

2026 年度日本建築学会大会（中国）

学 術 講 演 梗 概 集

講演会場：安田女子大学

2026年9月10日

構造Ⅱ

免震システム

社団法人 日本建築学会

【梗概論文につづき、実験結果と考察に関する、登壇説明資料及び講演原稿を添付しました】

【21031】樹脂を用いた木造住宅用地震力減衰装置の構造性能に関する基礎的研究（その1） 研究目的と実験概要

地震動 免震 木造戸建住宅 正会員：半澤和夫（SMRC 株式会社 技術顧問）
一質点系 正会員：香取慶一（東洋大学 理工学部 建築学科 教授・工学博士）
エンジニアリングプラスチック 正会員：天野直紀（東京工科大学 工学部 電子工学科 教授・工学博士）
正会員：榎野凌（東洋大学理工学部 建築学科）

*****1.
はじめに

建築物の耐震安全性の確保については建築基準法で法的な取り扱いについて規定されているが、複数規定されている確保の方法のうち、免震による方法は高い耐震安全性の確保が可能であり、低層の木造住宅から超高層事務所建築に至るまで多数の採用事例がある。一方、免震による方法は概して高価であったり装置が大型であったりして、木造を中心とした低層の戸建て住宅などには適さない場合が多い。著者らは、低層の戸建て住宅の基礎天端に用いられるねこ土台に地震力減衰の機能を付加させたいという思想のもと、亜鉛合金ダイカストにより成形された円盤状の装置（以下、摩擦アイソレーターという）の開発を行っている。2016年4月に発生した熊本地震の震源地付近に存在しこの摩擦アイソレーターを実際に使用した戸建て住宅30棟全てが、ほぼ無被害であったことを確認している。

この摩擦アイソレーターの原理は、古建築が木組みや仕口の摩擦とばね、礎石上の絶縁効果で過去の大地震に耐えてきたメカニズムと同様に、亜鉛合金製のねこ土台型の減震装置の絶縁効果とアンカーボルトの削孔クリアランスを確保することによる曲げ応力や摩擦抵抗、木材の衝撃吸収などにより地震力減衰効果を持たせたものである。熊本地震の応答スペクトルでは1gを超える加速度が周期0.1秒から1.5秒と広範囲にわたったりにもかかわらず、上記の無被害の確認からこの減震装置が地震力の減衰効果を持続したことが伺える。

将来発生が確実視されている南海トラフ巨大地震では、さらに大きな加速度が生じる可能性もある。そこで、この摩擦アイソレーターのさらなる性能の向上やメンテナンス性の向上、製造時の地球温暖化対策などを考慮し、著者らは亜鉛合金の代替品として主に自動車業界で使われ始めたエンジニアリングプラスチック（エンブラ）でできた摩擦アイソレーターを開発を試みている。本報では、1質点系の振動実験によりこのエンブラ製の摩擦アイソレーターの持つ地震力の減衰効果の基礎的な解明を行った。

2. 実験概要

2.1 エンブラ製摩擦アイソレーターについて

実験に使用したエンブラ製摩擦アイソレーターの外観を写真-1に、形状寸法を図-1に示す。摩擦アイソレーターは、EPV型・EPA型ともに、上半分と下半分の2つの円盤状部分からなっており、「すべり面」と称する面で両部分を接触させることで一対となる仕様となっている。図-2に示すように、上半分は木造戸建て住宅の土台に取り付き、下半分はコンクリート製基礎に取り付け仕様となっている。地震時にはすべり面で両部分が滑動することで、基礎側の振動を土台側へ伝わりにくく

することを想定している。EPV型は高さが20mmで、一般的なねこ土台の高さ寸法とほぼ同じとなっており、地震力減衰効果と同時に戸建て住宅の床下換気用の空間の確保を想定している。EPA型は高さが6mmで、ねこ土台による床下換気を行わないいわゆる「高気密住宅」向けを想定している。



写真-1 エンブラ製摩擦アイソレーターの外観
（左：EPV型 右：EPA型）

表-1 使用したエンブラ（変性 PPE）の物性値

比重：1.18 (温度 23°C時)	引張強さ： 105 N/mm ²	引張破壊時 ひずみ度：2 %
曲げ強さ： 120 N/mm ²	曲げヤング 係数：5700 N/mm ²	シャルピー 衝撃強さ： 8 kJ/m ²

エンブラ製摩擦アイソレーターに使用した樹脂の力学的性質について、表-1 に示す。樹脂は変性ポリフェニレンエーテル（変性 PPE）と呼ばれるもので、一般に引張強さ、降伏強さ、弾性率などの機械的性質に優れ、温度や湿度の変化に影響されにくい、耐衝撃性が高い、長時間摩擦力を受けても物性が安定している、低吸水性で加水分解も起きにくいなどの特性を有しており、戸建て住宅の基礎部分の部材への使用に適した材料である。

2.2 振動実験について

実験は、以下の順序で行った。

1. 試験装置にベアリングを介して接続したコンクリート製の基礎とスギ角材製の土台の間にエンブラ製摩擦アイソレーターを振動加力方向に 3 個装着する。
2. 戸建て住宅の固定荷重・積載荷重を模擬した鉛直荷重となる所定の枚数の鉄板を、土台の上に積せる。
3. 上記 2.の作業ののちに、基礎部分に振動載荷できるアクチュエータ（載荷能力 300kN、振幅 300mm）を、ピン接合治具を介して装着する。
4. 振動載荷により基礎や土台部分に生じる加速度と変位を測定する加速度計と変位計を装着する。

