

戸建て免震住宅の実用化設計手法について

その2. 2方向入力に対する浮上がり、転倒問題について

正会員○ 関 亙^{*1)} 正会員 花井 勉^{*2)}
 正会員 深堀 美英^{*3)} 正会員 落合 誠^{*4)}
 正会員 皆川 隆之^{*2)} 正会員 水津 洋二^{*5)}

1. はじめに

建物全重量をすべり支承、転がり支承で支持することの多い戸建て住宅の免震構法においては、大地震時に生じる大きな転倒モーメントや上下動によって、併用する積層ゴムに引抜き力が発生したり、上屋が浮き上がったり転倒する可能性が指摘されていた。その2では装置選択の一助として、免震住宅が水平・上下2方向同時加振された場合を簡単なモデルを用いて時刻歴解析を行い、建物の浮き上がり・転倒の検討を行った。

2. 解析モデル

戸建て住宅を想定した建物を図1のような幅4550mm、高さ9100mmのトラス構造でモデル化した。総重量は40tonで4隅に10tonずつ集中して分布するものとした。トラス物性はヤング率500MPa、断面積1m²とした。この構造の6つの固有振動モードのうち、次数1~3の振動モードを右図2に示す。免震装置はすべり支承、積層ゴム併用タイプとし、積層ゴムに関しては水平復元力のみ考え、その水平バネ定数0.16tf/cm(1次モード=剛体モード=免震固有振動数0.315Hz)とした。2次より上の振動モードは1次モード振動数の10倍以上であることから、この建物モデルの加振中のふるまいはほぼ剛体に近い。すべり支承の摩擦による減衰は、速度比例形の粘性減衰(免震固有周期に対する等価減衰係数 $heq=25\%$)として取り扱った。すべり支承の鉛直方向の特性は解析上では接触条件(上屋の底面はすべり面を下回ることができず、また負の軸力=引張り力も支えることができない)として扱った。また積層ゴムの鉛直復元力も存在しないものとして扱った。この上屋構造には、2次モード(5.15Hz)に対する等価減衰定数5%の剛性比例型減衰を与えた。

3. 加振条件

以下に示す入力地震波を用いた¹⁾。また Northridge 地震 Tarzana 波の波形を右図3に示す。

- i) 1995年兵庫県南部地震神戸海洋気象台波(南北成分水平動最大818gal、上下動最大332gal)
- ii) 1995年兵庫県南部地震JR鷹取駅波(南北成分水平動最大639gal、上下動最大291gal)

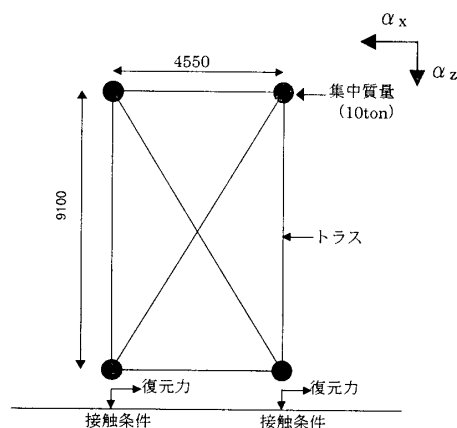


図1 解析モデル

1次モード	2次モード	3次モード
0.315 Hz	5.151Hz	15.025 Hz

図2 基本振動モード

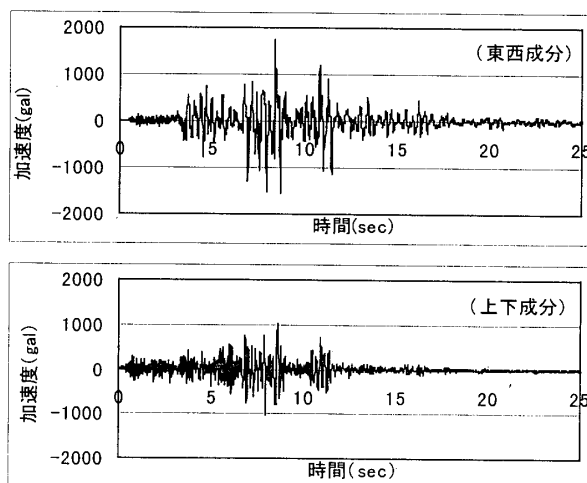


図3 1994Northridge地震Tarzana波

- iii) 1994年 Northridge 地震 Sylmar 波(南北成分水平動最大828gal、上下動最大525gal)
- iv) 1994年 Northridge 地震 Tarzana 波(東西成分水平動最大1745gal、上下動最大1028gal)

On practical design of base-isolated houses

Part2 On overturning phenomenon of base-isolated houses due to horizontal seismic loading

SEKI Wataru et al.

