

戸建て免震住宅の実用化設計手法について

その3. 住宅用免震装置の地震、風応答比較

正会員○花井 勉 \*1 正会員 岡村光裕 \*3  
 正会員 竹内貞光 \*5 正会員 皆川隆之 \*1  
 正会員 深堀美英 \*4 正会員 三宅辰哉 \*2

1.はじめに

住宅用免震装置の開発は当初ビル用の積層ゴムの改良からスタートしたが住宅特有の軽さの点から、低い摩擦係数を持つすべり支承で建物全体を支持させる装置、あるいは摩擦係数が更に低い転がり支承で支持させる装置が主流となりつつある。

住宅では敷地の余裕との関係から免震クライテリアは免震層の変形となることが多く、地震時変形のある範囲に抑えた場合、各装置間の応答に違いが出るか、またその設定で住宅固有の問題である風圧時応答はどうなるかを比較検討する。

2.免震装置の分類

装置はすべり系と転がり系に大別し、平面を移動するタイプと曲面を移動させ復元力を持たせたタイプに分類する。免震装置の必要性能である鉛直支持、剛性、減衰に対して各タイプの役割分担例を示したのが表1である。平面タイプの場合は積層ゴム等で剛性を付加し、曲面タイプの場合はその曲率で剛性を調整している。転がり系はそれのみでは減衰が小さいので減衰ゴム、粘性ダンパーでこれを補っている。

表1には代表的な組み合わせによる免震層履歴モデルのイメージも載せてあるが、横軸の変位を同じくして、囲まれた面積(吸収エネルギー=減衰)も同じ程度にすると、履歴の角が違うだけであるのが分かる。

3.地震時応答比較

地震時に約25cmの応答変位となる免震装置の性能を表2のように設定して応答比較をする。地震波はBCJ-L2<sup>1)</sup>を用い、建物は表3の諸元をもつ標準的な木造2階建て、3質点時刻歴解析を行った(時間刻み1/200sec,線形加速度法)。図1は各装置の応答履歴、図2が各応答値の比較である。履歴では装置A,Bにほとんど違いがなく、装置Cは中央部が若干ふくらみ20cm程の応答振幅回数が他に比べて多く見られる。各装置とも各層の変形分布は同じである。履歴の角が尖っている影響で加速度及びせん断力係数で若干すべり系が大きくなるが、応答変位を同一とすればどの装置でも地震時応答はほぼ同じであると言える。

表1. 住宅用免震装置の分類

形状	鉛直支持	剛性	減衰	履歴イメージ
すべり系	すべり支承	積層ゴム	すべり支承積層ゴム	装置A
		すべり支承	すべり支承	装置A
転がり系	転がり支承	積層ゴム	積層ゴム(粘性ダンパー)	装置B
		転がり支承	粘性ダンパー	装置C

表2. 免震装置性能例

装置	分類	$\mu$	$T_1$ (s)	$T_2$ (s)	h(%)
A	すべり系	0.040	-	2.5	-
B	転がり系	0.005	0.8	2.5	-
		0.005	-	2.5	30

(記号)  $\mu$ :摩擦係数

$K_1$ :積層ゴムの剛性(降伏変位を0.65cm)

$K_2$ :積層ゴム等の2次剛性

$T_i$ : $K_i$ から決まる固有周期

h:減衰定数

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K_i}}$$

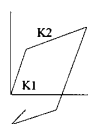


表3. 建物諸元 (総2階建て: B×D=10m×7m, H=6m)

層	wi (kN)	$\Sigma w$ (kN)	K (kN/cm)	h (%)	備考
3	100	100	120	5	1次振動数4Hz(非耐力壁考慮)
2	150	250	200	5	
1	100	350	-	-	表2により設定

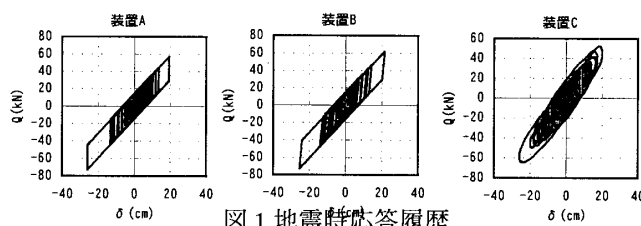


図1. 地震時応答履歴

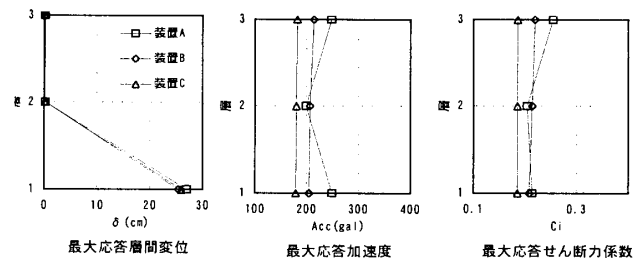


図2. 地震時応答比較

On practical design of base-isolated houses

Part3. Comparison of base-isolator device with respect to earthquake and wind response

TSUTOMU Hanai et al.

