

地震時の木造軸組住宅の動的挙動シミュレータの構築

東京大学大学院

正会員

○柳田 充康

東京大学生産技術研究所

正会員

目黒 公郎

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震は、全壊建物約10万棟、半壊約14万棟、地震の2週間後までの死者行方不明者数は約5500人という大きな被害をもたらした。これらの犠牲者の中に占める建物被害を原因とする死者は、建物の下敷きになり逃げ出せなかったために焼死した犠牲者を含めれば9割を超える。またその約1割が家具の転倒・落下による影響を受けたと言われている¹⁾。地震時の人的被害・建物被害の軽減には、建物の耐震性を向上させる、家具の転倒防止措置を行うなど、市民1人1人の自発的な被害軽減行動が最も効果的かつ不可欠である。兵庫県南部地震以後、居住施設の耐震化や居住空間の安全性確保が謳われるようになったが、実態としてはほとんど進んでいないとの報告がある²⁾。これらの大きな原因の1つに、地震被害に対して、そして被害軽減行動の効果に対して、多くの人々が具体的な状況をイメージできる能力を持っていないことが挙げられる。地震被害の状況、そして適切な地震被害軽減行動の効果に対するイメージ能力を向上させるためには、地震時に直面する環境を擬似体験してもらうことが有効である。その環境が自分の身近なものであればさらに効果的である。そこで著者らは自分の家や部屋が地震時どのようなかを示すシミュレータの構築を進めている（図1）。

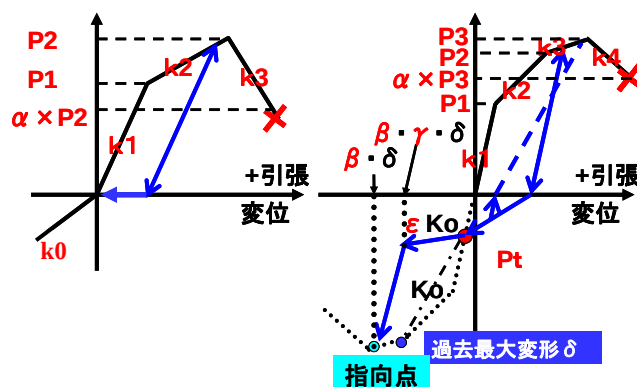
ユーザー入力が簡単な家具の動的挙動シミュレータは、既報³⁾でWeb上に展開している。本報では木造軸組住宅の動的挙動シミュレータについて紹介する。

適切な入力情報を得ることは、地震時の挙動を再現する上で不可欠であるが、室内の家具のシミュレーションに比べ

て建物用の適切な入力情報を得ることは格段に難しい。構造に関する専門的な知識に基づいて、耐力壁の種類や柱の位置などを入力する必要がある、これは一般市民では無理である。そこで、建物のシミュレータの利用者としては耐震改修業者などの専門家を想定し、耐震改修による効果を一般の市民にも簡単に理解できる環境を用意することを目的とする。

2. 耐力壁の特性を考慮したパラメータの決定

シミュレータで用いる数値解析手法は、個々の要素間に適当な破壊基準を持つ間隙バネを設置することで、連続体としての挙動から非連続体としての挙動を3次元空間上で追跡できる3次元拡張個別要素法（3D-EDEM）³⁾である。在来木造軸組住宅の動的挙動を追跡するために、過去の研究成果⁴⁾をベースに、新たに接合部および耐力壁の間隙バネをモデル化した（図2）。在来木造軸組住宅の耐力壁の静的水平加力実験^{5), 6)}とキャリブレーションを行い、接合部バネ、筋交い・モルタル外壁・サイディング・土壁・構造用合板の耐力壁バネのパラメ



