

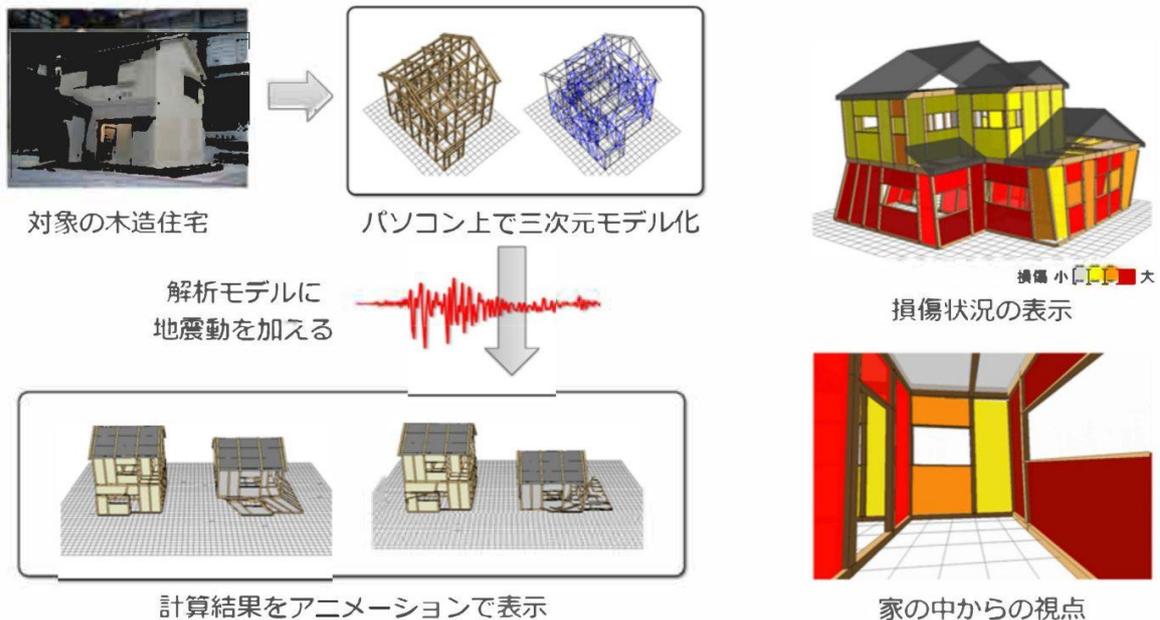
木造住宅の耐震性評価ソフト機能強化版を公開

—耐震性能の新しい評価指標—

概要

京都大学生存圏研究所 中川貴文准教授は、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)」の機能強化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。住宅設計者などに累計5万回以上ダウンロードされています。建物が倒壊するまで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との比較検証を踏まえ、独自のシミュレーション理論の開発と精度向上を重ねてきました。今回の機能強化版では、耐震性能新しい評価指標である「ウォールスタット・グレード (wallstat grade、以下単にグレード)」を導入しました。木造住宅の wallstat における耐震性能を表す新たな評価指標で、この指標により、住宅会社や住宅の購入を検討している消費者が、耐震性能を瞬時に理解できる数値となっています。実務設計者が目標とする耐震性能をグレードにより定めることや、消費者が耐震性能を比較することが簡単になりました。研究者や構造設計者だけでなく、工務店・ハウスメーカーの設計者等にも幅広く普及し、防災意識の啓発などに活用されることが期待されます。



1. 背景（ソフトの概要）

京都大学生存圏研究所のホームページで公開している木造建築物の耐震シミュレーションソフト「wallstat」（ウォールスタット、URL：<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa>）は木造住宅を3次元的にモデル化し、過去に起きた地震や想定される巨大地震など様々な地震動を与え、木造住宅の地震による揺れを動画で確認（見える化）することができるソフトです。現在（2025年12月）まで58,000件以上のダウンロードを記録しています。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、建材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。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）。

