

2) - 2 地震時の木造住宅の倒壊過程シミュレーション手法の開発

Development of Collapsing Process Simulation Method of Timber Frame Structures under Large Earthquakes.

(研究期間 平成 19～20 年度)

材料研究グループ
Dept. of Building Materials and Components

中川貴文
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、振動台実験結果との比較を行い、解析プログラムの精度の検証を行った。

【研究内容】

(1) 解析理論

解析理論には個別要素法を用いた。個別要素法は非連続体解析法であるため、大変形・倒壊解析に適している。主に土木の分野で用いられている解析手法であるが、筆者らのこれまでの研究で、木造住宅の倒壊解析に有効であることが分かっている。

(2) 解析対象木造住宅

解析対象の木造住宅は、E-ディフェンス震動台実験で用いられた試験体 2 棟 (A 棟、B 棟) で、兵庫県明石市で実在した築 31 年の木造軸組構法 2 階建て住宅である。2 つの木造住宅の平面プランはほぼ同じで、片方 (B 棟) に耐震補強を施した。耐震診断 (精密診断) による評点は A 棟が 0.5 であり、B 棟は補強後 1.8 となった。

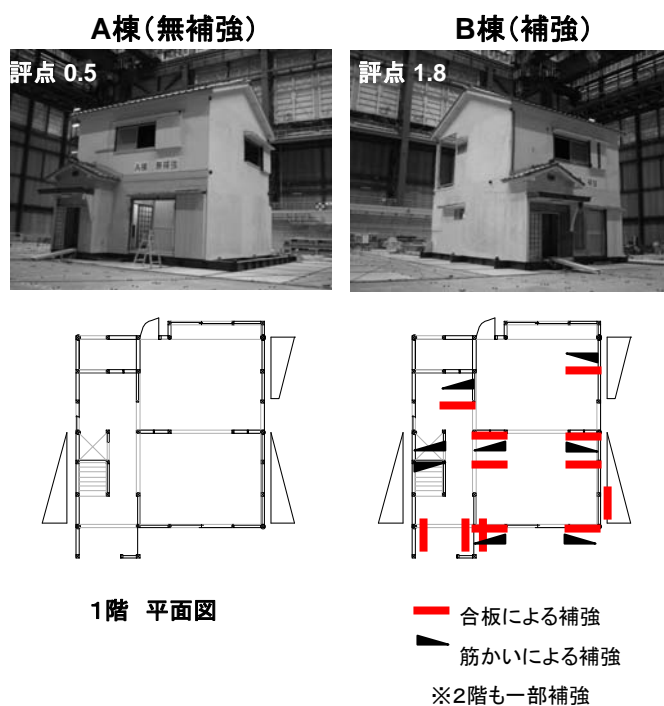


図 1 解析対象試験体

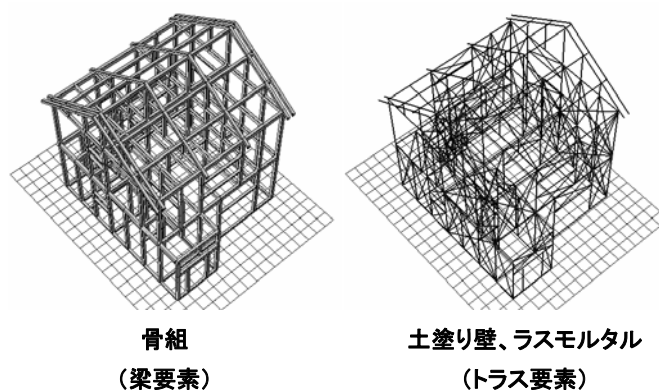


図 2 解析モデルの概要

(3) 解析モデル概要

図 2 に示したように軸組は塑性ヒンジ+弾性梁要素でモデル化を行い、使用された木材の各樹種に対して、事前に行った強度調査や文献値から弾性係数、曲げ強度を設定した。既存の壁、耐震補強で増設した耐力壁は、トラス要素によるブレース置換でモデル化した。水平構面、屋根面は壁と同様にトラス要素でモデル化を行った。

(4) 軸組

軸組は図 3 に示したような塑性回転バネ+弾性梁要素でモデル化を行った。履歴特性は鉄骨部材に用いられる加藤・秋山履歴則を用いた。曲げ強度を 40 N/mm² として断面係数に従い最大曲げモーメントを設定した。ヤング係数は 6.5 kN/mm² とした。通し柱は断面欠損を考慮し、断面係数を全断面の 75% とした。

