

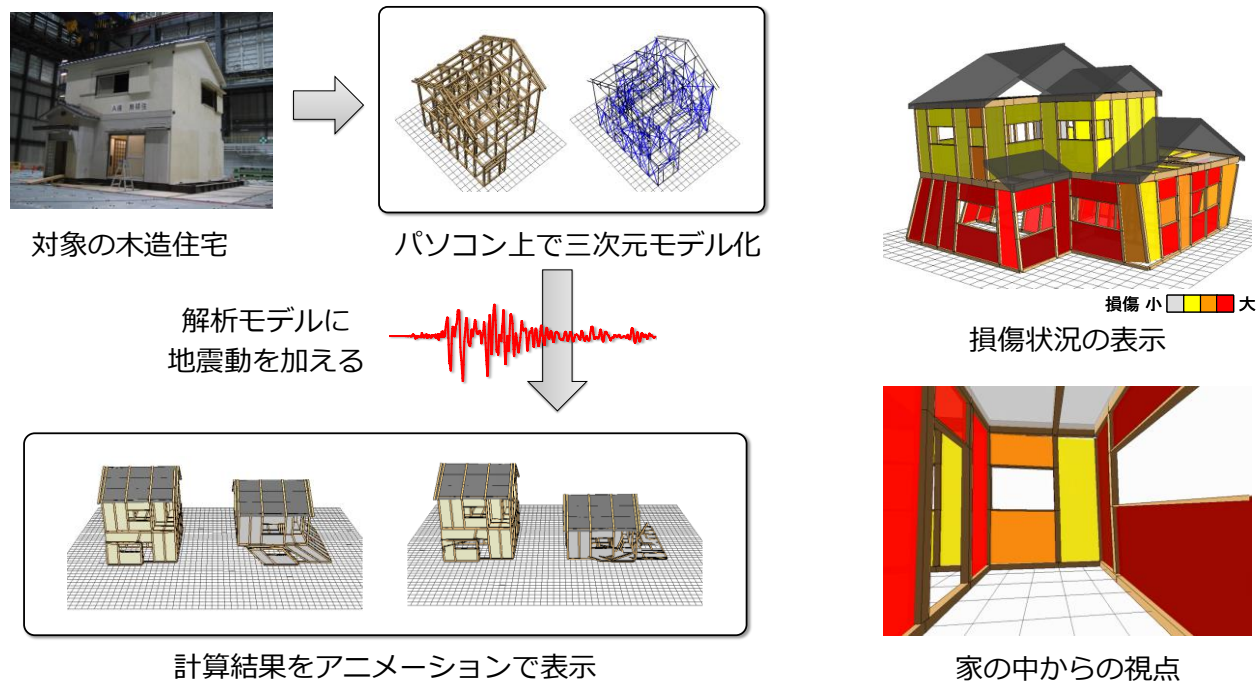


wallstatで学ぶ！視覚で捉える建物の 重量化に伴う倒壊しない壁量、接合部 設計およびバランスの検討

京都大学 生存圏研究所
准教授 中川貴文

wallstat（ウォールスタット）とは？

- パソコン上で木造住宅の解析モデルに振動台実験のように地震動を与える（時刻歴応答解析）
- フリーソフト（無償）
- 損傷・倒壊過程をアニメーションで確認できる（見える化）



