

### Ⅲ 材料研究グループ

#### Ⅲ－1 部材・接合部の強度分布を考慮した木造軸組躯体の 倒壊シミュレーション法の開発

#### Development of Collapsing Simulation Method of Timber Frame Structures with the Strength Distribution of the Components and the Joints.

(研究期間 平成 17～19 年度)

材料研究グループ

中川貴文

Dept. of Building Materials and Components

Takafumi Nakagawa

In this report, we carried out collapsing process simulations for real-size wooden houses which were used at the shaking table tests. By improving our calculating program, modeling of the fracture process and size effect of mortar finished walls was realized. Three analytical models (High, standard and low) were made in terms of the strength of exterior mortar walls. The simulation results were compared with the shaking table test. The collapsing process of the numerical simulation of high capacity mortar model was corresponds well to experiment result. The collapsing process of standard and low capacity mortar model is similar to experimental result in the small deformation region, but it did not correspond in the large deformation region, and the directions of the collapsing were different.

#### 【研究目的及び経過】

近年の大規模な地震による既存木造住宅の大きな被害により、木造住宅の耐震性能が注目されるようになった。研究においても震動台を用いた木造住宅の実大実験が行われるようになり、住宅全体の耐震性能評価が行われるようになって来ている。一方で、実大実験はコストが大きい為、多くの仕様を実験することは困難であり、地震時の動的応答挙動を計算機シミュレーションで予測する手法の確立が試みられている。

本研究では地震時の木造軸組躯体の動的挙動及び、倒壊過程を、接合部、部材レベルの構成要素の実験データを入力するだけでシミュレーションできる計算機プログラムの開発を行った。また、構成要素のパラメータに分布を持たせることによって生じるモデルの倒壊パターンの相違について評価した。

#### 【研究内容】

開発した倒壊解析プログラムの検証のためにE-ディフェンス震動台実験で用いられた補強・無補強試験体<sup>1)</sup>のうち無補強のA棟を解析対象として、倒壊シミュレーションを行った。以下その概要について説明する。

#### 【研究結果】

##### (1) 解析理論

基本理論として用いた拡張個別要素法は、土木分野で考案されたシミュレーション手法であるが<sup>2)</sup>、非連続体解析法であるため、大変形・倒壊解析に有効であり、また筆者らのこれまでの研究<sup>3)</sup>で木造建物の倒壊解析に適用可能であることがわかっている。

本報ではモルタル外壁の崩壊挙動を含めた解析モデルを検討し、実験結果との比較を行った。

##### (2) シミュレーションモデル概要

解析対象の試験体を図 1 に示した。兵庫県明石市で実在した築約 30 年の 6P×6P の木造軸組構法 2 階建て住宅で、外壁は木ずり下地のラスモルタル、内壁は土塗り壁であった。シミュレーションモデルを図 2 に示した。



図 1 解析対象試験体

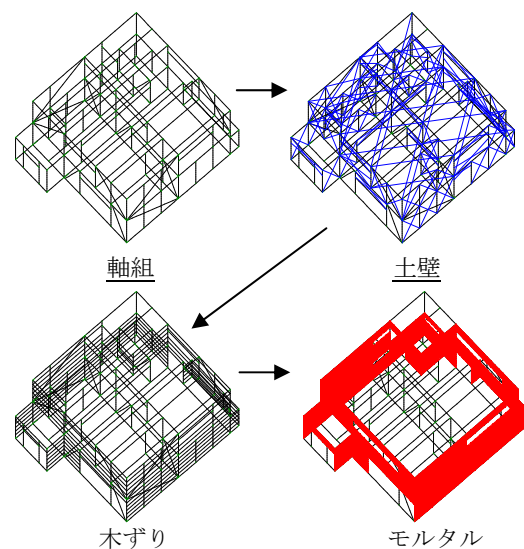


図 2 シミュレーションモデル

(3) 部材・接合部のモデル化

柱、横架材、筋かい等の軸組は梁要素を直列に連結してモデル化し、接合部は圧縮・引張、回転のバネ要素でモデル化して、既往の実験結果<sup>4)</sup>や要素実験の結果<sup>5)</sup>から近似した荷重変位関係をシミュレーションのパラメータとして設定した。

(4) モルタル外壁のモデル化

モルタル外壁は、図3に示した通り、柱・梁に釘打ちされた木ずり層（梁要素の集合）と、モルタル層（三角形薄板要素）に分けてモデル化した。モルタルの応力-ひずみ関係はモルタルの強度試験結果を入力パラメータとして用いた（圧縮と引張で耐力が異なる）。このようにモルタル外壁を精緻にモデル化することで、モルタルの塗り面積による耐力の寸法効果、ひび割れの発生箇所、剥落の有無等をシミュレーションモデルで検討することが可能となる。柱-木ずり接合部、木ずり-ラスモルタル接合部のバネ要素の荷重変位関係は、前年度実施した構面試験体<sup>4)</sup>と同仕様の解析モデルに対して、実験と同様の加力シミュレーションを実施し、比較することで3つのパラメータを設定した。

