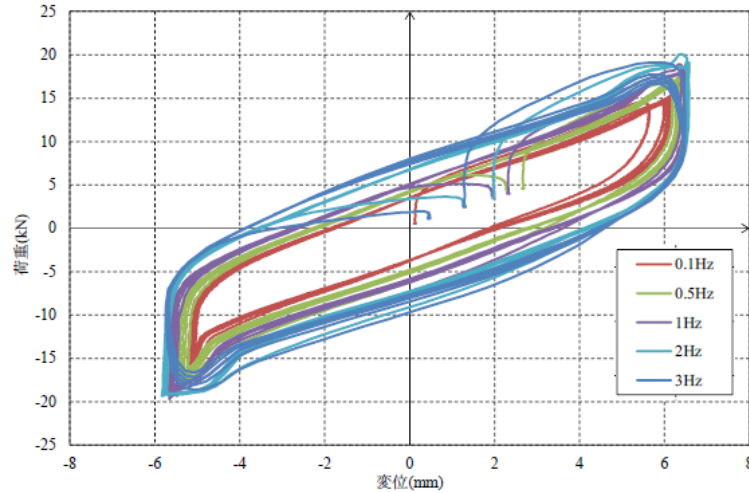
荷重-変位関係(ボルトトルク70N・m, 16.5mm)



