

## 実大振動実験による戸建て免震住宅の装置別応答性状比較

## その6 総合評価と設計フロー

戸建て免震住宅 実大振動実験 設計フロー

正会員 中田 信治\*<sup>1</sup> 同 花井 勉\*<sup>2</sup>  
同 桐山 伸一\*<sup>1</sup> 同 皆川 隆之\*<sup>2</sup>  
同 飯田 秀年\*<sup>2</sup> 同 福和 伸夫\*<sup>3</sup>

## 1. はじめに

今回、上部建物を変更せずに、転がり系、すべり系の免震装置を適用した実大振動実験を行った。

本論では各報(その1~その5)で得られた実験結果と解析結果の考察及び課題についての総括を行う。

## 2. 実験結果の考察

各装置とも今回行った入力地震波において応答加速度は入力加速度に対して低減することができ、上部構造における内外装材の損傷及び室内に配置した本棚の転倒も認められず、免震装置として要求される基本性能を確認することができた。

表1は主要な地震波における実験結果を一覧表にまとめたものである。なお、表中、免震層変位と層せん断力係数についてはクライテリアとして免震層変位を30cm、1階の層せん断力係数を0.2としてその数値以下であるかを示した。以下、実験結果より得られた考察を述べる。

平面転がり装置A: 建物規模に対して今回使用したダンパーの容量が大きく過減衰であったため上部の応答加速度が大きくなる傾向になった。実地震動による応答ではその傾向が顕著であったが長周期地震動に対しては良好な結果が得られた。戸建て免震住宅用としてはより小型のダンパーがあればより設計の自由度が大きくなるものと思われる。

すり鉢転がり装置B: 実地震動に対しては上部構造の応答が抑えられ良好な結果が得られた。入力レベルが大きい場合や長周期成分を多くもつ地震動の場合は免震層変位が装置の限界変位に達することがあるため、ダンパーの能力を更に大きくするか装置の系を大きくすることが必要である。

平面すべり装置C: 各地震波に対して上部構造の応答が抑えられ良好な結果が得られた。しかしながら、長周期の入力波に対しては変形が大きくなる傾向にあった。こうしたすべり系の装置に対しても長周期対応または変形を抑制したい場合として装置Aで用いたような粘性系減衰要素を付加することは有効であろう。

上下動の影響: 免震層変位については上下動の入力レベルに係わらず水平2軸加振との応答結果に差はみられず、免震層の応答水平変形に対する上下動の影響は概ね無視できることが確認された。これに対して層せん断力は上下動が1.0G近くになると装置Aは値に差はみられないものの、装置B、Cについては2軸加振時に対して3軸加振時は増加する傾向がみられた。但し、免震としての性能は十分に発揮されている。

長周期地震動: 長周期成分が卓越した告示波については実験では長周期成分の影響が十分に確認できなかったため解析により補てんしている。長周期成分が目標通り入力

表1 実験結果一覧表

		装置A (平面転がり)	装置B (すり鉢転がり)	装置C (平面すべり)
実地震波	免震層変位	30cm以下	30cm以下	30cm以下
	1層せん断力係数	0.2以下	0.2以下	0.2以下
実地震波 (入力レベル割り増し)	免震層変位	30cm以下	変形大	変形大
	1層せん断力係数	上部応答大	0.2以下	0.2以下
長周期地震波 (告示波 ySa100)	免震層変位	30cm以下	変形大	変形大
	1層せん断力係数	0.2以下	0.2以下	0.2以下
上下動の影響 (Kobe3軸上下動 0.3G)	免震層変位	影響なし	影響なし	影響なし
	1層せん断力係数	影響なし	影響なし	影響なし
上下動の影響 (Tarzana3軸上下動 1.0G)	免震層変位	影響なし	影響なし	影響なし
	1層せん断力係数	影響なし	2軸加振に対して増加	2軸加振に対して増加
残留変位		地震波の特性と入力レベルにより残留あり	原点に復帰	地震波の特性と入力レベルにより残留あり
施工性		ダンパーの設置精度が必要	ダンパーの設置精度が必要	装置の種類が少なく、軽量であるため施工性は相対的に良

された場合、装置BとCについては変形が実験値より大きくなる結果となっている。

上部架構モデルの影響：通常の設計で用いる振動特性と実験での上部架構計測値から得られた振動特性とで解析を行い免震層応答変位を比較した。Kobeのような短周期が卓越するような波については上部構造の振動特性を精度よく把握したほうが若干応答が大きくなる傾向にある。これに対して長周期の波については影響がないことが確認された。

残留変形：装置に勾配をもつ装置Bについては原点に復帰するため残留がほとんどみられなかったが平面転がりとすべりの装置A，Cは地震波の種類と入力レベルにより若干の残留変形が見られるケースがあった。しかし最大で14mm程度であり、地震遭遇時には原点復帰させる必要性のない範囲であった。