今回のバージョンアップでリリースした「ウォールスタット・バージョン6」では、主に以下の3点の機能が強化されました。

①新しい耐震性評価指標の導入

②改正基準対応

③構造計算機能強化

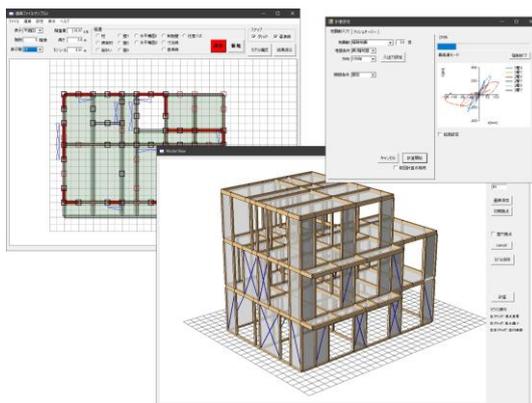


図1 ウォールスタットの操作画面

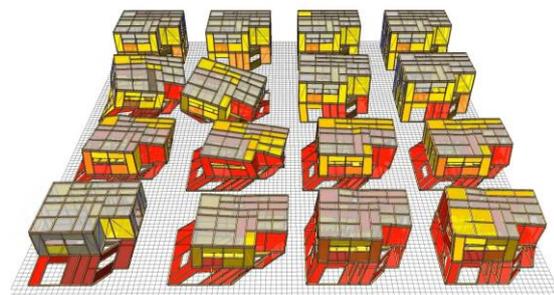


図2 極大地震を想定した被害シミュレーション



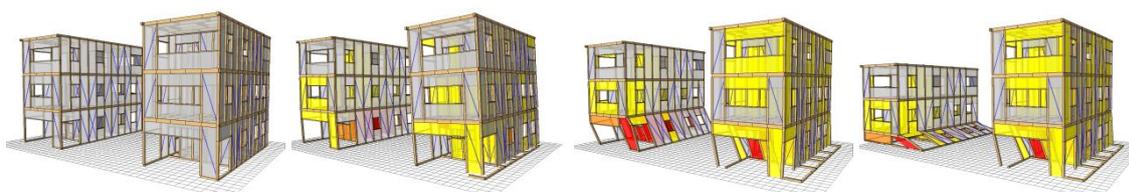
加振開始

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（機能強化の主なポイント）

①新しい耐震性評価指標の導入

耐震性能の新しい評価指標である「ウォールスタット・グレード (wallstat grade)」を導入しました。木造住宅の wallstat における耐震性能を表す新たな評価指標で、この指標により、住宅会社や住宅の購入を検討している消費者が、耐震性能を瞬時に理解できる数値となっています。これまでの wallstat の計算結果はアニメーションで倒壊の有無・損傷の大きさを一目で理解できることが特徴でしたが、今回のグレードの導入で、一つの数値だけで計算結果を瞬時に理解できるようになります。実務設計者が目標とする耐震性能をグレードにより定めたり、消費者が木造住宅の耐震性能を比較することが簡単になりました。

(注意：住宅性能表示制度における耐震等級とは異なるものです。耐震等級の取得には別途手続きが必要です)

| 損傷ランク | I (軽微) | II (小破) | III (中破) | IV (大破) | V (破壊) |
|-------|---|---|---|--|---|
| 概念図 |  |  |  |  |  |
| 建物の傾斜 | 層間変形角 1/120以下 残留変形なし | 層間変形角 1/120~1/60 残留変形なし | 層間変形角 1/60~1/30 残留変形あり | 層間変形角 1/30~1/10 倒壊は免れる | 層間変形角 1/10以上 倒壊 |
| | ↑ S180 | ↑ S 120 | ↑ S 60 | ↑ S 30 | |

図4 建物の損傷とウォールスタット・グレード

※図は「ヤマベの木構造」より引用

②改正基準対応

2025年4月の建築基準法改正に対応しました。木造住宅の耐震性能の最低基準となっている壁量計算の必要壁量は、改正前は表によって定められていましたが、改正により、設計者が建物の重量をより正確に計算して必要壁量を定められるようになりました。重量の算定では、簡単に計算できるエクセルシートが広く利用されています。今回の wallstat のバージョンアップでは、重量算定機能を強化し、基準改正後の必要壁量の計算や、基準で想定するより正確な重量を導入できるようになりました。太陽光発電パネルの有無や、断熱材の種類の違いによる建物の耐震性への影響についてより精度の高いシミュレーションが可能となっています。

③構造計算機能の強化

wallstat では、建築基準法の構造計算で用いられている保有水平耐力計算や、限界耐力計算に対応した構造解析機能があります。今回のバージョンアップで構造解析機能が強化され、柱や接合部に発生する応力が基準値を超えていないかなど、網羅的に理解できる計算シート出力機能が導入されました。設計者のプラン検討や、構造計算書の作成を強力に支援します。

3. 波及効果、今後の予定

wallstat 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ています。今回の機能強化により耐震性能の理解がより簡単になりました。研究者や構造設計者だけでなく、工務店・ハウスメーカーの設計者等にも幅広く普及し、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。

<研究者のコメント>

最近では販売する全棟の木造住宅に wallstat を導入する住宅会社が増えてきました。高校生が研究として使用して、意見交換する機会も増えてきています。ウォールスタット・グレードの導入はユーザーから寄せられていた声を反映したものです。このソフトの普及により、耐震性能の理解が進み、将来起こりうる巨大地震時の被害軽減につながるとうれしいです。

4. 研究プロジェクトについて

wallstat 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。耐震性能見える化協会の HP で情報交換やサポートが行われています。

<ソフトウェアの詳しい情報やダウンロードアドレス>

京都大学生存圏研究所：<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa>

耐震性能見える化協会：<http://support.wallstat.jp>

<用語解説>

※1 個別要素法

wallstat 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 必要壁量

木造住宅は筋かいなどの「耐力壁」を一定の長さ以上配置することで耐震性能を確保しているが、耐力壁には強さに応じて「壁倍率」が設定されている。壁倍率が大きいほど、設置する耐力壁の長さを短くすることができる。壁倍率はあらかじめ耐力壁を破壊する実験を行い、数値が決定される。（要修正）

※3 一般社団法人耐震性能見える化協会

wallstat の普及・ユーザーサポートを目的として設立された一般社団法人。中川准教授が代表理事。wallstat の使い方講習会の開催、マニュアルの配布、建材データベースの管理などを行っています。