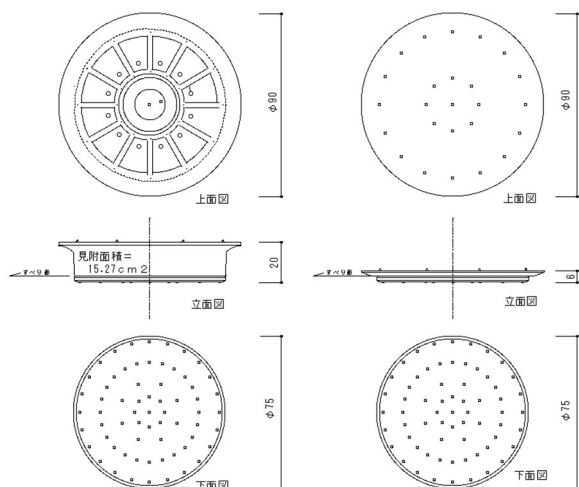


図-1 エンブラ製摩擦アイソレーターの形状図
(左：EPV 型 右：EPA 型)

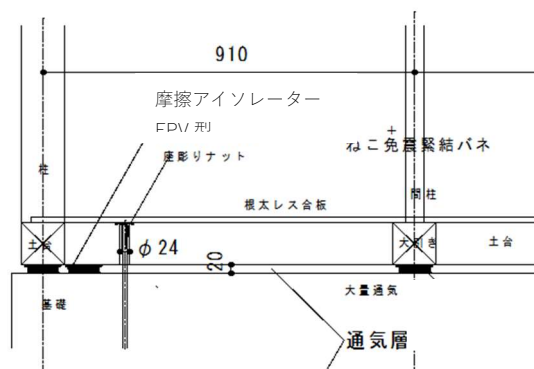


図-2 エンブラ製摩擦アイソレーターの戸建て住宅への装着概念図（EPV 型の場合）

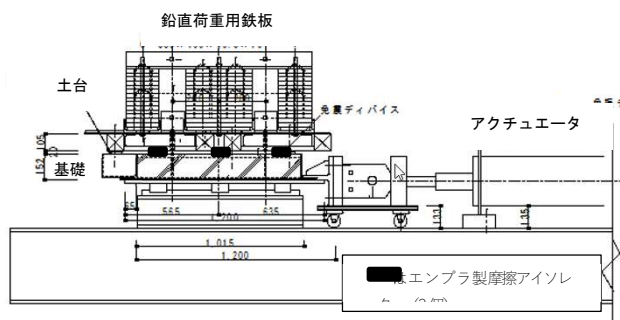


図-3 振動実験装置図



写真-2 振動実験装置全景

表-2 振動加力設定一覧

波形 振動数	振幅	波形 振動数	振幅
正弦波 3Hz	1mm	正弦波	1mm
	2.5mm	5Hz	2.5mm
	5mm	正弦波 6Hz	1mm

5. 上記 4.の作業を経て、アクチュエータを駆動し、土台部分に振動加力する。

これにより、基礎には地震力を想定した振動が載荷され、土台はエンブラ製摩擦アイソレーターのすべり面より上にあって可動状態となり基礎とは縁が切られた状態となる。基礎と土台の

間には土台に $\phi 24$ 削孔を施した M12 のアンカーボルトを 4 本バランス良く打設した。上記 2. の鉛直荷重は、A 荷重として 10.86kN（2 階建て木造戸建て住宅の重量の約 1/50 に相当、エンブラ製摩擦アイソレーター1 個当たり 3.62kN）、B 荷重として 7.26kN（A 荷重の 2/3 倍、エンブラ製摩擦アイソレーター1 個当たり 2.42kN）とした。これは、別途実施した予備実験の結果、振動実験の装置が安定的に駆動するのに必要な鉛直荷重が 10kN 程度であることを確認したうえで設定したものである。振動実験の装置図を図-3 および写真-2 に示す。

振動加力については、正弦波振動加力とランダム波振動加力を行った。表-2 に示すとおり、正弦波を 3Hz から 6Hz までの範囲で振幅を 1mm から 5mm までの 9 水準とし、ランダム波についてはアクチュエータの制御装置にプリセットされた地震波で振幅 20%縮小、60%縮小および無縮小（100%）と設定されている振動の 3 水準とした。

3. まとめ

本報（その 1）では、研究目的と実験概要について述べた。実験結果については、本報（その 2）で述べる。

参考文献：1) たとえば、国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部、平成 28 年熊本地震における下水道管路施設被害の特徴、国土技術政策総合研究所資料、No.997、p.8、2017 年 11 月

【21032】樹脂を用いた木造住宅用地震力減衰装置の構造的な性能に関する基礎的研究（その2） 実験結果と考察

正会員：半澤和夫（SMRC 株式会社 技術顧問）

地震動 免震 木造戸建住宅

正会員：香取慶一（東洋大学 理工学部 建築学科 教授・工学博士）

一質点系

正会員：天野直紀（東京工科大学 工学部 電子工学科 教授・工学博士）

エンジニアリングプラスチック

準会員：楨野凌（東洋大学理工学部 建築学科）

***** はじめに

本報（その1）を受け、本報（その2）では実験結果とその考察について述べる。

2. 実験結果

2.1 エンプラ製摩擦アイソレーターに期待する性能

本報（その1）の2.2節に記したとおり、試験体の基礎部分は地震動により横方向に動く部分に相当し、土台部分は摩擦アイソレーターにより地震力の入力が高減される部分に相当する。実験では、「基礎部分における水平方向変位と水平方向加速度」と「土台部分における水平方向変位と水平方向加速度」を測定した。これは、エンプラ製摩擦アイソレーターに最終的に持たせたい性能について、著者らは以下のように考えているからである。免震構造におけるすべり支承と同じく、小振動数あるいは小振幅の振動に対しては、エンプラ製摩擦アイソレーターは作動せず、基礎部分と土台部分は同期して動く。これにより、地震層せん断力係数 $C_0=0.2$ 程度の中小地震時では、他の機構を使うことなく建築基準法第2条に定める「建築物」の条件である「土地に定着する工作物」を達成する。