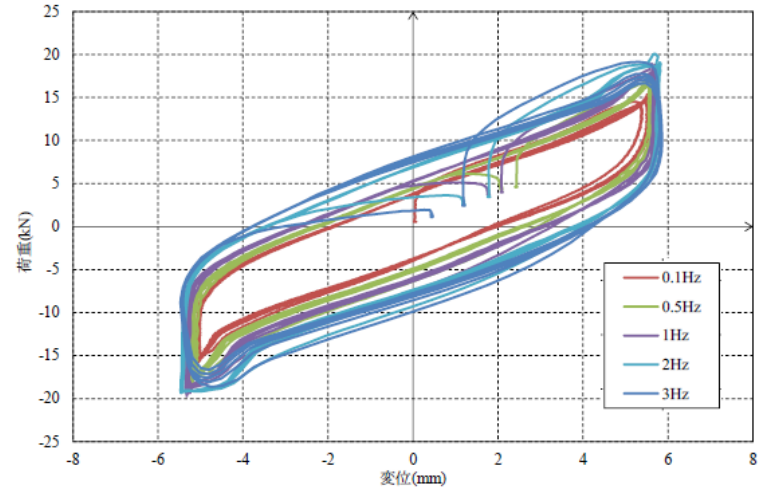
全体変形-荷重



摩擦ダンパ変形-荷重



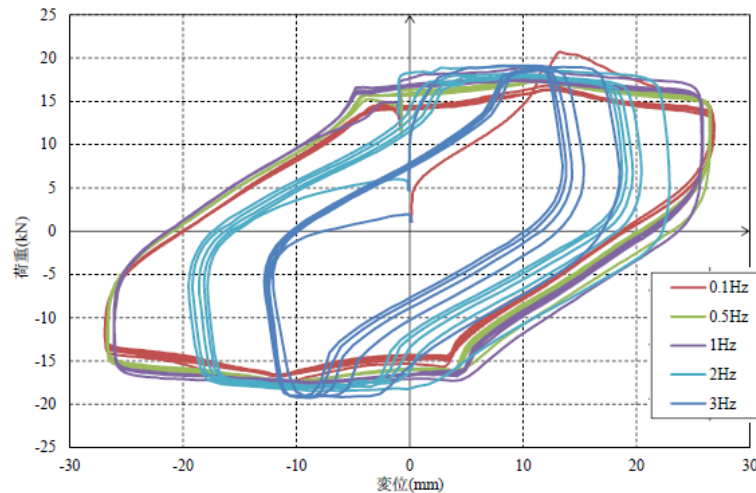
ゴムダンパ1(反力側)変形-荷重



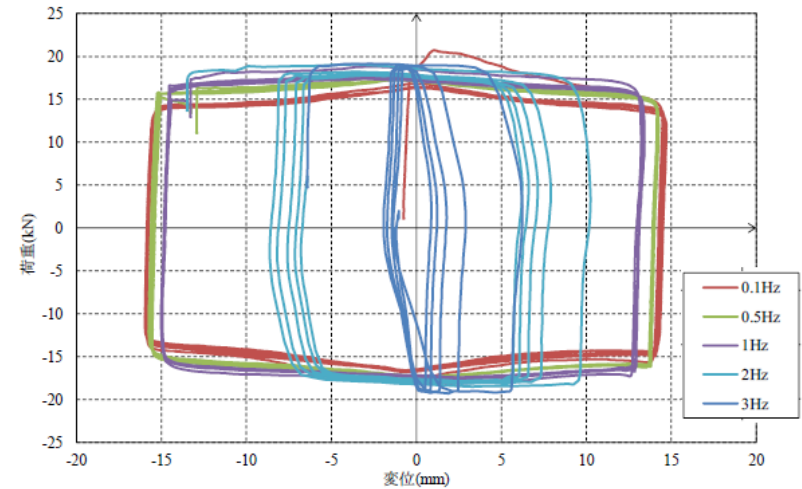
ゴムダンパ2(ヘッド側)変形-荷重

- 荷重が15～20kNで頭打ちになっている。
- 両端の高減衰ゴム部の履歴はほぼ同じ。(偏りが無い)

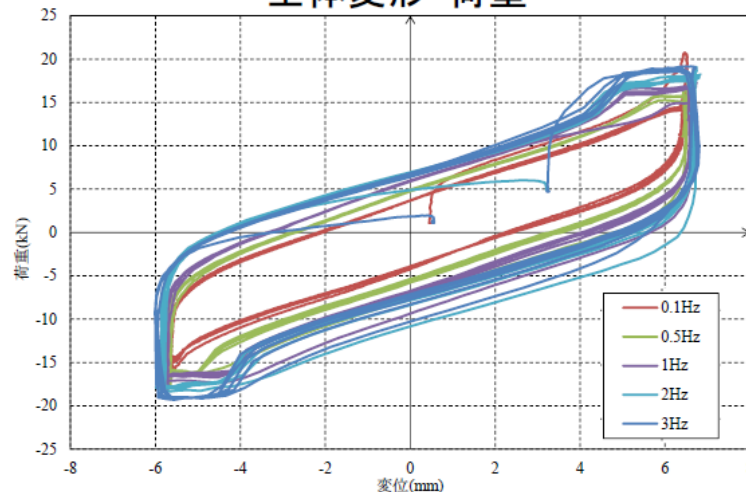
荷重-変位関係(ボルトトルク70N・m, 27.6mm)