振動台実験 E-ディフェンス

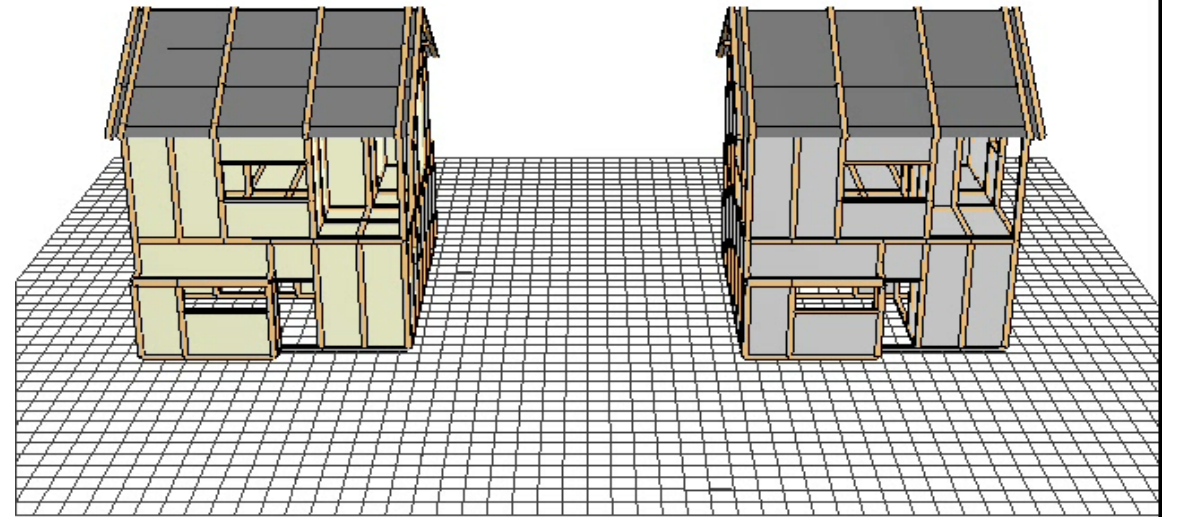


2005年11月21日 大都市大震災軽減化特別プロジェクト

もしE-ディフェンスのような実験が
気軽にできたら...



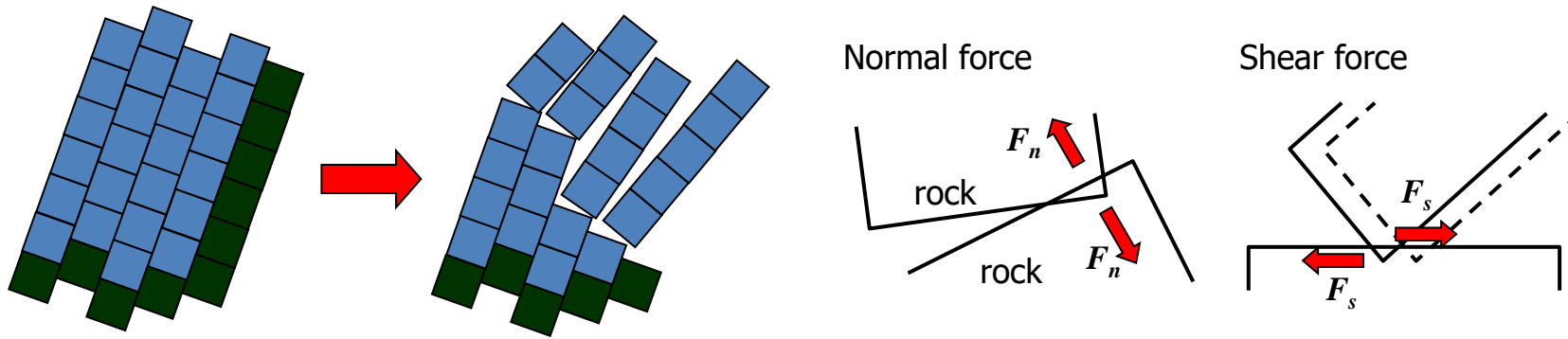
振動台実験



シミュレーション

wallstatの計算理論

- 開発者が大学生の頃に作成したプログラム
- 個別要素法→大変形、破壊解析が容易
- 木造住宅の倒壊までを追跡できる数値解析手法
- 振動台実験との比較により改良を重ねる

