

地震時の木造住宅の破壊・倒壊過程シミュレーション

材料研究グループ 研究員 中川 貴文

I はじめに

近年の大規模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。研究分野においても、振動台を用いた木造住宅の実大実験や、住宅全体の応答解析が数多く行われるようになってきている。

建築研究所では基盤研究テーマとして、接合部や部材の強度を入力して、建物全体の地震時の損傷の程度や倒壊の可能性を予測することのできる倒壊シミュレーション手法の開発を行っている。ここでは既存木造住宅の震動台実験（Eーディフェンス）を対象としたシミュレーション結果を紹介する

II シミュレーションモデル

【対象試験体】解析対象の試験体を図1左に示した。兵庫県明石市で実在した築31年の6P×6Pの木造軸組構法2階建て住宅である。外壁はラスモルタル、木ずり下地、内壁は土塗り壁、じゅらく塗り仕上げであった。

【シミュレーション理論】本研究では解析法として拡張個別要素法（以下 EDEM）を用いた^{1,2)}。EDEM は元来コンクリートや土木の分野で開発されたシミュレーション手法³⁾であるが、それを木造軸組構法の解析に使えるように改良した。非連続体解析法であるため、大変形・倒壊解析に有効であることがわかっている。図1右にシミュレーションモデルを示した。内壁はトラス要素（図中の青色）で置換してモデル化し、外壁は後述するようにモルタル外壁のひび割れ、部材の曲げ破壊等の現象を追えるよう精緻にモデル化した。モデルの合計接点数は4,604個、27,624自由度となるが、

EDEM では比較的簡単にモデル化することができ、一般的なPCで計算できる範囲の計算コストに収まっている。

【接合部のモデル化】接合部は図2に示したように圧縮、引張、回転のバネ要素でモデル化し、各種金物の復元力特性を接合部単体の実験の荷重変位関係から近似して設定した。

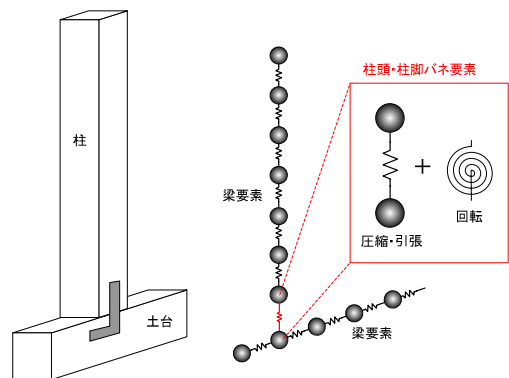
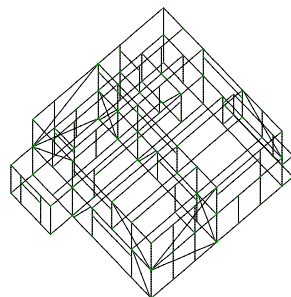


図2 接合部のバネ要素

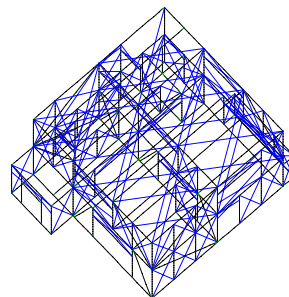
【モルタルのモデル化】外壁のモルタルは、図3に示したように、柱・梁に釘打ちされた木ずり要素と、ラスモルタル要素に分けてモデル化した。柱-木ずり接合部、木ずり-ラスモルタル接合部のバネ要素のパラメータは、釘、ステーブルのせん断試験結果、耐力壁のせん断試験結果を元に決定した。モルタルは三角形薄板要素でモデル化し、モルタルの強度試験結果をパラメータとして設定した。モルタルを精緻にモデル化することで、モルタルの塗り面積による寸法効果、ひび割れの発生する位置等をシミュレーションで再現することが出来る。



