

I-49 木造建築における構造・非構造部材の影響評価を目的とした地震応答解析

○東北大学 学生員 小引寛也
 東北大学大学院 学生員 生出佳
 東北大学大学院 正員 山田真幸
 東北大学大学院 正員 寺田賢二郎

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震は6400人以上の多くの死亡者を出したが、その死亡者の多くが建物の倒壊による圧死や窒息死であるという報告がなされた。倒壊した建物のなかでも木造住宅、特に在来軸組構法によるものの被害は際立つ。しかしその一方被害が少なかった木造建築住宅に注目すると、構造部材では筋交等、非構造部材では仕上げ材等の壁や床板の影響が随所にみられる。

そこで本研究では、在来軸組構法の木造建築住宅の地震応答に対して、できる限り実際に近い詳細な解析モデルを用いた動的有限要素解析を行い、構造部材としての筋交いと壁や床板などの非構造部材が与える影響について調査する。具体的には、典型的な在来軸組構法の住宅を対象として、これを模擬したCADによる形状モデルを生成し、各部材それぞれの効果を勘案してはり、板・シェル、ソリッドの各有限要素でモデル化し、筋交いの有無、非構造部材の有無を設定した数値シミュレーションに基づくケーススタディを行う。

2. 解析の概要

図-1に示すような木造住宅の地震応答解析をLSTC社の汎用有限要素プログラムLS-DYNAを用いて行う。以下に解析の概要について述べる。

2.1 解析の対象

解析対象は平面が8.19 m × 7.28 mの2階建ての在来軸組構法による木造住宅である。また一部分に吹き抜けが、玄関部分に下屋根を持ち、屋根は寄棟造、基礎は布基礎を想定している。また浴室部分のみ基礎からの鉄筋コンクリートが立ち上がっている。重量は基礎部分を除くと約23 tとなる。ここには積載荷重約5 tを含む。

2.2 解析のパターン

本研究では、兵庫県南部地震の被害や近年の実物大実験¹⁾の報告を踏まえ、在来軸組構法の木造住宅の部材に注目する。具体的にその部材とは、構造部材では筋交、非構造部材では壁や床板などである。

解析Aでは、在来軸組構法の木造住宅の筋交の状態の違いに注目し地震応答挙動を検証する。解析モデルとして次の3つのケースを想定する。A1:筋交なしの住宅（昭和25年以前）、A2:筋交ありの住宅（昭和25年以降、接合状態；釘3本）、A3:筋交ありの住宅（昭和54年頃以降、接合状態；筋交プレート、図-2参照）。また解析Bでは、非構造部材の効果を考慮することにより建物の地震応答挙動の違いを検討する。解析モデルとして次の4つのケースを想定する。B1:非構造部材を考慮しない住宅、B2:外壁、内

壁、間仕切り壁、床、天井をすべて考慮した住宅（図-3参照）、B3:外壁、内壁、間仕切り壁を考慮した住宅、B4:床、天井を考慮した住宅。これらモデルに材料定数³⁾や境界条件を与えることによって解析を行う。

2.3 入力地震波

地震動は、震源から距離やその地点の地盤の性質や構造によってその波動特性が大きく異なることが知られている。言うまでもなく地震動の周期と建物の固有周期が一致すると共振状態となり、被害が非常に大きくなる。

本研究における地震波は、個別の建物の動的解析とは別に地盤を考慮した地震動解析の結果や実測に基づいたデータを利用して行う。本研究では2つのタイプの地震動を入力地震波として用いる。1つ目は、既存の研究²⁾において行われた解析により生成された仮想の地震波（表-1）であり、2つ目は過去に実際に起こった特徴的な地震動による実際の地震波、ここでは兵庫県南部地震による（表-2）を入力する。

表-1 入力地震波（地震を想定したもの）

方向	最大加速度 [gal]	最大変位 [cm]
$T=0.25$ s		
N-S	21.4	0.75
E-W	225.5	15.94
$T=0.5$ s		
N-S	7.4	0.74
E-W	335.5	31.74

表-2 入力地震波（JR西日本鷹取駅）

方向	最大加速度 [gal]	最大変位 [cm]
N-S	599.4	35.77
E-W	604.3	32.72
U-D	266.8	4.47

3. 数値解析結果

各ケースの初期固有振動数と解析Aの筋交の状態の違いに注目したモデルによる解析結果を以下に示す。

3.1 一次固有振動数による評価

各ケースの一次固有振動数を図-4に示す。これより固有振動数は壁などの垂直方向部材の量により変化することが分かる。その一方で床、天井などの水平方向部材はほとんど固有振動数に影響しないことも分かった。また標準的な木造住宅の固有振動数 f は設計用の計算式

$$f = \frac{1}{0.03h} = 5.38 \text{ Hz} \quad (h = 6.2 \text{ m より})$$

から求めることができ、非構造部材まで考慮に入れたケースB3の固有振動数とその値とはほぼ一致することから、本研究で設定した木造住宅の解析モデルは実際の住宅に近い基本特性を示していると言える。