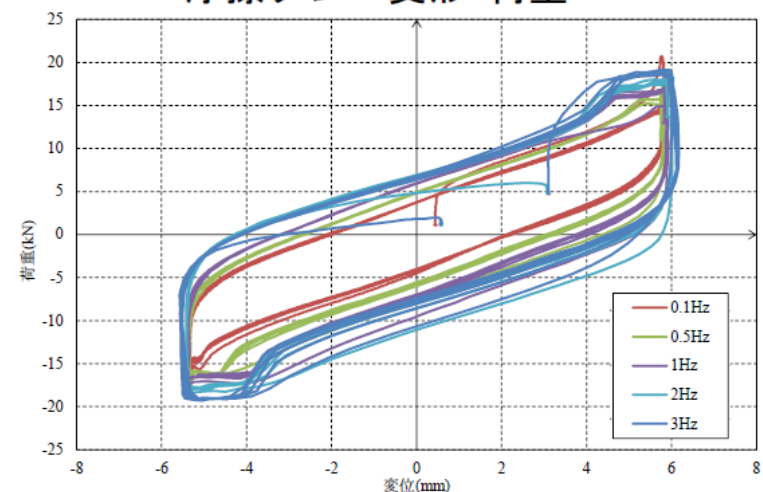
全体変形-荷重



摩擦ダンパ変形-荷重



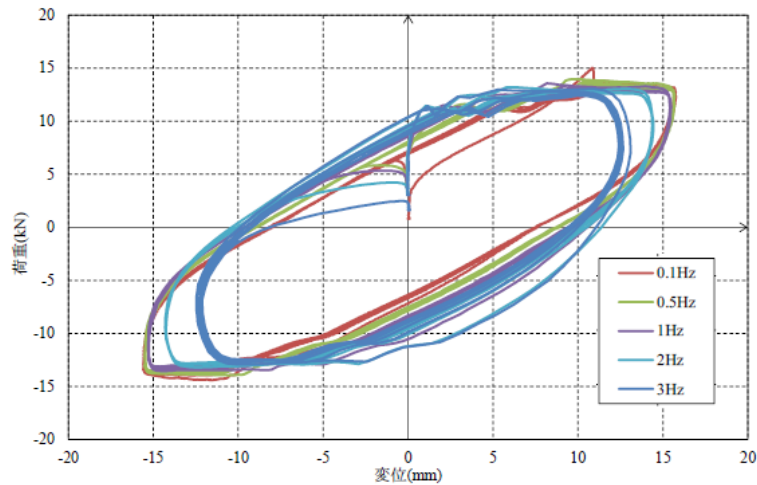
ゴムダンパ1(反力側)変形-荷重



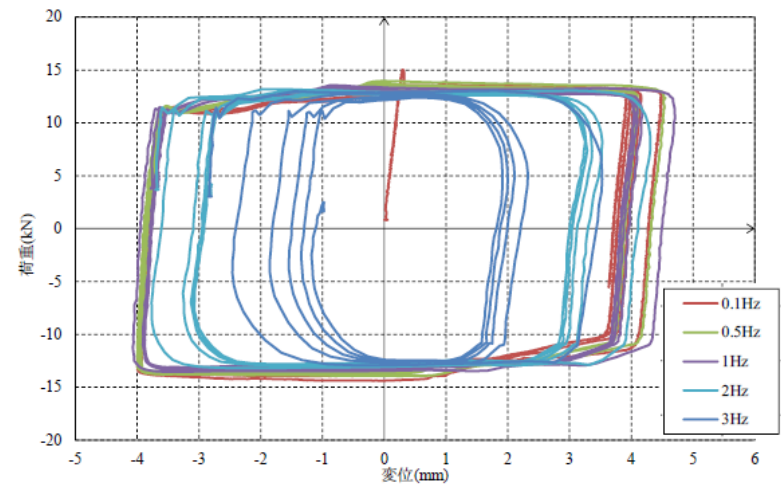
ゴムダンパ2(ヘッド側)変形-荷重

- 最大の滑り量は15mm程度で全体の60%程度。
- 全体のHeqは50%以上(0.1Hz)