- 大振動数あるいは大振幅の振動に対しては、エンプラ製摩擦アイソレーターがすべり、基礎部分と土台部分の水平方向変位や水平方向加速度に差が生じる。これにより、地震層せん断力係数 $C_0=0.2$ 程度を超える地震時では、地震力の減衰効果を発揮する。

表-1 EPA 型 A 荷重時実験結果
（基礎分と土台部分の同期／すべりの別）

振動数	振幅	同期すべりの別	a_{fmax} (m/sec^2 = $\times$ 100gal)	a_b (m/sec^2 = $\times$ 100gal)	a_{bmax} (m/sec^2 = $\times$ 100gal)
3Hz	1mm	同期	-0.7	-0.62	-0.71
	2.5mm	同期	1.45	1.33	1.49
	5mm	滑り	-3.18	-2.24	-2.74
4Hz	1mm	同期	1.27	1.20	1.45
	2.5mm	滑り	-3.92	-2.41	2.82
	5mm	滑り	-17	-0.95	-26.1
5Hz	1mm	滑り	2.52	1.83	-2.28
	2.5mm	滑り	-12.33	-3.36	-4.77
6Hz	1mm	滑り	-8.97	-1.00	-4.36

2.2 EPA 型についての実験結果

(1) A 荷重に対して

A 荷重に対する実験結果として、基礎部分の水平方向変位と土台部分の水平方向変位の一例について図-1に示す。あわせて、基礎部分と土台部分が同期して水平方向に動いたか、両者の動きに差が生じたか（基礎部分に対して土台部分が滑った

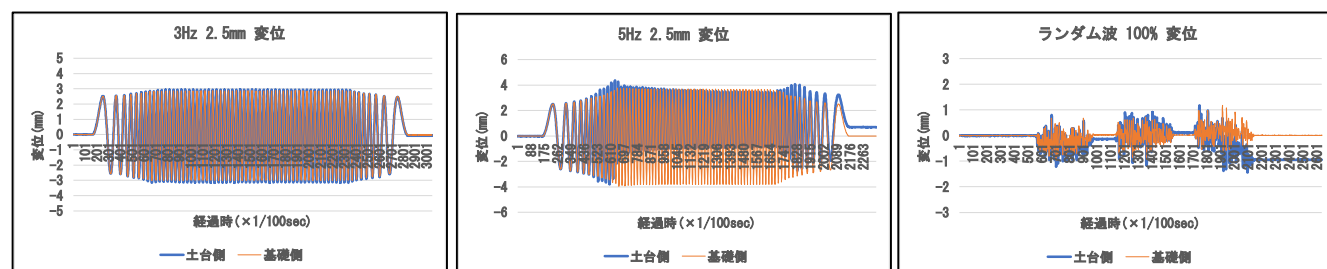


図-1 EPA 型 A 荷重時 実験結果の一例 基礎部分（基礎側）と土台部分（土台側）の水平変位

か)の判別を表-1に示す。基礎部分と土台部分が滑ったのは、振動数 3Hz で振幅 5mm 以上および振動数 4Hz で振幅 2.5mm 以上、あるいは振動数 5Hz 以上の範囲であった。

水平方向の加速度について、滑りを起こした振動数と振幅の組み合わせで、基礎部分の加速度が最大値 af_{max} に達した時の土台側の加速度 ab は、おおむね af_{max} より値が小さくなっていた。同じく滑りを起こした振動数と振幅の組み合わせでは、一部を除いて土台側の加速度の最大値 ab_{max} が af_{max} を下回っており、EPA 型のエンブラ製摩擦アイソレーターは A 荷重下で一定の加速度減衰効果を持っている。

(2) B 荷重に対して

B 荷重に対する実験結果を、表-2 および図-2 に示す。なお、「振動数 4Hz 振幅 5mm」の実験では、測定の失敗から滑ったかどうかの判別はできなかった。

基礎部分と土台部分が滑ったのは、振動数 5Hz で振幅

表-2 EPA 型 B 荷重時実験結果
(基礎分と土台部分の同期／すべりの別)

振動数	振幅	同期すべりの別	af_{max} (m/sec ²) =× 100gal	ab (m/sec ²) =× 100gal	ab_{max} (m/sec ²) =× 100gal
3Hz	1mm	同期	-0.51	-0.21	-0.47
	2.5mm	同期	-1.31	-1.45	-1.45
	5mm	同期	-2.52	-2.12	-2.32
4Hz	1mm	同期	1.03	1.08	1.08
	2.5mm	同期	-2.80	-2.12	2.41
	5mm	(不明)	-10.88	-14.69	-18.51
5Hz	1mm	同期	-2.24	-1.74	-2.32
	2.5mm	滑り	-12.14	0.50	-6.93
6Hz	1mm	滑り	-8.97	-2.16	-2.99

