

極大地震を想定した木造住宅の耐震シミュレーションソフト最新版を公開

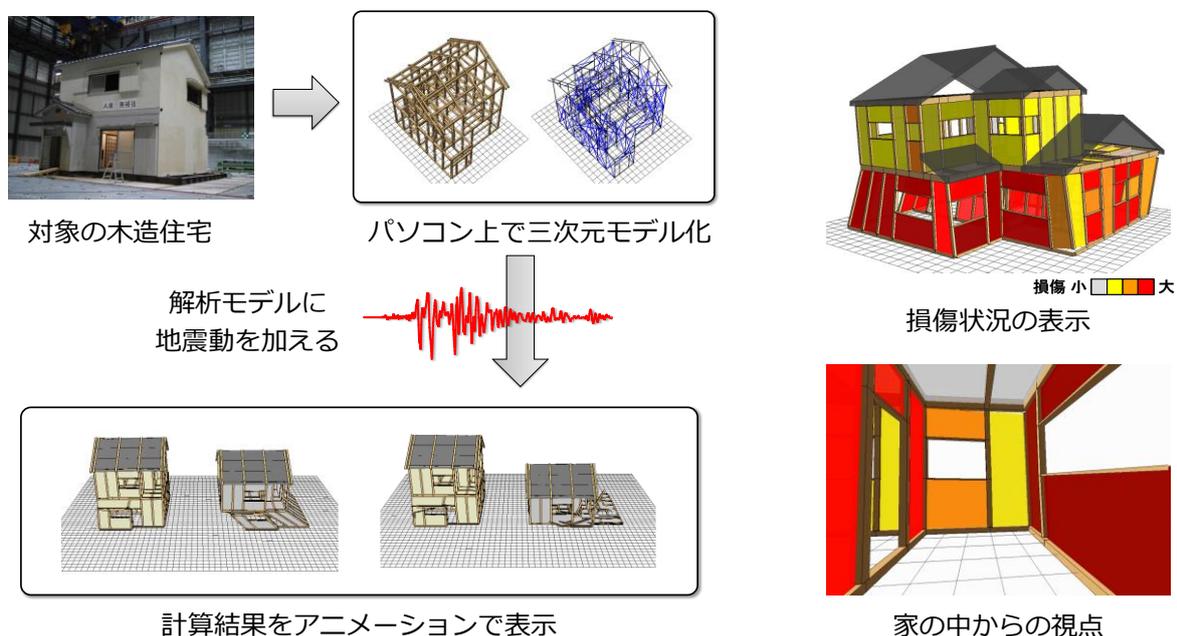
—制振装置の検証や実務での活用がより身近に—

概要

中川貴文 京都大学生存圏研究所准教授は、木造住宅の地震時の損傷状況や倒壊過程をシミュレートするプログラム「ウォールスタット (wallstat)」の最新版をフリーソフトとしてホームページで公開しました。ウォールスタットは、パソコン上で建物を 3 次元的にモデル化し、過去に起きた地震や想定される極大地震など様々な地震動を与え、木造住宅の耐震性能を動画で確認（見える化）することができます。建物が完全に倒壊するまでを計算できるのがこのソフトの特徴です。

これまで、数多くの実大振動台実験の成果等を踏まえ、独自のシミュレーション理論の開発と検証を重ねてきました。最新版では、地震の揺れを軽減する制振装置の効果を検証できるようになった他、実務で使われている市販の設計ソフトの詳細な建物情報を直接読み込むことが可能となりました（木造住宅用 CAD との連携強化）。木造住宅に関わる様々な実務者が簡単な操作で高度な耐震シミュレーションを行うことができます。大学・企業等で研究開発に携わる技術者だけでなく、工務店・ハウスメーカー・地方自治体などの幅広いユーザーに普及し、耐震性能の検証、顧客へのプレゼン、防災意識の啓発などに活用されることが期待されます。

ウォールスタットの詳しい情報の閲覧やダウンロードは、<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa> 行うことができます。



1. 背景

近年の大地震による木造住宅の甚大な被害により、木造住宅の耐震性能があらためて注目されるようになりました。本研究分野においては、振動台を用いた実大実験や数値解析が数多く実施され、地震動時の木造住宅の挙動に関する多くの知見が得られています。