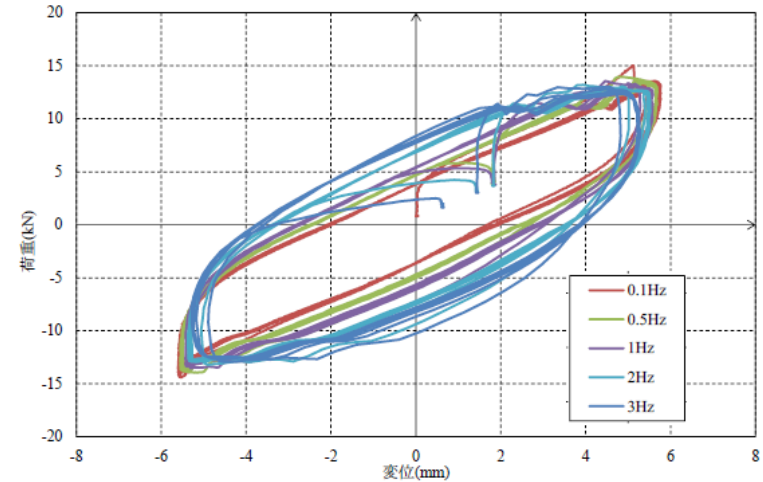
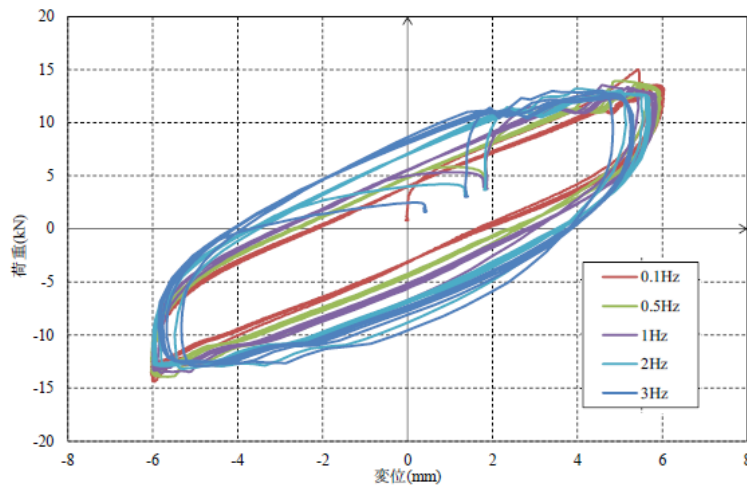
荷重-変位関係(ボルトトルク50N・m, 16.5mm)