2.3 EPV 型についての実験結果

EPV 型のエンブラ製摩擦アイソレーターに対する実験結果を、表-3 と表-4 に示す。A 荷重時で基礎部分と土台部分が滑ったのは、振動数 3Hz で振幅 5mm 以上および振動数 4Hz で振幅 2.5mm 以上、あるいは振動数 5Hz 以上の範囲であった。一方、B 荷重時で滑りが起きたのは、振動数 4Hz で振幅 5mm 以上および振動数 5Hz で振幅 2.5mm 以上、あるいは振動数 6Hz 以上の範囲であった。以上より、EPV 型エンブラ製摩擦アイソレーターは A 荷重下 B 荷重下のいずれでも、一定の加速度減衰効果を持っている。

また、EPA 型と EPV 型の実験結果の比較から、エンブラ製摩擦アイソレーターの厚みの違いに関わらず、一定の加速

表-3 EPV 型 A 荷重時実験結果
(基礎分と土台部分の同期／すべりの別)

振動数	振幅	同期すべりの別	af_{max} (m/sec ²) =× 100gal	ab (m/sec ²) =× 100gal	ab_{max} (m/sec ²) =× 100gal
3Hz	1mm	同期	-0.70	-0.71	-0.75
	2.5mm	同期	1.77	1.00	1.58
	5mm	滑り	-6.96	-7.47	10.54
4Hz	1mm	同期	1.49	1.37	-1.16
	2.5mm	滑り	-6.26	-1.25	-2.86
	5mm	滑り	-17.09	-0.42	-5.98
5Hz	1mm	滑り	3.36	0.95	-2.82
	2.5mm	滑り	13.36	1.99	-3.86
6Hz	1mm	滑り	-9.39	-0.58	-3.90

2.5mm 以上および振動数 6Hz 以上の範囲であった。A 荷重時よりも滑りの発生条件値が大きくなっている理由については現時点では判別できないが、アンカーボルトの挙動などの影響が考えられる。

水平方向の加速度については、おおむね上記(1)項の A 荷重時と同じく、滑りを起こした振動数と振幅の組み合わせでは基礎部分の加速度が最大値 af_{max} に達した時の土台側の加速度 ab は、おおむね af_{max} より値が小さくなっていた。同じく、滑りを起こした振動数と振幅の組み合わせでは、土台側の加速度の最大値 ab_{max} が af_{max} を下回っており、EPA 型のエンブラ製摩擦アイソレーターは B 荷重下でも一定の加速度減衰効果を持っている。

表-4 EPV 型 B 荷重時実験結果
(基礎分と土台部分の同期／すべりの別)

振動数	振幅	同期すべりの別	af_{max} (m/sec ²) =× 100gal	ab (m/sec ²) =× 100gal	ab_{max} (m/sec ²) =× 100gal
3Hz	1mm	同期	-0.75	-0.78	-0.83
	2.5mm	同期	1.35	1.20	-1.49
	5mm	同期	-2.62	-2.12	-2.49
4Hz	1mm	同期	-1.35	-1.25	-1.45
	2.5mm	同期	2.99	2.08	2.61
	5mm	滑り	-28.81	-9.96	-20.09
5Hz	1mm	同期	-2.52	-1.91	-2.41
	2.5mm	滑り	-11.44	-1.83	-3.07
6Hz	1mm	滑り	-8.92	-0.75	-3.07

度減衰効果を持っているといえる。

3. まとめ

本報実験により、本報で対象としたエンブラ製摩擦アイソレーターは、一定の振動数以上および振幅以上で当初の期待に添った性能を持つと考えられる。今後は加速度以外に速度などの点についても検討を進める予定である。

参考文献

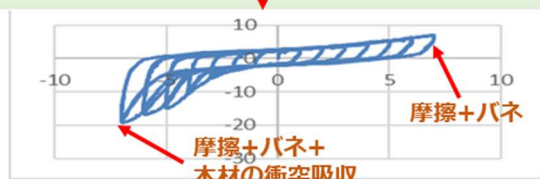
1) 日本建築学会関東支部、免震・制振構造の設計、学びやすい構造設計、p.90、2007年1月

【登壇説明資料-1】

※梗概論文以外の説明資料

摩擦アイソレータ+アンカーボルトクリアランスφ24
共通減衰モデル「荷重変位線図」縦：kN、横：mm

現在の摩擦アイソレーターの 素材は3種類



削孔径φ24は、摩擦とバネで十分な減衰量があり、躯体構造、設備に影響のないクリアランスで、断面欠損ならないので、建築基準法施工例42条2項の緊結条項に抵触していない。

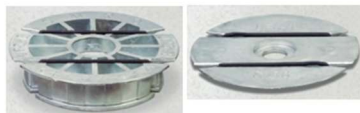
2014年型
亜鉛合金製
JIS H2201 亜鉛合金 AZC-2、



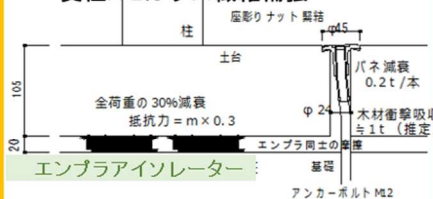
亜鉛合金アイソレーター

亜鉛合金 V型
床下通気用

亜鉛合金 A型
基礎断熱用



2020年型
脱炭素製品はシフト
変性PPEガラス繊維補強

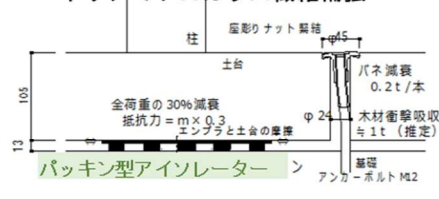


変性PPE EPV型
床下通気用

変性PP EPA型
基礎断熱用



2025年型
普及型/リフォーム
ポリアミド66ガラス繊維補強



ポリアミド66 V型
床下通気用

ポリアミド66 A型
基礎断熱用



■現在の摩擦アイソレーターの種類は3種類であり、全てのアンカーボルト削孔径はM12（φ10.6）に対してφ24であり、摩擦とバネにより減衰するに十分なクリアランスがあり、躯体構造、設備に影響のないクリアランスであり、断面欠損に当たらないので、建築基準法施工例大42条2項の緊結条項に抵触しない。