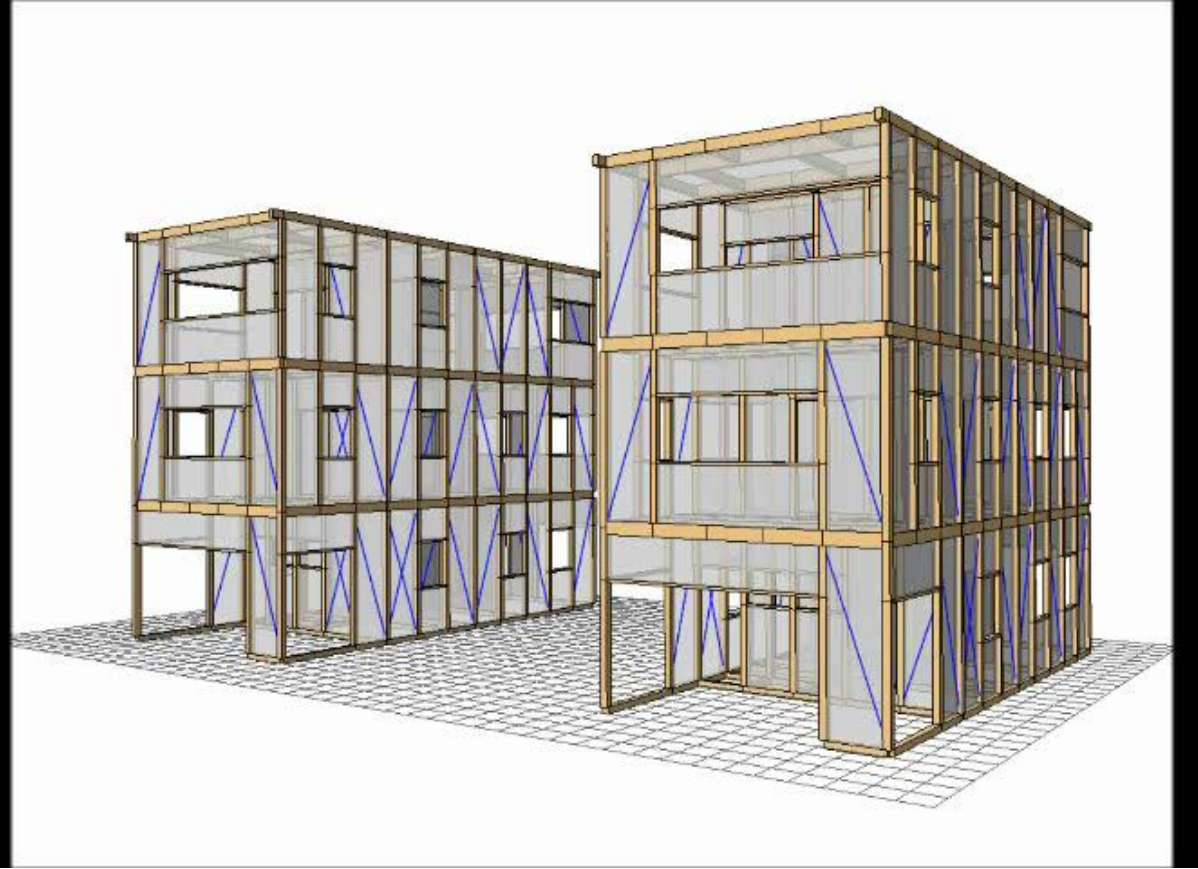


振動台実験による精度検証 (3階建て木造住宅)