全体変形-荷重

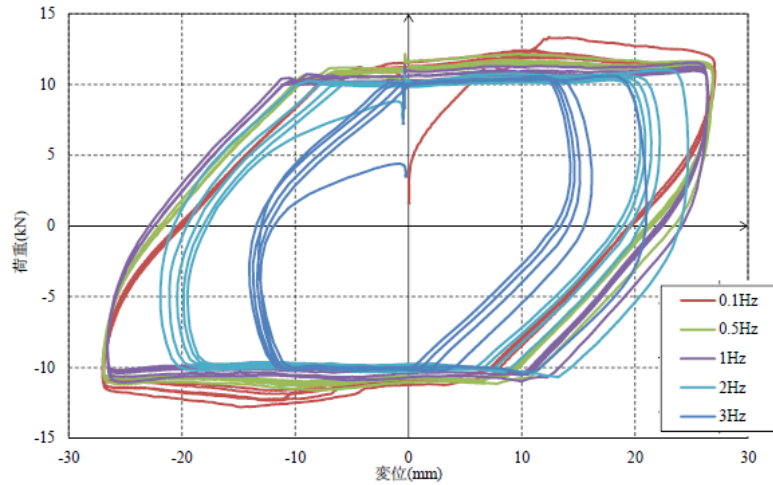


摩擦ダンパ変形-荷重

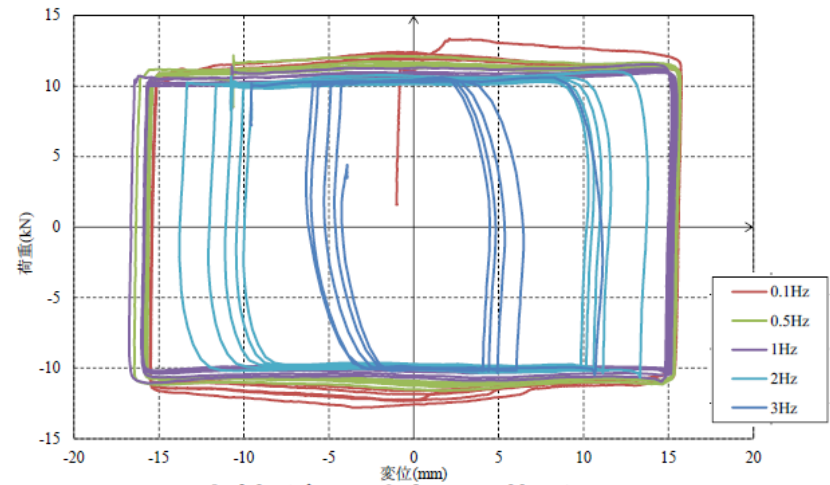


- 12～13kNで頭打ち。70N・mの65～80%。
- 概ね, 締め付けトルクと比例 → 摩擦係数は0.16～0.17

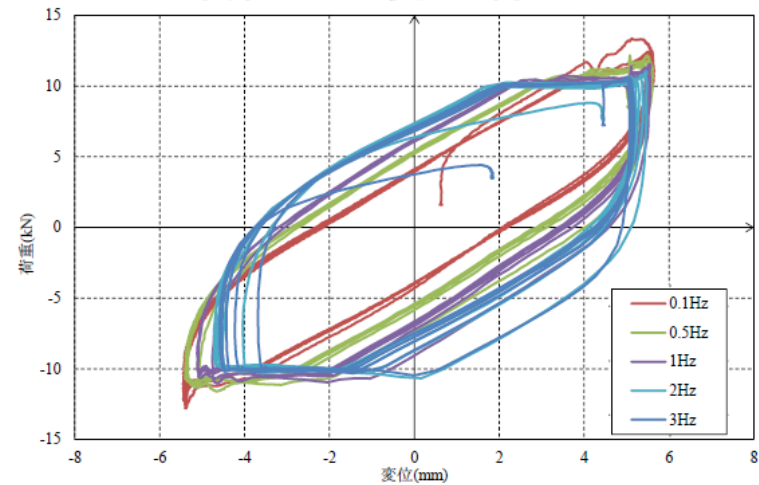
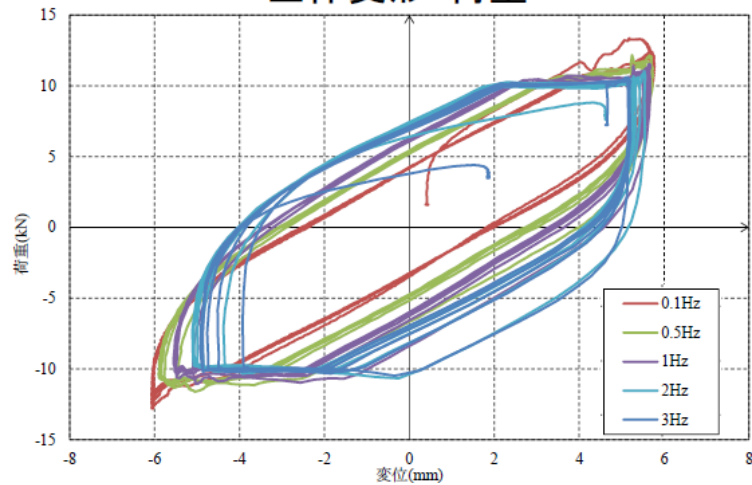
荷重-変位関係(ボルトトルク50N・m, 27.6mm)



全体変形-荷重



摩擦ダンパ変形-荷重



- 最大の滑り量は15mm程度で全体の60%程度。

まとめ

- 高減衰ゴムの剛性は設計値に近く(2.7kN/mm程度), 両側の挙動はほぼ同じであった。
- 試験体は1体で繰り返し加力したこと, また, ボルトの締め付けトルクから軸力を計算しているため, 摩擦係数は想定よりやや小さめ(0.16~0.17程度)であったが, 安定した値であった。
- 想定したとおり, 摩擦部での滑り変位が生じた後の荷重上昇は生じなかった。
- 試験体は約1/2スケールであったが, 実物大でも設計どおりの性能が期待できる。

今後の課題・予定

- 高減衰ゴムの温度依存性, 耐久性確認(100年超)
- ハイブリッドダンパーと木質ラーメン架構との接合部仕様の検討, 剛性確認実験(引張, 圧縮)
- 木質ラーメンフレームに実物大のハイブリッドダンパーを取り付けたときの性能の確認(動の実験)



共益財団法人JKA 研究補助

「脱炭素社会を実現する木造ビルの普及促進に資する高耐震・制震化デバイス研究開発 補助事業」

建築研究開発コンソーシアム 研究会

「中規模木造用高耐震・制震化システムの開発」

延長(2回目): 令和7年7月25日～令和8年7月24日