(5) 重量の設定・入力地震波

解析モデル重量は、実験で得られた実績重量を、指針<sup>4)</sup>に基づく各階の重量比に従い各要素に配分した。シミュレーションに用いた入力地震波は震動台実験で計測された加振波（JR 鷹取 3 次元入力）である。

(6) シミュレーション結果

図4にシミュレーション結果の1F 桁行方向層間変位を震動台実験と比較して示した。3つのパラメータのうち一つは応答変位、倒壊時刻は良好に一致していることが分かる。図5にシミュレーションと実験の倒壊過程を比較して示した。モルタル外壁にひび割れが発生し剥落する過程が、本シミュレーション手法で追跡可能であることが分かった。

【参考文献】

- 1) 植本ほか「震動台による既存木造住宅の耐震性能検証実験 その 8」, 日本建築学会大会学術講演概要集, C-1, p.381-382 (2006)
- 2) 目黒, 伯野「拡張個別要素法を用いた地震による建造物の崩壊過程のシミュレーション解析」日本建築学会大会学術講演概要集, C-1, p.763-764 (1991)
- 3) Nakagawa, Ohta “Collapsing Process Simulations of Wooden Houses under Dynamic Loading” 9th World Conference on Timber Structures, Portland, p.89 (2006)
- 4) (財) 日本建築防災協会「木造住宅の耐震診断と補強方法 木造住宅の耐震精密診断と補強方法 (改訂版)」
- 5) 中川ほか「震動台による既存木造住宅の耐震性能検証実験 その 15」日本建築学会大会学術講演概要集, C-1, p.395-396 (2006)

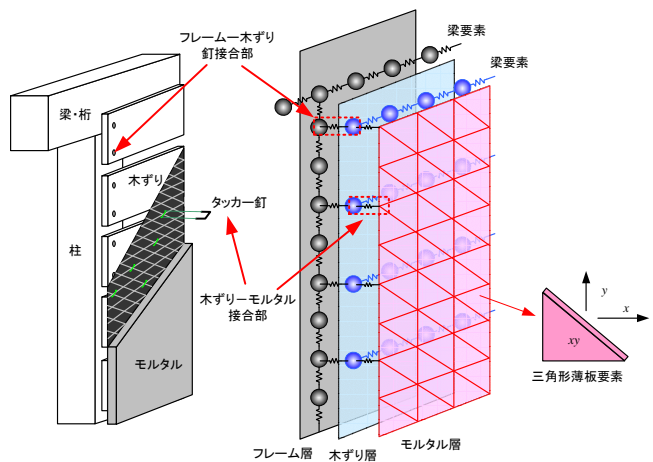


図3 モルタル外壁のモデル化

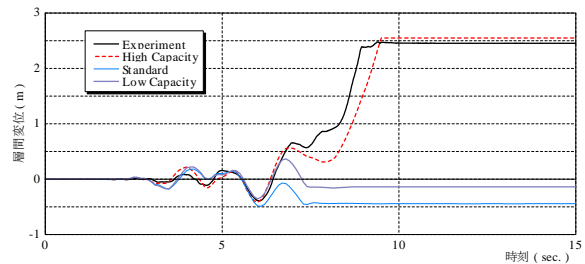


図4 1F 桁行方向層間変位の比較

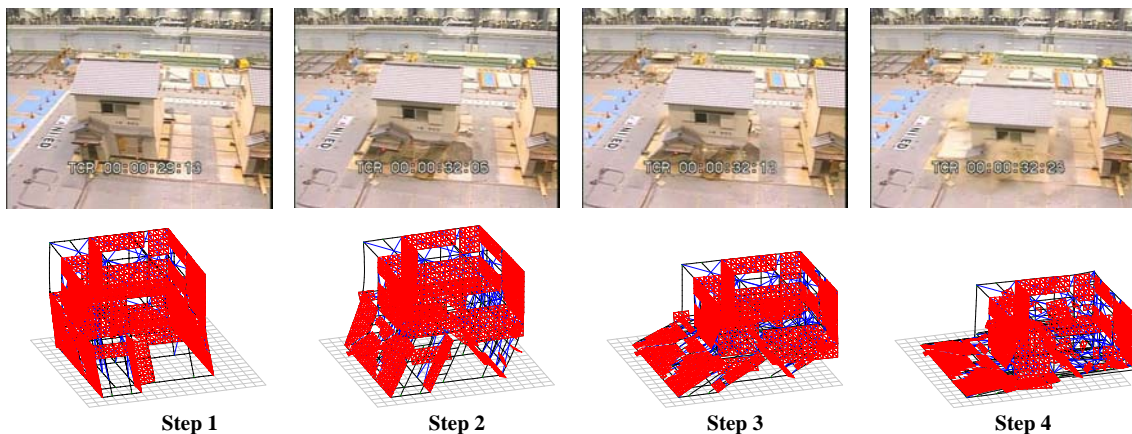


図5 倒壊過程の比較 (上: 震動台実験 下: シミュレーション)