(1) 接合部

(2) 耐力壁

図2 間隙バネに付与するバネモデル

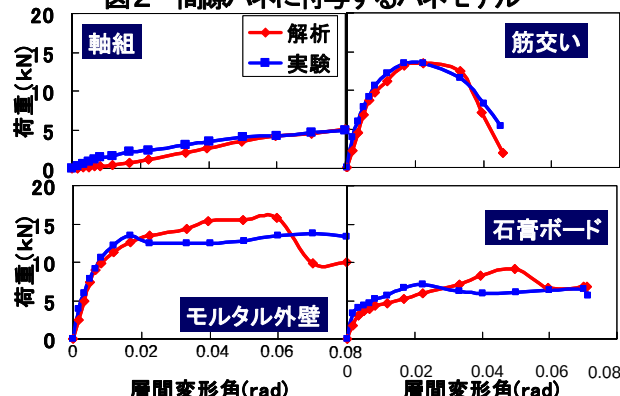


図3 耐力壁の静加力試験と解析結果の比較

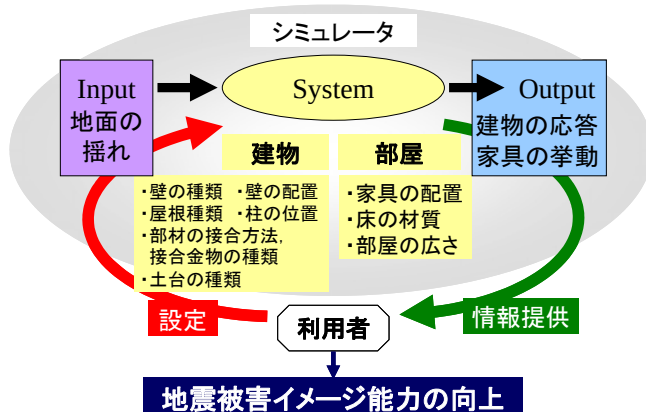


図1 家具および住宅の動的挙動シミュレータ

キーワード：木造住宅、拡張個別要素法、コンピュータシミュレーション、地震被害、人的被害

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所B棟 目黒研究室 Tel: 03-5452-6437 Fax: 03-5452-6438

一タを決定した。図3に、静加力実験と解析を比較した結果の一例を示す。概ね実験と一致していることが分かる。

3. 耐震補強前後の動的挙動シミュレーション

前節で得た耐力壁モデルのパラメータを用いて、耐震改修が行われた実在の木造住宅を対象に、耐震改修前後の動的挙動解析を行い、耐震改修の有無による住宅の動的挙動の差を目で見て分かる形で表現することを試みる。

解析対象は、1960年に建設された木造2階建て家屋で、瓦葺の重い屋根を有している。図4に耐震改修前後の図面を示す。耐震改修以前の建物の耐震診断の結果は、総合評点 0.25（X方向：0.25, Y方向：0.44）であり、南側（-Y方向）の壁量の不足とバランスの悪さが指摘されている。壁量の不足を筋交いと合板で補強を行った耐震改修以後の耐震診断点は1.24である。

動的挙動解析を行うに当たり、①地盤、1階床は固定要素と考え、固定要素にJR 鷹取波のNS, EW, UD成分をそれぞれY方向, X方向, Z方向に変位入力した。②梁・柱の比重は0.6とした。③2階の天井要素, 1階の天井要素は打上げ板張りとしての重み（150N/m²）⁷を考慮した重量を与えた。④2階床要素は、住宅の居室としての積載荷重（1800N/m²）⁷, 自重（340N/m²）⁷, 2階壁の種類を考慮した重さ（軸組：150N/m², モルタル塗：640N/m²）⁷, の3つを加えた重量とした。⑤屋根は瓦葺としその重量（980N/m²）⁷を与えた。以上に加えて、図4に示した図面の耐力壁位置には、前節で得た耐力壁間隙バネを配置し、解析を行った。

