

I-B 334 免震具を有する家屋の地震応答性状と耐震設計

神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎
神戸大学大学院 学生員 松本 隆史

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震により阪神地域は甚大な被害を受けた。地震発生より1年以上経過し、その間に数多くの仮設住宅や家屋の再建が行われてきた。また、種々の研究機関において住宅家屋の耐震性について活発な議論が行われている。兵庫県南部地震では、同様の構造形式であっても被害の程度に差がみられ、その被災メカニズムの究明が急がれている。

本研究では、低層の住宅家屋を対象として、その耐震性能を解析する手法を検討し、さらに応答解析によって性能評価する。次に、家屋に免震固定具を採用した場合について、建物全体系モデルを用いて免震具の効果を理論的に求め検討する。

2. 解析モデルと解析手法

免震固定具の解析モデルを図1に、建物の解析モデルを図2に示す。まず、免震固定具について3次元固体要素（形状は8節点、線形、れんが型および6節点、線形、3角柱）を用いてモデル化し、静的な解析から水平、鉛直方向のバネ剛性を求める。次に建物を3次元はり要素でモデル化し、免震具を先に求めた等価バネによりモデルに取り込み建物全体系の地震応答解析を行う。壁や屋根の質量は、集中質量として建物頂部に分布させる。入力地震動は加速度により、各柱基部または免震具基部に1方向で30秒間入力する。解析には汎用プログラムABAQUSを用いた。

解析ケースを表1に示す。解析ケースは合計6ケースで、べた基礎と免震基礎の場合について、入力地震動にはエルセントロ地震波、兵庫県南部地震（神戸大学）および同（神戸海洋気象台）を用いた。エルセントロ地震波と神戸大学の波形は最大加速度値がほぼ同程度で、また、海洋気象台の波形は818galと大きく、比較のため解析ケースに含めた。

3. 解析結果

(1)免震固定具について 解析によって得られた免震固定具の材料定数を表2に示す。等価バネ剛性はモデルの上端面に、水平および鉛直方向にそれぞれ単位荷重をかけたときの変位を求め、フックの法則により算出した。本手法より求めた等価バネ剛性を表3に示す。また、建物のモデルに等価バネ剛性を取り込む際、材料減衰として10%を用いた。

(2)建物について 建物の柱およびはりはすべて薄

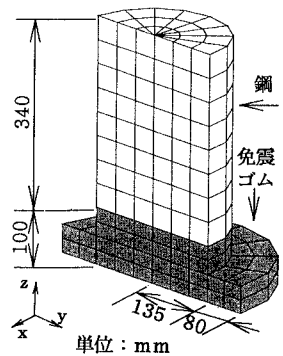


図1 免震具解析モデル

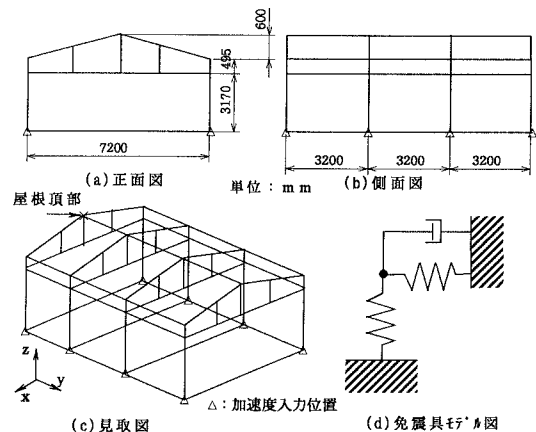


図2 建物解析モデル

型鋼とした。鋼の材料定数を表4に示す。なお、鋼の質量密度は $8.256 \times 10^{-6} \text{ kgf} \cdot \text{s}^2/\text{mm}^4$ とする。解析ケース①および②の応答加速度の時刻歴を図3および図4に示す。図3より、免震具がない場合、建物には振幅の大きい激しい加速度波形がみられる。一方、免震具がある場合、加速度のピークは入力地震動の加速度のピークよりも遅れて生じ、最大値は免震具がない場合よりもかなり小さくなっている。また、免震具がない場合に比べて周期の長い加速度の変化となる。いずれの解析ケースに対しても免震具がある場合の方が柱基部の応力が小さい