【登壇説明資料- 2】

1質点系、小型実験装置の有効性

- 1、回数を稼げる
- 2、小さな抵抗やバネでノイズ加速度が発生するが、実際の建物では躯体を動かす加速度にならない
- 3、実際の建物では、施工誤差による衝突時間差で分散され、安全側となる。

1質点系、小型実験装置の設計ポイント

- 1、アンカーボルトの固定は、RC基礎
- 2、振れ止め、ノイズとなる抵抗の排除
- 3、ナットの締め付けによる軸力を0に解除することで、純粋な荷重、摩擦抵抗、曲げ応力、衝撃吸収のデータが取れる。
下記、応力緩和実験で、載荷重が優先される

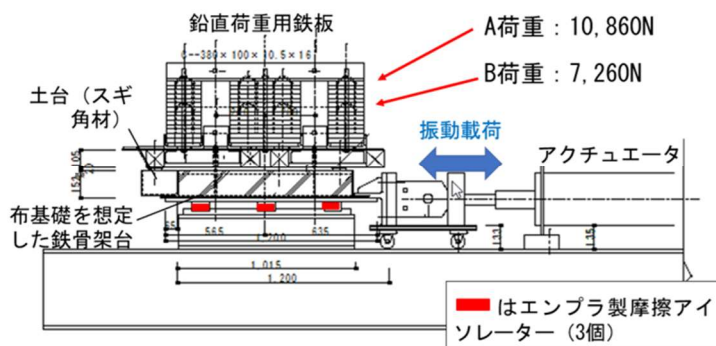
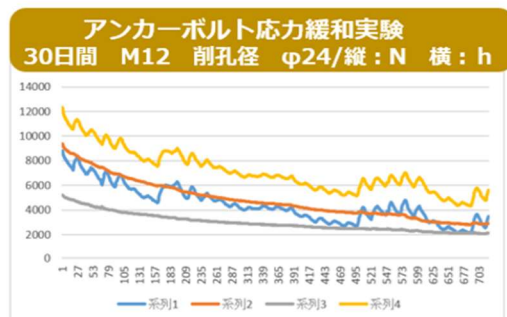


図-3 振動実験装置図



単位：N	系列1	系列2	系列3	系列4	平均値
初期残存軸力	8,821	9,381	5,227	12,322	8,938
30日後残存軸力	2,124	2,800	2,100	4,341	2,841
応力緩和率	0.241	0.299	0.402	0.352	0.32

※梗概論文以外の説明資料

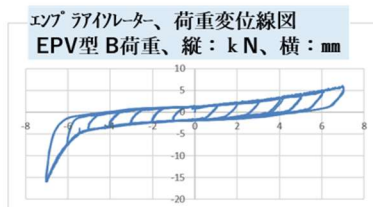
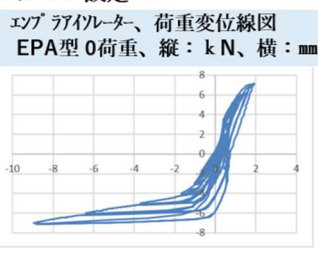
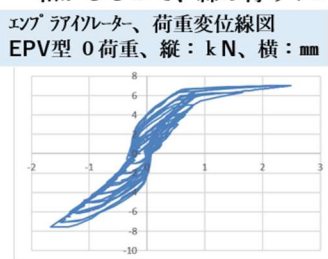
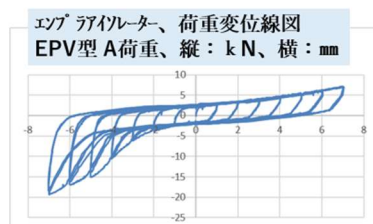
■載荷重は小住宅の1/50、1失点系とすることで、実験の回数を図ることができ、荷重の影響を受けない摩擦抵抗加速度が測定できる。

■別途実験になるが、応力緩和が木材強度まで下がり、アンカーボルトの軸力による摩擦抵抗を無視して、建物荷重にスライド加速度を乗ずることで摩擦抵抗を計算することができる。

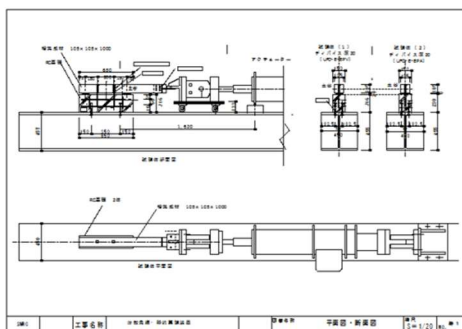
【登壇説明資料- 3】

載荷重の為、参考データー
摩擦抵抗の差が出ている。

載荷重 = 0 の為、応答解析等の入力損失計算用応力緩和が
和がるので、締め付けトルクは0に設定



1mm～7mm



※梗概論文以外の説明資料

■摩擦抵抗以外の、入力損失は、荷重-変位データーから計算できる。左は荷重を載せた、荷重-変位散布図だが、右は実施計算に使えるように、再荷重を0にした散布図なので、減衰要素は、アンカーボルトの曲げ応力及び木材の衝撃吸収荷重となる。