4. 時刻歴解析手法について

時刻歴解析は Newmark-β 法を用い、通常の時間刻み(Δt)は 0.01 秒としたが、接触条件の取扱いにおいて貫通量<許容値(=1mm)となった場合は時間刻みを細分化し貫通量が許容値以内になるようにした。また計算上大変形(有限回転)を考慮した。解析は汎用 FEM ソフト MARC を用いた。

5. 結果と考察

建物モデルの重量は均等に分布しているのでモーメントつりあい条件の考察より静荷重に対する浮上り・転倒条件は次のようになる²⁾。

$$2\alpha_x + \alpha_z > 1 \quad (G) \rightarrow \text{転倒} \quad (1)$$

ここで α_x は水平層せん断力係数(係数 2 はアスペクト比)、 α_z は G (重力加速度)を単位とする鉛直方向地動加速度である。以下 $2\alpha_x + \alpha_z$ を転倒指標とよぶ。

出力として上屋モデルの①水平変位、②浮上り(鉛直)変位、③水平層せん断力係数 α_x 、④転倒指標 ($=2\alpha_x + \alpha_z$)、⑤基礎から受ける反力、を求めた。1994 年 Northridge 地震 Tarzana 波に対する時刻歴解析結果を図 4 に示す。他の地震入力については表 1 に最大応答値のみ示す。①、②、④、⑤は左下隅点の結果である。

時刻歴応答解析の結果をみると、いずれも反力が 0 になり、鉛直変位=浮き上がりが生じる瞬間があった。すなわち地震(変動)入力に対しては転倒指標 $2\alpha_x + \alpha_z$ が 1 以下でも浮き上がりが生じた。しかしその浮き上がりの変位量は最大の Northridge 地震 Tarzana 波で 7mm 程度にとどまった。また鉛直反力は静荷重(20tonf)の 3~8 倍程度に達しうることと判明した。

結論としては、静的つりあいに基づく転倒指標(1)は地震波のような動的外力に対する建物の転倒クライテリアとしては必ずしも適当でないこと、またアスペクト比 2 程度の免震建物に対しては、ここで用いたような最大級の地震波による 2 方向加振に対しても免震層の浮上りは生じることがあるが、上屋の転倒までには至りにくいことが判明した。免震装置の選択においては、この結果を参考に引抜き、転倒防止機構の設計を考えたい。

6. 文献

- 1) 国内記録は日本建築学会と JR 鉄道総合技術研究所、
国外記録については National Oceanic and Atmospheric

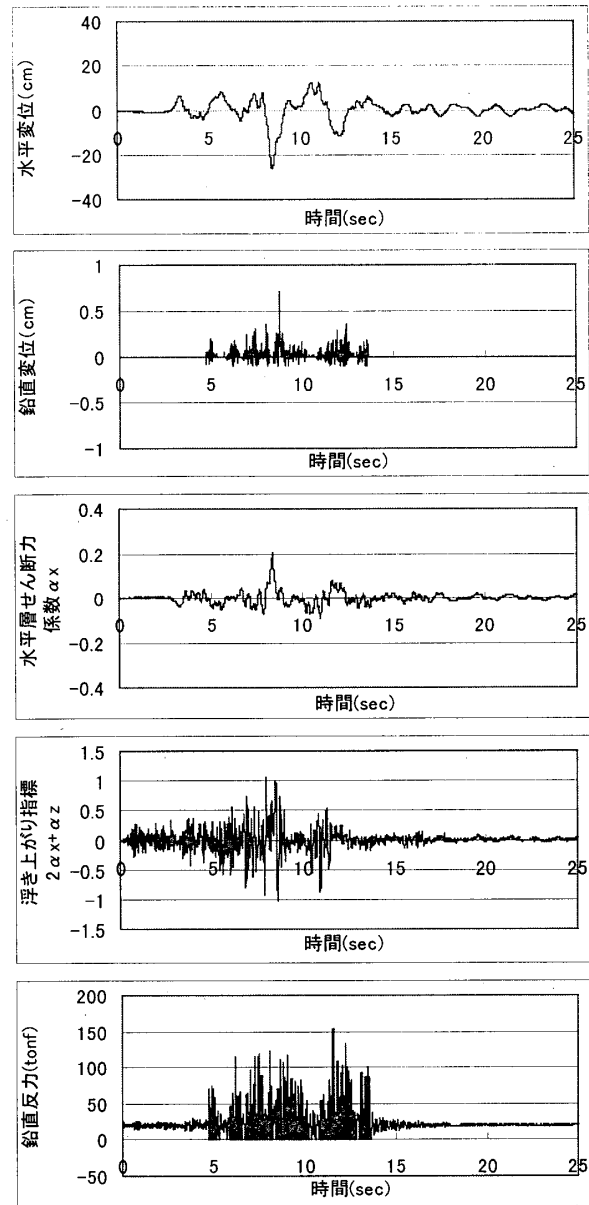


図4 1994 年 Northridge 地震 Tarzana 波に対する応答 Administration (USA) より入手。

- 2) Ishiyama, Y., "Review and Discussion on Overturning of bodies by Earthquake Motions", BPI Research Paper No.85 (1980), Building Research Institute

表 1 各地震波に対する応答最大値

地震波	最大水平変位(cm)	最大鉛直変位(mm)	水平層せん断力係数	$2\alpha_x + \alpha_z$	鉛直反力(tonf)
i)	24.3	0.81	0.133	0.359	62
ii)	47.6	2.61	0.256	0.633	132
iii)	40.8	1.95	0.207	0.569	103
iv)	26.1	7.03	0.202	1.065	154

#1 (株)ブリヂストン・工博 Bridgestone Co., Dr. Eng. #4 (株) 一条工務店 Ichijo Housing Co.
 #2 (株) 日本システム設計 Nihon System Sekkei Co. #5 (株)ブリヂストン Bridgestone Co.
 #3 (株) 一条工務店・工博 Ichijo Housing Co., Dr. Eng.