

I - B249 被害要因を考慮した木造家屋の地震応答解析と耐震性

西松建設 正会員 松本 隆史
 神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎

1. はじめに

木造家屋は巨大地震に遭遇する度に多くの被害を受け、これといった対策も講じられないまま再建されるといった繰り返しであった。1995年1月の阪神・淡路大震災においても被害形態は過去にみられたものが多く、過去の被害を教訓にした対策がなされていなかったことが露呈された。

そこで本研究では、阪神・淡路大震災での被害要因を基に、地盤、基礎および建物を連成させたモデルにより、木造家屋の耐震性を検討した。被害要因として基礎形式、地盤条件、建設年代、屋根形式を取り上げ、それぞれの要因が建物応答に与える影響を検討した。さらに、屋根形式別モデルにより建物に対する入力地震動と建物応答の関係を明らかにし、木造家屋の耐震性を評価する指標について考察を加えた。

2. 解析モデルと解析手法

2.1 地盤および建物モデル 地盤は神戸市東灘区の一地点を対象とし、ボーリングデータおよび屈折法による地盤調査結果を基に地盤材料定数を求め、幅120m深さ19mの6層の成層地盤を考え、左右の境界には半無限要素を考慮した。地盤には平面ひずみ要素を用いている。図1に建物、基礎および地盤モデルの拡大図を示す。建物は、はり要素を用い木造家屋の特徴である筋交いを考慮したモデルを用いた。基礎は地盤モデルの一部をコンクリートの材料定数にし、基礎と地盤の間にはジョイント要素を考慮している。なお、入力兵庫東南部地震での神戸海洋気象台観測波（N-SおよびU-D方向）を基盤位置の波形に直したものをを用いた。

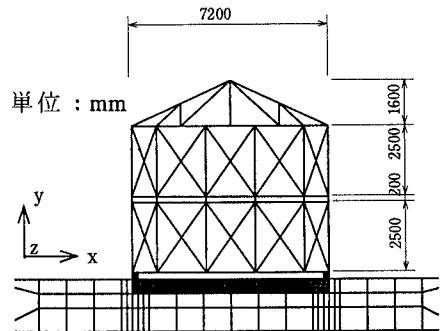


図1 建物、基礎および地盤解析モデル図（拡大図）

2.2 被害要因別モデルについて 表1に建設年代別モデルの部材寸法と建物の1次固有周期を示す。建物固有周期は建設年代により異なることが過去の実験より明らかになっていることから、部材寸法を変えることで各年代別の固有周期に当てはまるモデルを作成した。表2に屋根形式別モデルの単位床面積当たりの屋根重量を示す。葺き土がある瓦とは、瓦の下地に練った土を使用したもので屋根重量が重くなる。屋根の重量は集中質量として屋根頂部に配置した。

表1 部材寸法と建物1次固有周期（建設年代別モデル）

想定建設年代	通し柱断面寸法 (mm)	建物固有周期 (sec)
1950年以前	67 × 67	0.32
1950～1960年代	84 × 84	0.23
1970年代	111 × 111	0.16

3. 解析結果

3.1 建設年代の影響 図3に建設年代別モデルの通し柱最大軸応力を示す。本モデルでは材料として針葉樹Ⅲ類を仮定しているのので曲げ引張の短期荷重に対する許容応力度は210kgf/cm²で基準曲げ強度が700kgf/cm²である。1950年代以前のモデルは1階天井部で基準曲げ強度に達しており、建物が致命的な損傷を生じていることが考えられる。1950～196

表2 屋根重量（屋根形式別モデル）

屋根形式	重量
瓦屋根（葺き土あり）	95
瓦屋根（葺き土なし）	60
石綿スレート	45

単位：kg/m²

キーワード：地震応答解析，木造家屋，被害要因

連絡先：〒657 神戸市灘区六甲台町 TEL 078-803-1031 FAX 078-803-1040

0年代のモデルについては1階天井部で許容応力度を越えているものの、基準強度の達している部分はなく損傷はしているが倒壊は免れていることが予想される。一方1970年代のモデルは最大で許容応力度の44%であった。建設年代が古いものは固有周期が長くなるということには材料の劣化や蟻害といったことが含まれるが本モデルでは部材剛性を変化させることで表現した。