【登壇説明資料- 4 】

EPA型、EPV型の厚さによる滑り出し加速度は同じ/アンカーボルトの曲げ応力の差より大きい為、

表-2 EPA型 B荷重時実験結果

振動数	振幅	同期すべりの別	基礎側最大加速度 af_{max} (m/sec ² × 100gal)	afmax時の土台側加速度 ab (m/sec ² × 100gal)	土台側最大加速度 ab_{max} (m/sec ² × 100gal)
3Hz	1mm	同期	-0.51	-0.21	-0.47
	2.5mm	同期	-1.31	-1.45	-1.45
	5mm	同期	-2.52	-2.12	-2.32
4Hz	1mm	同期	1.03	1.08	1.08
	2.5mm	同期	-2.80	-2.12	2.41
	5mm	(不明)	-10.88	-14.69	-18.51
5Hz	1mm	同期	-2.24	-1.74	-2.32
	2.5mm	滑り	-12.14	0.50	-6.93
6Hz	1mm	滑り	-8.97	-2.16	-2.99
	20%	滑り	-8.41	-2.37	-3.61
ランダム	60%	滑り	6.77	1.66	-3.32
	100%	滑り	-7.85	-2.91	-3.44

表-4 EPV型 B荷重時実験結果

振動数	振幅	同期すべりの別	基礎側最大加速度 af_{max} (m/sec ² × 100gal)	afmax時の土台側加速度 ab (m/sec ² × 100gal)	土台側最大加速度 ab_{max} (m/sec ² × 100gal)
3Hz	1mm	同期	-0.75	-0.78	-0.83
	2.5mm	同期	1.35	1.20	-1.49
	5mm	同期	-2.62	-2.12	-2.49
4Hz	1mm	同期	-1.35	-1.25	-1.45
	2.5mm	同期	2.99	2.08	2.61
	5mm	滑り	-28.81	-9.96	-20.09
5Hz	1mm	同期	-2.52	-1.91	-2.41
	2.5mm	滑り	-11.44	-1.83	-3.07
6Hz	1mm	滑り	-8.92	-0.75	-3.07
	20%	滑り	6.58	1.41	-3.57
ランダム	60%	滑り	-6.91	-1.54	-3.36
	100%	滑り	-12.00	-0.42	-3.78

バラツキ

滑り範囲

エンパライレーター
A荷重

荷重変位線図

縦: kN、横: mm

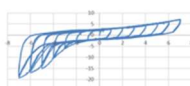


表-1 EPA型 A荷重時実験結果

振動数	振幅	同期すべりの別	基礎側最大加速度 af_{max} (m/sec ² × 100gal)	afmax時の土台側加速度 ab (m/sec ² × 100gal)	土台側最大加速度 ab_{max} (m/sec ² × 100gal)
3Hz	1mm	同期	-0.7	-0.62	-0.71
	2.5mm	同期	1.45	1.33	1.49
	5mm	同期	-3.18	-2.24	-2.74
4Hz	1mm	同期	1.27	1.20	1.45
	2.5mm	滑り	-3.92	-2.41	2.82
	5mm	滑り	-17	-0.95	-26.1
5Hz	1mm	同期	2.52	1.83	-2.28
	2.5mm	滑り	-12.33	-3.36	-4.77
6Hz	1mm	滑り	-8.97	-1.00	-4.36
	20%	滑り	-10.32	-1.08	-5.60
ランダム	60%	滑り	8.22	1.45	6.23
	100%	滑り	-13.31	-0.33	-5.56

滑り差

滑り範囲

エンパライレーター
B荷重

荷重変位線図

縦: kN、横: mm



表-2 EPA型 B荷重時実験結果

振動数	振幅	同期すべりの別	基礎側最大加速度 af_{max} (m/sec ² × 100gal)	afmax時の土台側加速度 ab (m/sec ² × 100gal)	土台側最大加速度 ab_{max} (m/sec ² × 100gal)
3Hz	1mm	同期	-0.51	-0.21	-0.47
	2.5mm	同期	-1.31	-1.45	-1.45
	5mm	同期	-2.52	-2.12	-2.32
4Hz	1mm	同期	1.03	1.08	1.08
	2.5mm	同期	-2.80	-2.12	2.41
	5mm	(不明)	-10.88	-14.69	-18.51
5Hz	1mm	同期	-2.24	-1.74	-2.32
	2.5mm	滑り	-12.14	0.50	-6.93
6Hz	1mm	滑り	-8.97	-2.16	-2.99
	20%	滑り	-8.41	-2.37	-3.61
ランダム	60%	滑り	6.77	1.66	-3.32
	100%	滑り	-7.85	-2.91	-3.44