(5) 部材・接合部のモデル化

接合部は法線方向バネと、回転バネでモデル化し、各接合部の引張試験・モーメント抵抗試験の荷重変形関係を近似して、骨格曲線を決定した。

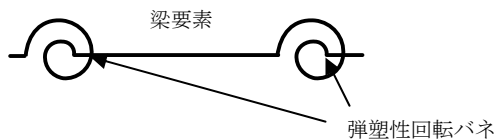


図 3 軸組の概念図

耐力壁の履歴特性はバイリニア+スリップ型を採用し、骨格曲線は壁単体の要素実験の結果から決定した。

【研究結果】

解析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。右図に解析結果の 1 階桁行方向層間変位を震動台実験結果と比較して示した。解析の応答変位は実験とよく一致していることが分かる。図 6 にシミュレーションと震動台実験の倒壊過程を示した。無補強の A 棟が倒壊にいたる過程、補強した B 棟の振動性状を本解析手法で再現可能であることがわかった。

(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。

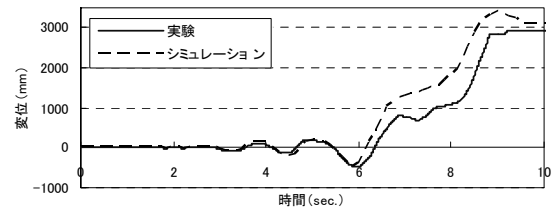


図 5 1F 桁行方向層間変位の比較

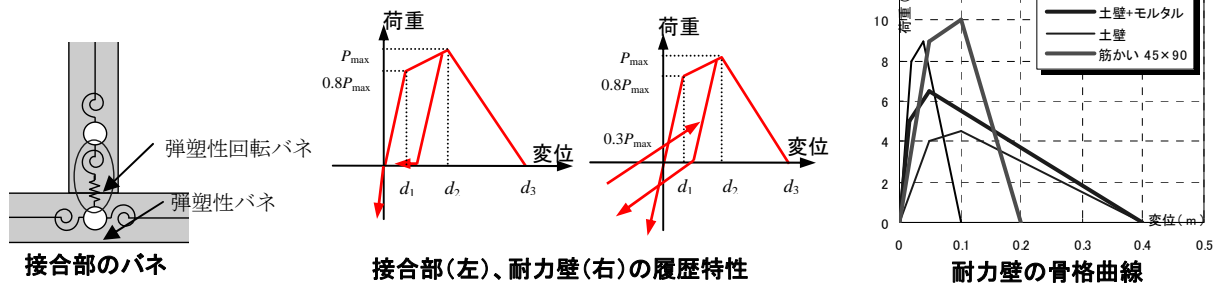


図 4 各種バネの骨格曲線と履歴特性

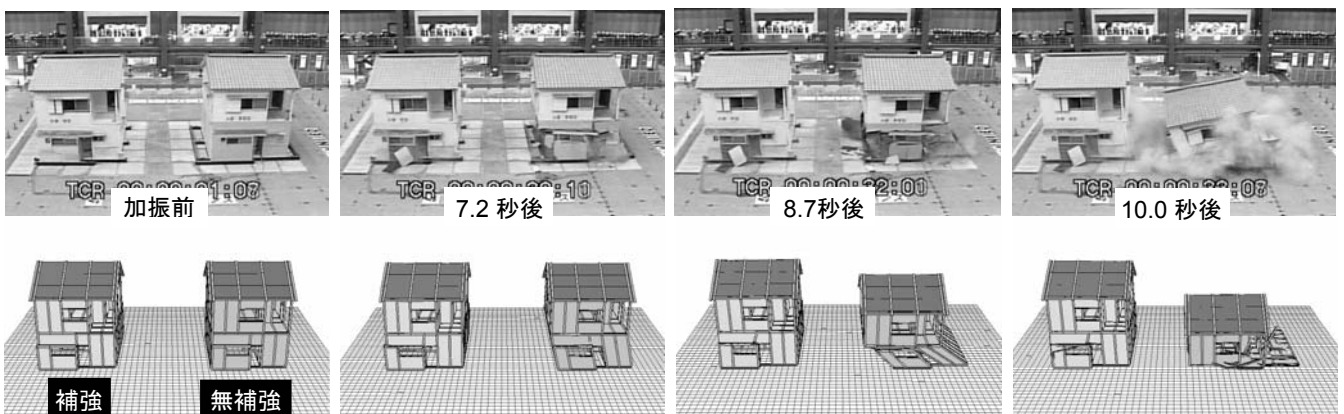


図 6 倒壊過程の比較 (上：震動台実験 下：シミュレーション)