中川貴文 京大生生存圏研究所 准教授は、これらの知見を活用し、木造軸組構法住宅の建物全体の大地震時の損傷状況や倒壊過程をシミュレートする数値解析プログラムの開発を行いました。木造住宅の倒壊過程を再現するには、柱の折損・部材の飛散といった、連続体がバラバラになっていく現象を考慮する必要があるため、従来の解析手法では困難とされてきました。そこで、個別要素法^(※1)という非連続体解析法（バラバラな物体の挙動を計算する手法）を基本理論としたオリジナルの解析手法を開発し、木造住宅の倒壊過程を再現することを可能にしました。解析対象の木造住宅が連続体である内は、従来の解析手法と同様に解析を行いますが、建物が一部破壊し、さらに倒壊しても計算を続行することができるのが、この解析手法の特徴です。数多くの解析的検討と実験との比較からプログラムの改良を行い、実大の木造住宅の振動台実験における倒壊に至るまでの挙動に対して、精度の高い解析を行うことができるようになりました（図3）。

この度公開したウォールスタット（wallstat）はその研究成果を、研究者・技術者だけでなく、木造住宅の実務に関わる多くの方々が使えるように改良したソフトウェアです。ウォールスタットを使えば、パソコン上で木造住宅の数値解析モデルを作成し、振動台実験のように地震動を与え、最先端の計算理論に基づいたシミュレーションを行うことで、変形の大きさ、損傷状況、倒壊の有無を視覚的に確認することが可能となります。

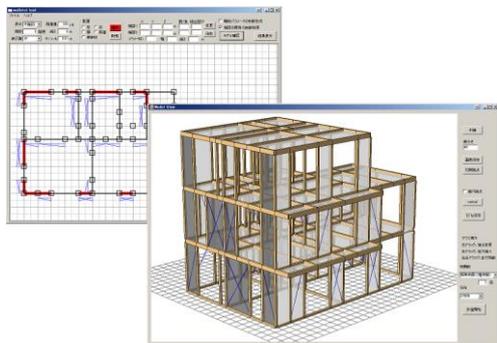


図1 ウォールスタットの操作画面

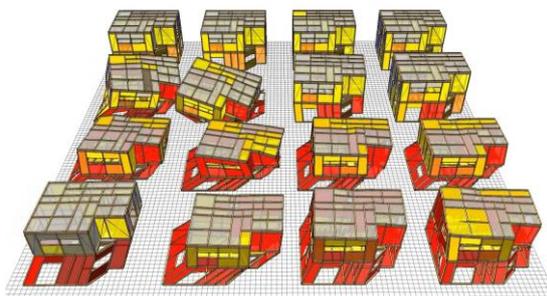


図2 極大地震を想定した被害シミュレーション



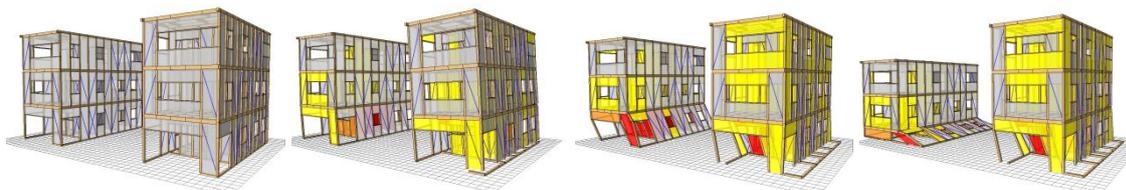
加振開始

14 秒後

27 秒後

28 秒後

実験結果



計算結果

図3 実大振動台実験の再現

2. 研究手法・成果

ウォールスタットの最新版では以下の①～③の新機能が新たに追加されました。

①制振装置のモデル化機能

繰り返し生じる地震に対して、建物被害を軽減させるためには制振装置が有効とされています。最近では木造住宅用の制振装置が数多く開発されています。制振装置は地震のエネルギーを吸収することによって効果を発揮しますが、エネルギー吸収の評価にはウォールスタットのような時刻歴応答解析（超高層建築物の設計で用いられる計算法で、地震の建築物への影響を正確にシミュレーションできる）が最も有効です。ウォールスタットでは3つのモデル化を選択することにより市販の制振装置に幅広く対応することが可能となりました。