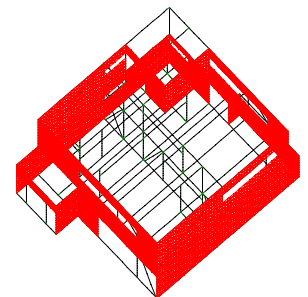
解析対象試験体



①軸組の配置



②内壁の配置



③外壁の配置

図1 試験体とシミュレーションモデル

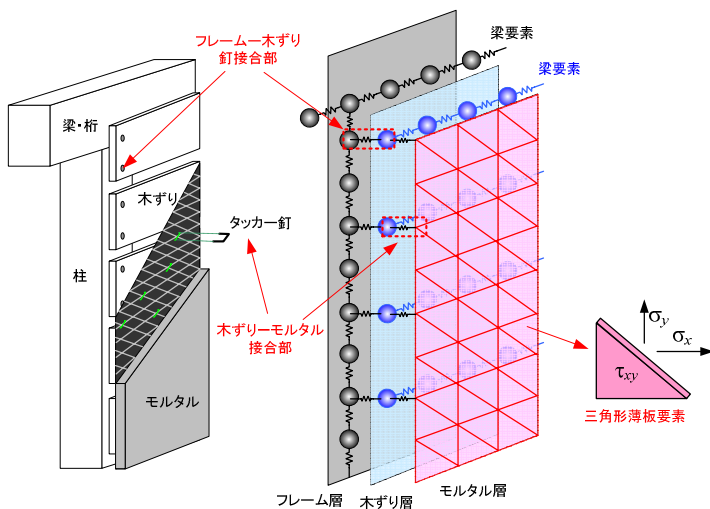


図3 モルタル壁のモデル化 1

III シミュレーション

【入力地震波】シミュレーションモデルに入力した地震波は震動台実験と同じく 1995 年兵庫県南部地震において JR 鷹取駅で観測された波形である。

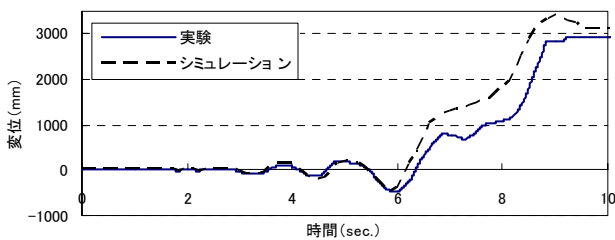


図4 実験とシミュレーションの比較 (層間変位)

【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桁方向層間変位を震動台実験と比較して示した。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、6にシミュレーションと実験の倒壊過程を示した。外壁モルタルのクラックや剥落過程も本シミュレーション手法で再現可能であることが分かった。

V 文献

- 1) Nakagawa T., and Ohta M., “Collapsing process simulations of timber structures under dynamic loading II. simplification and quantification of the calculating method”, J. of Wood Science, Vol. 49(6), pp. 499-504 (2003)
- 2) Nakagawa T., Ohta M. “Collapsing Process Simulations of Wooden Houses under Dynamic Loading” 9th World Conference on Timber Structures, Portland, p.89 (2006)
- 3) 目黒公郎, 伯野元彦 「拡張個別要素法を用いた地震による構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, pp.763-764 (1991)

【謝辞】本報告の実験は「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の一環としておこなった。議論に参加いただいた各位にこの場を借りて深くお礼申し上げます。

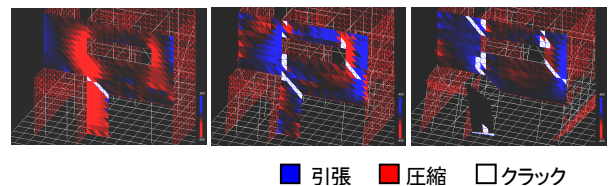


図6 モルタル外壁の応力分布 (シミュレーション結果)

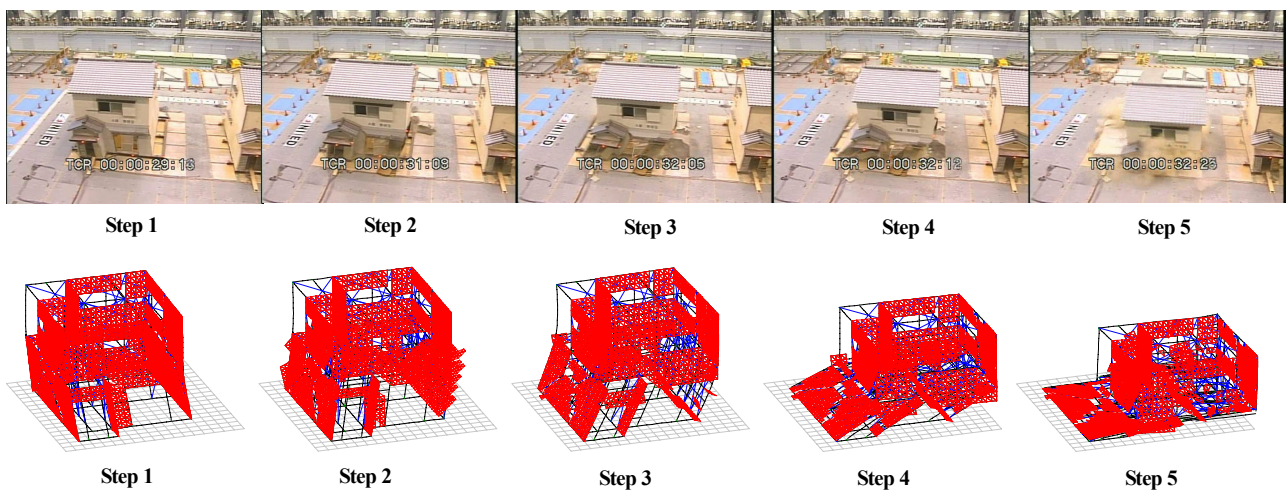


図5 実験とシミュレーションの比較 (倒壊の様子)