施工性：今回は実験の都合上、上部構造をかえないでジャッキアップをすることにより装置の変更を行ったため、現場での実施工とは条件が異なるが、取り付け精度を要求されないもの、装置の種類が少ないもの、装置単体の重量の軽いものについては比較的容易に装置の変更ができた。戸建て住宅の場合は重要な要素であると考えられる。

ストッパー：装置Cについては免震層変位を抑制するための装置としてワイヤーロープ製のストッパーを設置し、33cm変位で作動させた。衝突時には瞬間的に大きな加速度が発生するものの、上部構造躯体に著しい損傷は生じず、想定外地震対策として有効と思われる。

家具応答：家具頂部にも計測器を設置しその応答性状を確認したが、上部応答の大きい装置Aが揺れやすい傾向にあった。また、全体的にはパルス的な波のほうが揺れやすい傾向にある。床応答に家具のロッキング振動数に近い成分を含む為と思われる。

### 3.まとめ

本実験によりいずれの装置も免震性能を確保できることが確認できた。また、入力条件によって装置の特性による応答の違いを確認できた。

この違いを考慮して敷地条件、地震地盤条件に応じた図1のような装置の選定フローが考えられる。まず、設計上考慮すべき点を事前に確認し、これに見合う適切な装置の選定を行う。予めどの装置組み合わせでも簡易に応答を評価できるよう、摩擦係数 $\mu$ 、減衰定数 $h$ 、復元力周期 $T_t$ と地震動情報（例えば弾性地盤周期 $T_g$ ）をパラメータとした応答早見表を作成しておく事で選択した装置をあてはめて応答値のチェックを行うことができる<sup>1)</sup>。その結果判定によっては装置を見直す、又は減衰を加減することで最適な組み合わせを決定していく。特に戸建て住宅では免震構造を採用する場合、敷地条件から変形についてはある程度制限がでてくるものと思われる。装置の特徴を生かした選択をすることでより合理的な免震を提供していきたい。

### 戸建て住宅用免震装置

支承	復元	減衰
転がり支承 すべり支承 ...	復元ゴム 積層ゴム 曲面 ...	粘性ダンパー ...

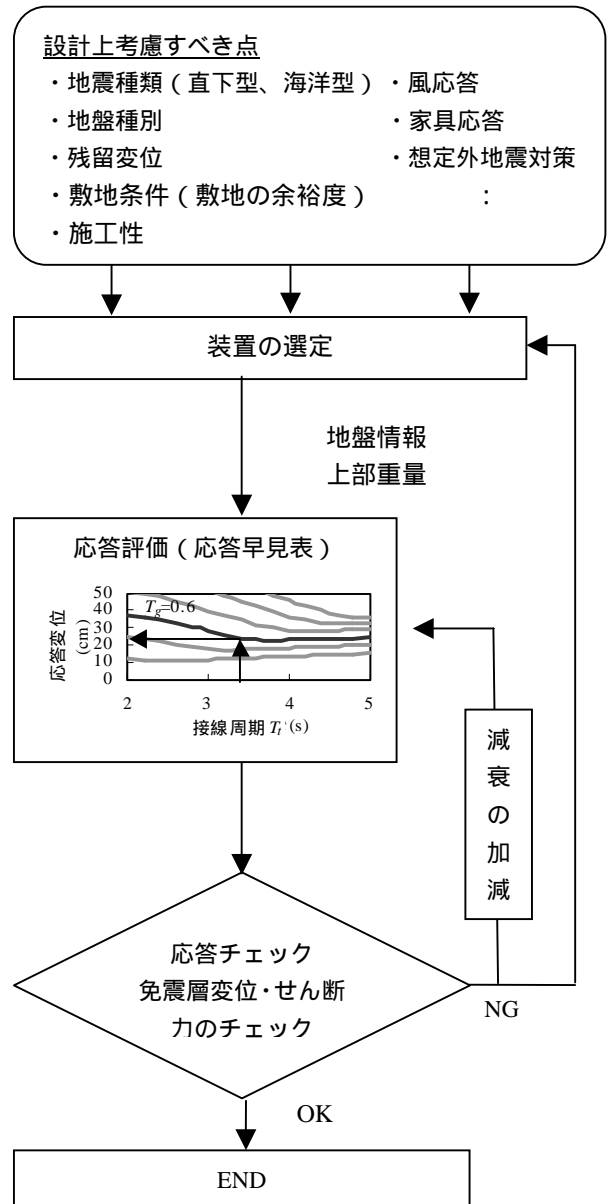


図1 簡易装置選定フロー

### 参考文献

1) 花井勉、福和伸夫：地盤周期に着目した戸建て免震住宅の簡易応答評価法、日本建築学会構造系論文集、第555号 93-99、2002.5

\*1 旭化成

\*2 日本システム設計

\*3 名古屋大学大学院環境学研究所

\*1 Asahi Kasei Co.,

\*2 Nihon System Sekkei Co.,

\*3 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.