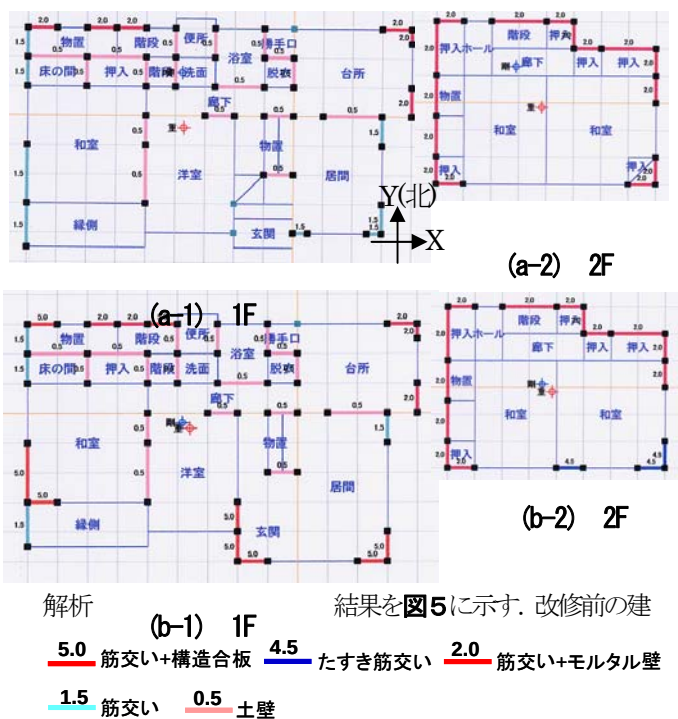


図4 耐震改修以前(a)と以後(b)の図面

物は壁量の少ない南側に倒れ、耐震改修の効果がはっきり見て取れる。

4. まとめ

本研究では、3次元拡張個別要素法を用いた木造軸組住宅の動的挙動シミュレータを構築した。間隙バネに接合部・耐力壁のバネモデルを付与し実験結果を用いてキャリブレーションを行った。このシステムを用いて既存不適格建物の耐震改修前後の地震時挙動をシミュレーションした。結果からは、本システムが住宅耐震化を促進するためのツールとして、高い可能性を有することが確認された。

参考文献

- 1) 日本建築学会建築委員会／兵庫県南部地震調査研究部会／建築内部空間における被害WG：阪神淡路大震災住宅内部被害調査報告書，1996. 9.
- 2) 内閣府：住宅における地震被害軽減に関する指針，p. 1, 2004. 8.
- 3) 柳田充康, 目黒公郎：Web を利用した地震時の家具の動的挙動シミュレータの構築，土木学会第 59 回年次学術講演会概要集，2004. 9.
- 4) 真柄琢哉, 三宅辰哉, 五十田博, 田守伸一郎, 笹川明：枠組壁工法建築物の地震時最大応答変位に関する考察，日本建築学会構造系論文集，No. 506, pp. 75-82, 1998. 4.
- 5) 三芳紀美子, 大橋好光, 高橋浩一, 綿引誠, 中野一郎：軸組構法住宅用各種壁の静加力試験および振動台実験その 1～その 2，日本建築学会学術講演梗概集，構造Ⅲ, pp. 199-202, 2001. 9.
- 6) 北尾聡子, 小坂郁夫, 中村武：木造建物の履歴復元力特性に関する実験的研究－在来軸組の静的水平加力試験－，構造工学論文集，Vol48B, pp. 65-72, 2002. 3.
- 7) 国土交通省住宅局建築指導課建築技術研究会編：基本建築基準法関係法令集 2001 年版，建築資料研究社，pp. 313-319.

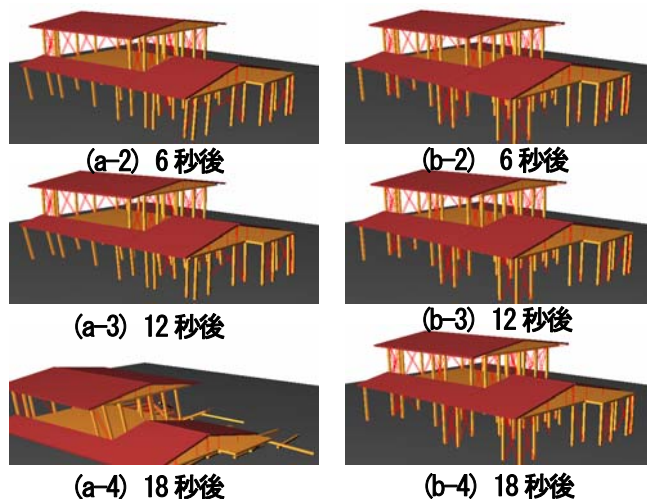


図5 耐震改修以前(a)と以後(b)の動的挙動