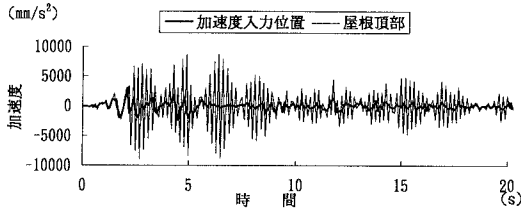


図3 加速度の時刻歴（免震具なし）

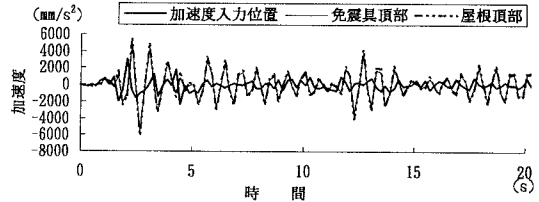


図4 加速度の時刻歴（免震具あり）

結果となった。

建物の柱基部と屋根頂部の間の最大相対変位について表5に示す。ここで、免震具がある場合の回転による変位とは免震具の鉛直方向の等価バネが伸縮することで、建物が回転することによる相対変位を表す。表5より免震具がない場合、入力加速度が大きいほど相対変形が大きくなる。一方、免震具がある場合、曲げ変形による相対変位は小さくなるが、回転による相対変位が大きくなり、免震具なしの場合よりも建物全体の相対変位量は大きくなる。

4. 考察

表6に建物柱基部の最大応力についてまとめた。短期荷重に対する普通鋼の許容応力度は引張が $1,800 \text{ kgf/cm}^2$ 、せん断が $1,050 \text{ kgf/cm}^2$ 、曲げ引張が $1,800 \text{ kgf/cm}^2$ である。表6より免震具がある場合もない場合も、せん断力には余裕があるが、エルセントロ地震波については、曲げ応力は免震具がない場合、許容値の41%に達し、免震具がある場合は許容値の22%程度にとどまる。また、兵庫県南部地震の神戸海洋気象台の観測波に対しては、免震具がない場合曲げ引張応力は許容値の約89%に達し、免震具がある場合は許容値の約66%に達する。図3および図4を比べてわかるとおり、免震具は大きく変形することで波の周期を長くすることで、建物に生ずる応力を低減させる効果があると考えられる。また、せん断応力は値が小さく、免震具の有無によってあまり大きな差がみられなかった。免

震具がある場合とない場合の発生応力の差は地震波の種類によって若干差がみられることから、建物と地震波の固有周期が建物の応答に密接に関係していると思われる。

一方、相対変形については Δ 2の最大層間変位が $1/100$ 以内という基準を用いた場合、本解析モデルでは、相対変形が 4.3 cm となり、今回の解析結果ではいずれのケースも十分許容値以内に収まる。

5. まとめ

- ①本研究では、鋼製の低層家屋および免震具のモデル化手法を示し、この手法の有効性を示した。
- ②本解析モデルでは、免震具が建物の耐震性の向上に有効であることが確認された。しかし、地震波の性質によっては、免震具の性能が十分発揮されないことも考えられるので、その採用には十分な検討が必要である。
- ③建物の地震応答は入力地震動と、建物の固有周期に左右されることから免震具の性能を変化させることで建物全体の固有周期と地震の固有周期が近づかないようにしなければならない。

【参考文献】神戸大学工学部：兵庫県南部地震緊急被害調査報告書（第2報），1995.3.

表1 解析ケース

ケース	基礎	入力地震波
①	べた基礎	エルセントロ地震波 (最大加速度：341.7gal)
②	免震基礎	
③	べた基礎	兵庫県南部地震（神戸大学） (最大加速度：305.0gal)
④	免震基礎	
⑤	べた基礎	兵庫県南部地震（神戸海洋気象台） (最大加速度：818.0gal)
⑥	免震基礎	

表2 免震固定具材料定数

	ヤング係数	ポアソン比
ゴム	0.24 kgf/mm^2	0.499
鋼	$2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$	0.3

表3 等価バネの性能

水平方向	9.59 kgf/mm
鉛直方向	549.69 kgf/mm
材料減衰（水平）	10%

表4 建物材料定数

	ヤング係数	ポアソン比
溝型鋼	2.1×10^4 (kgf/mm^2)	0.3

表5 最大相対変位

入力波	免震具なし	免震具あり	
		曲げ変形	回転
エルセントロ地震波	7.5	1.4	8.7
神戸大学	5.0	1.3	9.9
神戸海洋気象台	15.7	3.7	24.3

単位：mm

表6 柱基部最大応力

	曲げ引張	せん断応力
①	741	33
②	395	23
③	513	22
④	389	23
⑤	1599	70
⑥	1196	70

単位：kgf/cm²