■本実験では 12 のパラメータすべてを、厚さ別、荷重別に各 3 回、合計 144 回の加振をしました。

■このテーブルは、パラメーター別に、

①滑り、つまり、加速度が摩擦抵抗を超えた時のタイミングがわかります。

②基礎の入力最大加速度、afmax,土台の応答最大加速度 abmax の比較ができます。

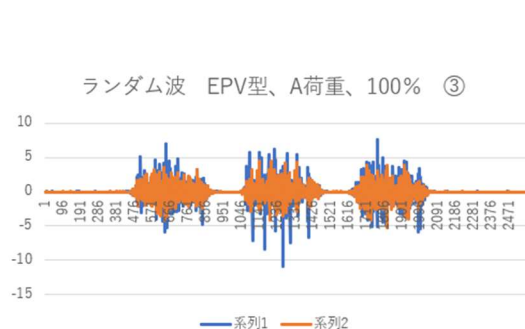
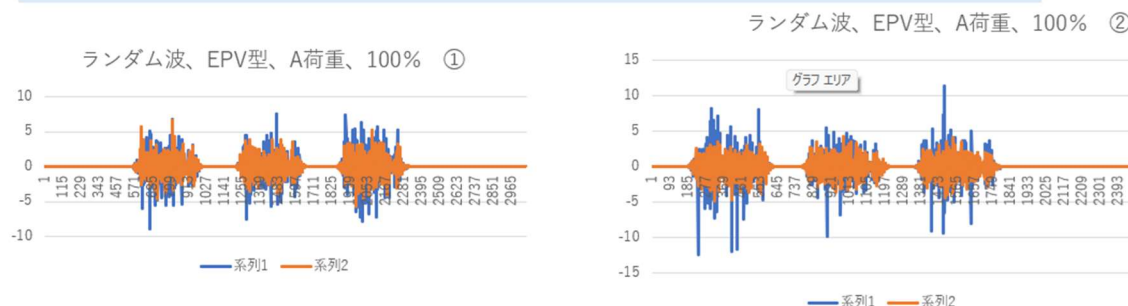
③双方の最大加速度のタイムラグが明確に出ています。

■上段は、摩擦アイソレーターの厚さ別のテーブルで、アンカーボルトの曲げ応力の差が出ますが、両方とも摩擦抵抗が優先して、滑り出しはほぼ同じです。

■下段は、荷重別テーブルで、荷重差がそのままスライドのタイミングで現れます。

【登壇説明資料- 5】

EPV型、A荷重、100%/ランダム波は全てがスライドしている（各3回のデーター）



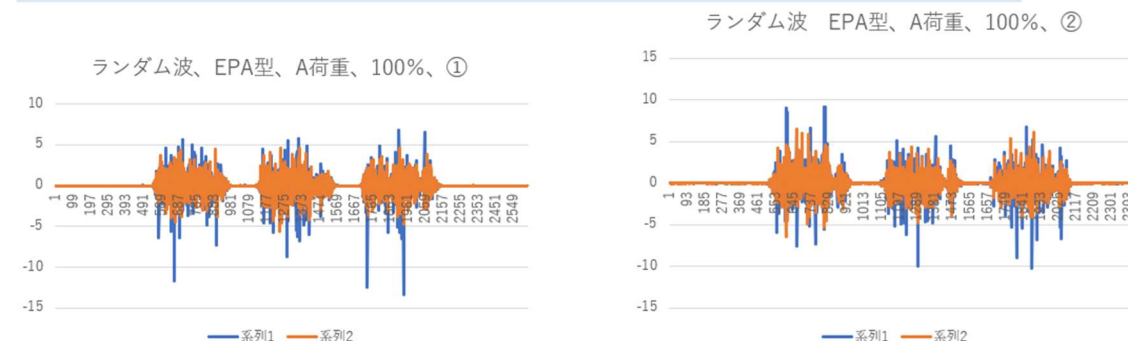
バラツキ原因は
 自然材の木材のファジーな性質と、抵抗の影響を受けやすい小型実験体の影響と思われる。

※梗概論文以外の説明資料

■これは、圧型 EPV、A 荷重の自然波に近い、ランダム波 100%の応答グラフですが、赤と青の差で減衰していることがわかります

【登壇説明資料- 6】

EPA型、A荷重、100%/ランダム波は全てがスライドしている（各3回のデーター）



バラツキ原因は
 自然材の木材のファジーな性質と、抵抗の影響を受けやすい小型実験体の影響と思われる。

※梗概論文以外の説明資料

■こちらは、薄型 EPA、A 荷重のランダム波 100%の応答グラフですが、EPV 型同様の減衰パターンとなっています。

■いずれの実験でもばらつきはあり、自然材のばらつきと、荷重が小さいのでノイズを拾いやすい為と考えています。

【登壇説明資料- 6】

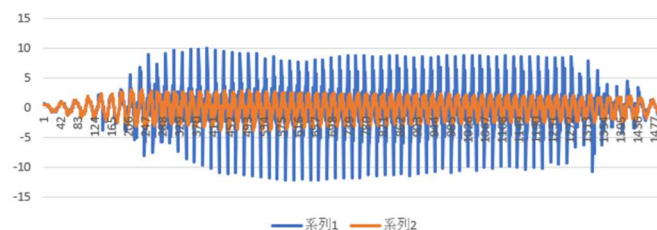
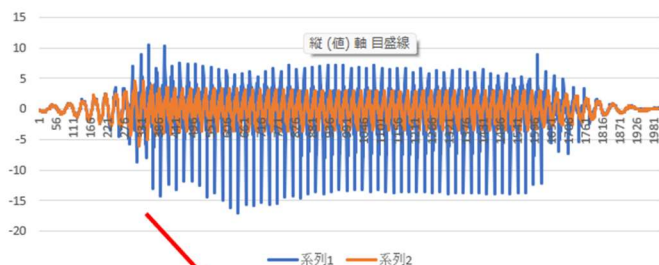
Sin波（スイープ）、EPV型、A荷重