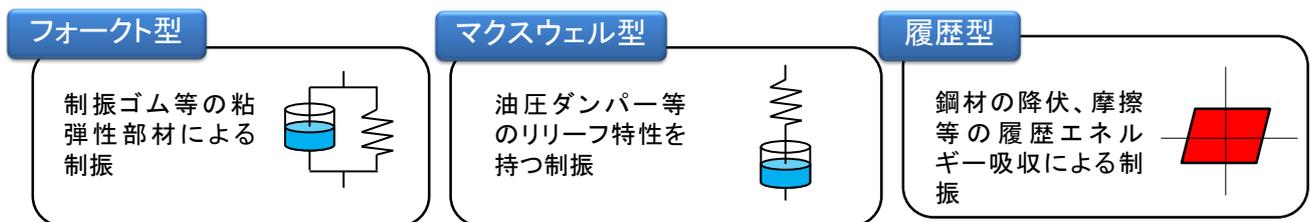


図4 ウォールスタットで再現できる制振装置の種類

②木造住宅用 CAD^{*2} との連携強化

現在新築されている木造住宅のほとんどが CAD ソフトを用いて設計・製造されています。CAD の情報には耐震性能評価に必要な耐力壁等の耐震要素の情報が含まれています。最新版では、木造住宅用 CAD の情報のうち、部材の情報や耐力壁の情報だけでなく、屋根の形状や、耐震性能評価にかかせない接合部（市販されている金物など）の強度の情報を自動でインポートすることが可能になりました。この機能により、木造住宅のほとんどについて、簡単な操作により耐震シミュレーションを行うことが可能となりました。



図5 木造住宅用 CAD との連携強化

③構造設計支援機能

ウォールスタットではプッシュオーバー解析を簡単な操作で行うことが可能となりました。プッシュオーバー解析は、鉄筋コンクリート造や鋼構造のビル等の構造設計に用いられている計算方法です。地震力等が作用した際の建物の壊れるまでの性能（終局性能）を評価できます。今後、木造住宅の終局性能を考慮した耐震設計へ活用されることが期待されます。

3. 波及効果、今後の予定

ウォールスタットは大学・企業等での研究開発分野での活用のほか、「これから建てる木造住宅の耐震性能検証」「耐震補強によるビフォー・アフターの比較」「新たに開発した耐震商品のプレゼンツール」「将来起こりうる極大地震に対する防災意識の啓発」など実務でも幅広く活用され、これまで 20,000 回のダウンロードを記録しています。今回の最新版の公開により、木造住宅の耐震性能の見える化がより身近になり、我が国の木造住宅の構造品質が向上することが期待されます。今後は、さらなる改良を続けて、より簡単かつ詳細な耐震シミュレーションの実現を目指す一方で、住宅購入を検討している一般消費者の方々でもチェックできるようなソフトウェアを目指します。

4. 研究プロジェクトについて

ウォールスタットは中川准教授の前職である国立研究開発法人建築研究所、及び国土交通省国土技術政策総合研究所においても研究開発が進められていました。

<ソフトウェアの詳しい情報やダウンロードアドレス>

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa>

<用語解説>

※1 個別要素法

ウォールスタットの計算には「個別要素法」という計算理論を元にした解析手法を用いています。個別要素法は、非連続体解析法（バラバラな物体の挙動を計算する手法）であるため、大変形や倒壊解析が容易にできます。これまでは主に土木の分野で用いられている解析手法でしたが、中川准教授らの研究^(*)によって、木造住宅の倒壊解析に適用され、その有効性が確認されています。

* Nakagawa, et al., 2003, J. of Wood Sci., doi:10.1007/s10086-009-1101-x

※2 木造住宅用 CAD (Computer Aided Design)

木造住宅には、意匠設計 CAD、構造設計 CAD、プレカット CAD など生産の際に三次元 CAD ソフトが使われることが一般的です。特に在来軸組構法の 90%以上はプレカット（事前に木材を加工して現場で短期間で組み立てること）を用いて生産されており、CAD ソフトとの情報連携が普及の鍵となります。ウォールスタットは木造住宅用 CAD の標準フォーマットである「シーデクセマ」に対応しています。

○シーデクセマに関する詳しい情報は <http://www.cedxm.com> から