3.2 層間変位による評価

解析Aの各ケースに表-2（ $T=0.25$ s）を入力した場合の応力分布を図-5、図-6、求めた2階のN-S方向の層間変

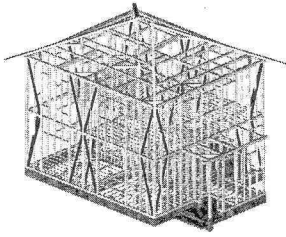


図-1 在来軸組構法による住宅 (CADによる形状モデル)

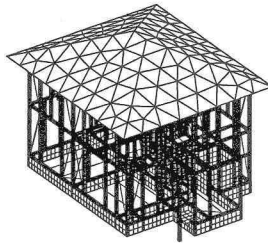


図-2 caseA-3 モデル (筋交プレートによって固定)

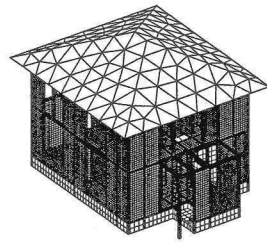


図-3 caseB-2 モデル (非構造部材を考慮)

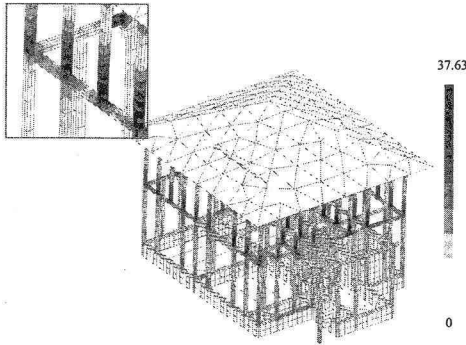


図-5 A1の時刻0.3sにおける von-Mises stress (MPa)

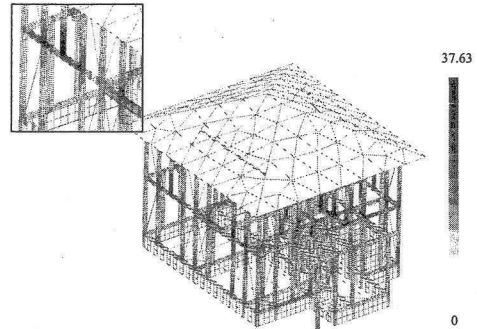


図-6 A3の時刻0.3sにおける von-Mises stress (MPa)

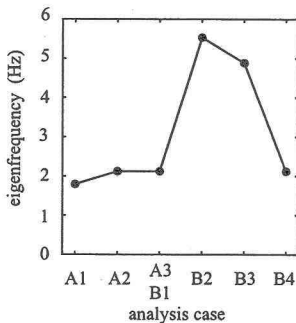


図-4 各ケースの一次固有振動数

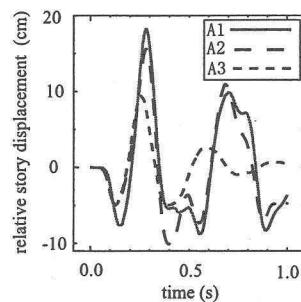


図-7 解析Aの各ケースの2階層間変位 (E-W方向)

位を図-7に示す。これによると、A1、A2に比べA3のモデルは2階の層間変位が小さくなっている。またそれは応力分布よりも明らかである。さらにA3は他のケースにくらべ塑性化の進展が遅いことも周期の変動から分かる。このA3のモデルは筋交を接合金物で留めているため、水平の地震力に対して十分に効果を発したと言える。その一方でA2のように接合部分が弱い場合には地震力に対し抵抗できず筋交が外れてしまい、筋交がない場合とそれほど変わらない結果となっていることが分かる。

4. おわりに

本研究によって木造住宅の構造・非構造部材の影響を個別に確かめることができた。改めて筋交の重要性を認識でき、動的解析においては非構造部材を考慮する必要がある

ことを示すことができた。これらは耐震設計上はあまり必要とされないが、防災の立場で倒壊の可能性を考える場合には特に重要な検討事項であるといえる。本研究では、特に、耐震改修等の行為に際して有用な情報を提供する上で、今回対象としたような部材の効果を評価する必要性を示すことができた。

参考文献

- 1) 財団法人日本住宅・木材技術センター, 木造住宅実物大振動実験報告書(要約版), 財団法人日本住宅・木材技術センター, 1996.
- 2) 市村強, 堀宗朗, 寺田賢二郎, 山川貴弘, 総合地震シミュレータにおける高分解能強震動シミュレータと都市域の電子情報の利用について-地盤構造の推定手法が強震動分布に及ぼす影響の基礎検討とGISを中心とした統合地震シミュレータの難型の構築-, 応用力学論文集 Vol.6, pp.615-622, 2003年8月.
- 3) 林野庁林業試験場編, 木材工業ハンドブック, 丸善, pp.173-pp179, 1973.