加速度差は速度差を生み、
速度差、時間差がランダム波で非共振

滑り出し加速度＝総合摩擦抵抗で、動摩擦と静止摩擦の差も、
アイソレータの摩擦抵抗0.2～0.24摩擦抵抗+可動部の摩擦抵抗
が有り、総合摩擦抵抗として、パラッキは有るものの約0.3前
後に収束している。

EPV,A,4-5-①応答加速度

EPV,A,5-2.5-②応答加速度

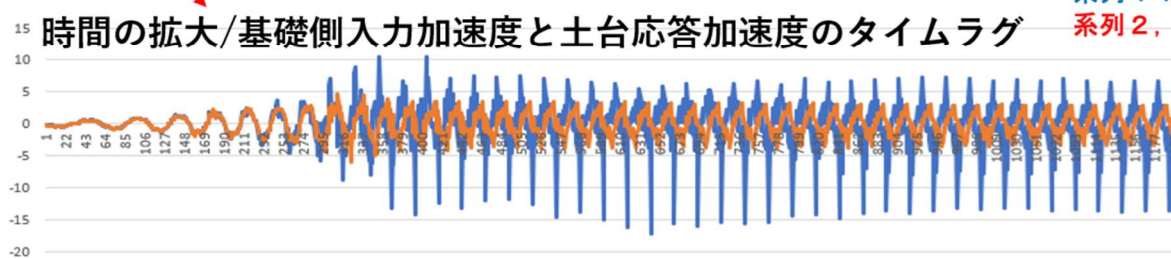


単位：100gal

系列 1：基礎（入力）

系列 2，土台（応答）

時間の拡大/基礎側入力加速度と土台応答加速度のタイムラグ



※梗概論文以外の説明資料

■こちらは、EPV 型 A 荷重のスイープをかけた Sin 波の時刻歴応答加速度グラフです。

■いずれも 144 回加振した中の一つです。

■このグラフで明確にしたいのは、

（1）加速度差は時間差となり、タイムラグを生み応答波はランダム派となって非共振を生みます。

（2）地震力が摩擦抵抗を超えた時スライドしますが、これらの摩擦アイソレータの摩擦係数は 2.0～2.4 ですが、木造仕口の摩擦抵抗が加わり、静止摩擦、動摩擦の差にかかわりなく、約 0.3 g に収束していることがわかります。つまり、変位、速度のパラメータに係りなく、摩擦抵抗の減衰係数として使えることになります。

■小型実験装置では、小さな抵抗でノイズが発生しますが、実際建物の躯体を動かす加速度にならないと考えられます

① 基礎実験/1質点系 小型振動実験

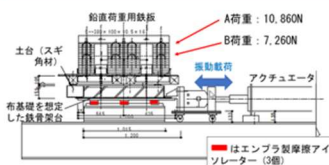
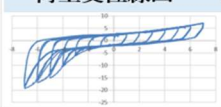


図-3 振動実験装置図

荷重変位線図



時刻歴応答加速度グラフ

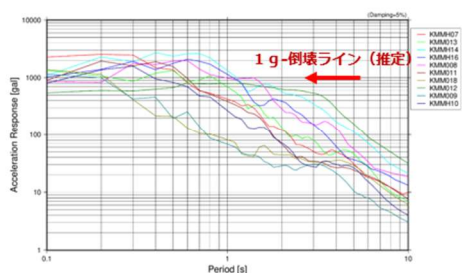


② 実態調査

2016年熊本地震現地調査/被害状況



KiK-net, 令和8年熊本地震、上位10件観測点最大加速度応答スペクトル



Kik-net, 令和8年熊本地震情報

建物倒壊レベルの応答加速度1gの地震周期0.1~1.2sと共振範囲が大きかったが、ねこ土台型免震装置装着の約9000棟の木造住宅には然したる被害報告なし。

※梗概論文以外の説明資料

③ 詳細、データー解析

- ①1質点系の小型実振動実験は、実物大実験と比べ基礎実験に適している。
- ②実態調査は概要の把握に適している。
- ③詳細データーの解析には、実際の建物からのデーター取得が不可欠。現在、IoT地震センシングシステムの実用設計に取り組んでいる。

IoT地震センシングシステムデーターから既存建物のWallstat解析

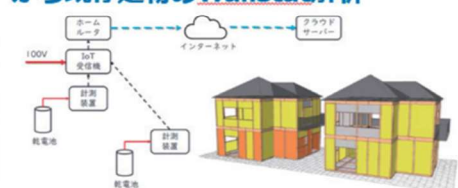


図-6 IoT地震センシングシステムデーターから既存建物のWallstat解析

- 梗概論文に載せきれなかった資料が入っていますが、
- 今回発表した基礎実験も必要ですし、被害調査からのデーターも大切ですが、木造建物の実際のところを知るには、実際の建物からのデーターが必要です。
- 現在、システム概略図に示す通り、クラウドを利用したIoT地震センシングシステムにより建物の変形と応答加速度のデーターを得ることができ、現在実施設計の検討に入っているところです。
- これにより、避難誘導、地震保証が迅速になり、既存建物の応答解析が可能になり地震被害を限りなく少なくできると考えています。

まとめ

- ・本報実験により、本報で対象のエンブラ製摩擦アイソレーターは、一定の振動数以上および振幅以上で当初の期待に添った性能を持つと考えられる。

<参考文献>

1. たとえば、日本建築学会関東支部、免震・制振構造の設計、学びやすい構造設計、p. 90、2007年1月
- <謝辞>：工学院大学 西村 彰敏先生、京都大学 中川 貴文先生のご指導にお礼申し上げます。