3.2 屋根形式の影響 図3に屋根形式別モデルの通し柱最大軸応力を示す。いずれのケースも基準強度に達することはなかったが、すべての解析ケースで許容応力度は上回った。ここで葺き土なしの瓦屋根の重量を1とすると葺き土がある場合は1.58, スレート屋根は0.75となる。これに対して最大軸応力についても葺き土なしの瓦屋根を1とすると葺き土ありは1.45倍, スレート屋根は0.83倍となりほぼ重さに比例する結果となった。

4. 入力地震動強度と屋根形式別モデルの応答

4.1 通し柱最大応力について 図4に屋根形式別モデルの通し柱最大軸応力と地表面最大加速度の関係を示す。各屋根形式モデルが許容応力度に達するときの地表面最大加速度を図より読みとると、葺き土のある瓦は約450gal, 葺き土なしの瓦は約700gal, スレートは約810galとなった。ここで葺き土なしの瓦とスレート屋根では許容応力度の達する地表面最大加速度に100gal以上の開きがあることから、同じ地表面加速度の地域においてその被災度に差が生じることは明らかである。

4.2 最大層間変位について 図5に屋根形式別モデルの第1層最大層間変位と地表面加速度の関係について示す。図中には建築基準法で定める層間変形の許容値である層間変形角1/200の時の層間変位の線を示してある。図より層間変形角が1/200に達する時の地表面最大加速度を読みとると葺き土ありの瓦が350gal, 葺き土なしが590gal, スレートが740galとなり通し柱最大軸応力が許容応力に達する時の地表面加速度に比べて80~90%の値で層間変形角が1/200に達していることがわかる。これは木造家屋の耐力が一般的に応力よりも変形が支配的になることを示しているが、通し柱が損傷した場合脆性的な破壊が考えられることから、強度についても十分注意する必要がある。

5. まとめ

- ①建物、基礎および地盤を連成させたモデルを用いて地盤と建物の相互作用を考慮した解析により木造家屋の耐震性を明らかにした。
- ②建設年代別モデルでは1970年代のモデルは許容応力度を下回ったが、1960年代以前のモデルは許容値を上回り、建設年代が古いものほど被災する可能性が高いことを明らかにした。
- ③屋根形式別モデルでは重い屋根形式ほど通し柱の最大応力は大きくなることを確かめ、入力を変化させた解析により応力よりも変形が建物の耐力に対して支配的であることを解析的に明らかにした。

【参考文献】

- 1) 社団法人日本建築学会：木構造計算基準・同解説, 1988.11.1
- 2) 藤原悌三：平成7年兵庫県南部地震の被害調査に基づいた実証的分析による被害の検証, 1996.3

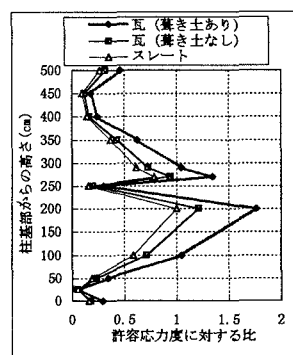


図2 通し柱最大軸応力(建設年代別モデル)

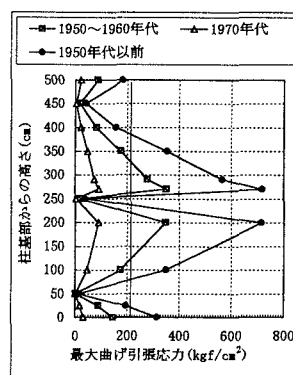


図3 通し柱最大軸応力(屋根形式別モデル)

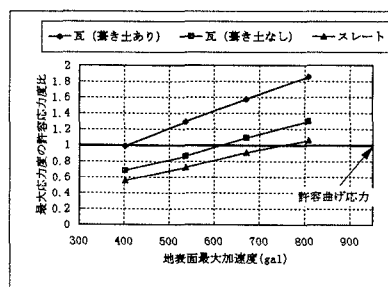


図4 地表面加速度と最大応力の関係

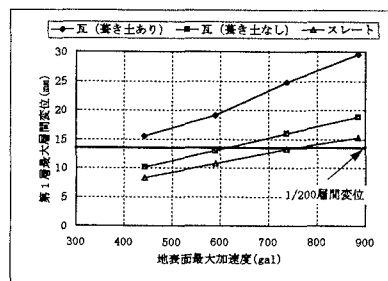


図5 地表面加速度と最大層間変位の関係