4.風圧時応答比較

地震時と同一の条件にて1質点時刻歴解析により風圧時応答を比較する。地表面粗度区分はⅢ，設計風速を  $U_h=15,20,\dots,35\text{m/s}$  とした時の時刻歴波形を文献<sup>2)</sup>と同様に作成する。データは60秒間で1/200s刻みとし、図3のように前後を調整する。 $U_h=15,30\text{m/s}$  時の応答履歴例を図4,5に示す。又、各10波の平均値を応答別にプロットした図6より以下のことが分かる。

1)装置Aは風速15m/sでは動かないが、大きな風速では残留変形が5cm程残る。2)同じ履歴吸収型の装置A,Bは、ほぼ同等の応答値を示す。3)装置Cは小さな風速から変位を記録し最大変形も大きい、残留は1cm程度である。4)せん断力係数は装置によらず一定で風速によってのみ変化している。これは弾性から塑性へと変化する免震層の特性によらず風圧時せん断力は静的に評価可能であることを示している。

風圧時に問題となる体感加速度と周期の関係を見るため、風速30m/s時の加速度時刻歴応答例を図7に示す。どれも12秒付近で最大値を記録しているが、装置A,B共大きな加速度応答はその1個のみで、装置Aはそれ以外では摩擦が切れない非免震の応答となっている。装置Cでは、よく感じる周波数帯1~2Hzでの繰返しもあり、風トリガ等で応答を抑制する必要がある。

5.まとめ

住宅免震のクライテリアである応答変形に着目して住宅用に開発されたすべり系、転がり系免震装置の応答比較を行った。地震時では同一の応答変形の場合、すべり系、転がり系ともほぼ同等の上部応答を示すことが分かった。風圧時では、すべり系はその摩擦係数の高さからトリガーの役割を果たし小さな風速では動かないのに対し、転がり系では小さな風速から小刻みに変位する。体感への影響を考え別途トリガーを設置するか、弾性剛性を高くするかの対策が必要である。逆に残留変形ではすべり系が大きく、何年に1回の大風後には元位置補正が必要である。又、風圧時の応答せん断力係数は免震層の特性に影響しないことから、構造安全性は静的風荷重により判断が可能であることが分かった。

3編を通じて、その1では住宅の免震応答の特徴、クライテリアに着目し設計用スペクトル及び簡易型設計フローを提案した。その2,その3の検討結果を参考に、さらに施工性、耐久性、メンテナンス及び、コスト等を考慮して免震装置を選択すれば、設計初期段階から免震化の判断、プラン計画、施主への説明に応答値を反映させる事が可能になり、免震住宅の実用化に向けた設計一手法として有効と考える。

参考文献

- 1)建設省建築研究所，日本建築センター：設計用入力地震動作成手法技術指針(案)，1992.3
- 2)黒澤，三宅，花井：低層免震建築物の風圧時応答に関する考察 その1,2 日本建築学会大会学術講演概要集，B-2,pp555~558、1995

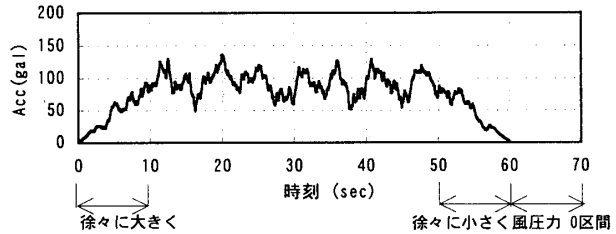


図3.風圧力波形例

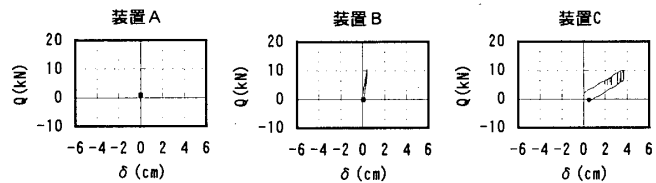


図4.設計風速  $U_h=15\text{m/s}$  時応答履歴

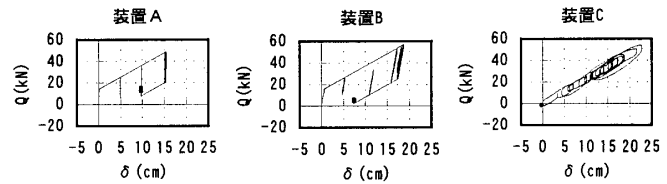


図5.設計風速  $U_h=30\text{m/s}$  時応答履歴

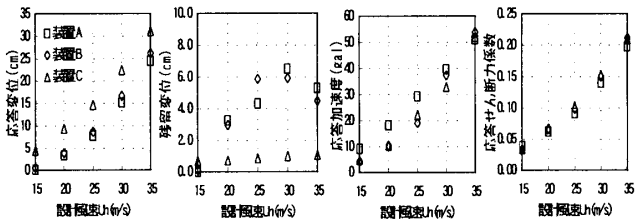


図6.風圧時応答比較

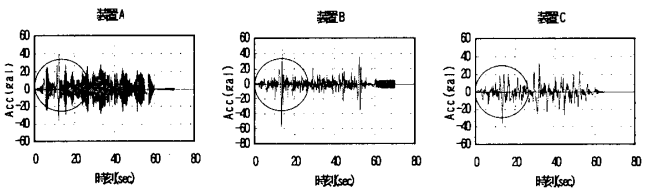


図7.加速度時刻歴応答

\*1(株)日本システム設計 Nihon System Sekkei Co.

\*2(株)日本システム設計・工博 Nihon System Sekkei Co.,Dr.Eng

\*3(株)一条工務店 Ichijo Housing Company Co.,Ltd.

\*4(株)一条工務店・工博 Ichijo Housing Company Co.,Ltd,Dr.Eng

\*5(株)ブリヂストン Bridgestone Co.