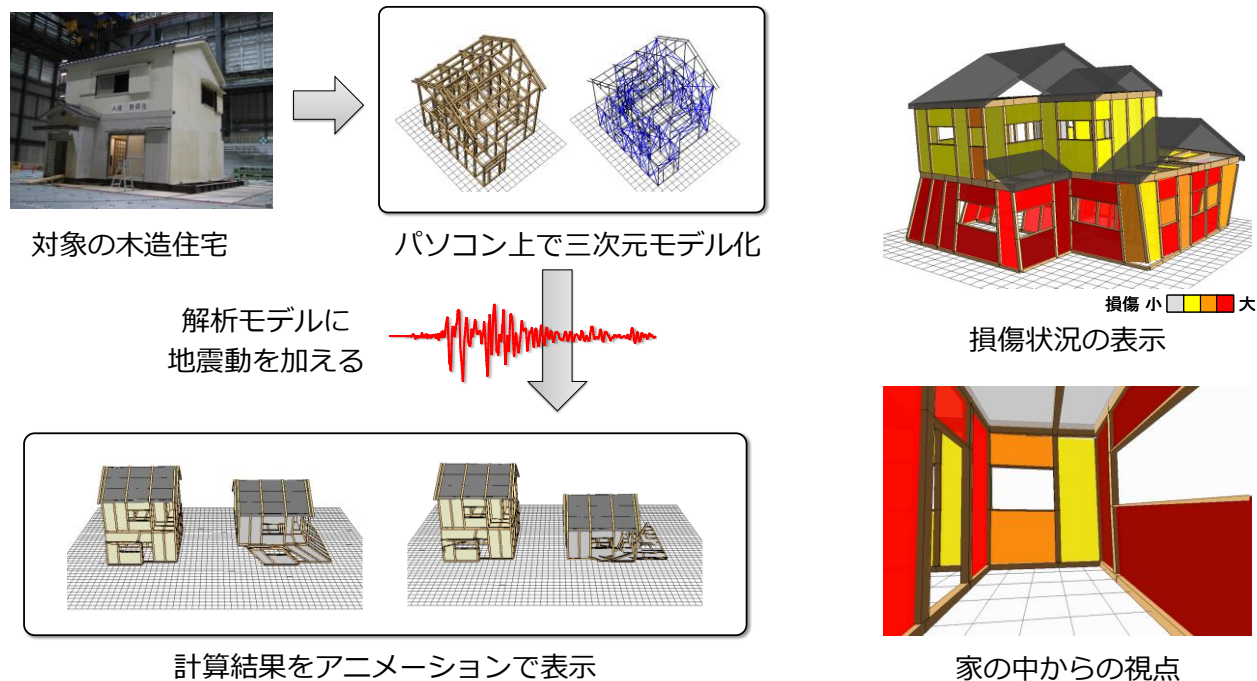
3階建て軸組構法 (日加共同研究)

振動台実験による精度検証 (3階建て木造住宅)

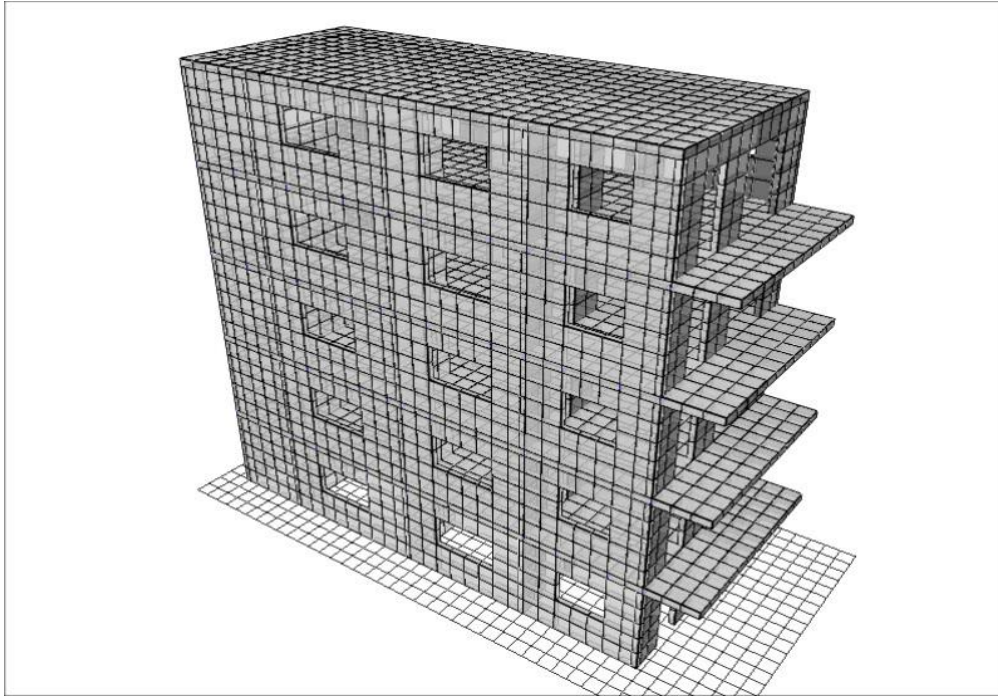


wallstat（ウォールスタット）とは？

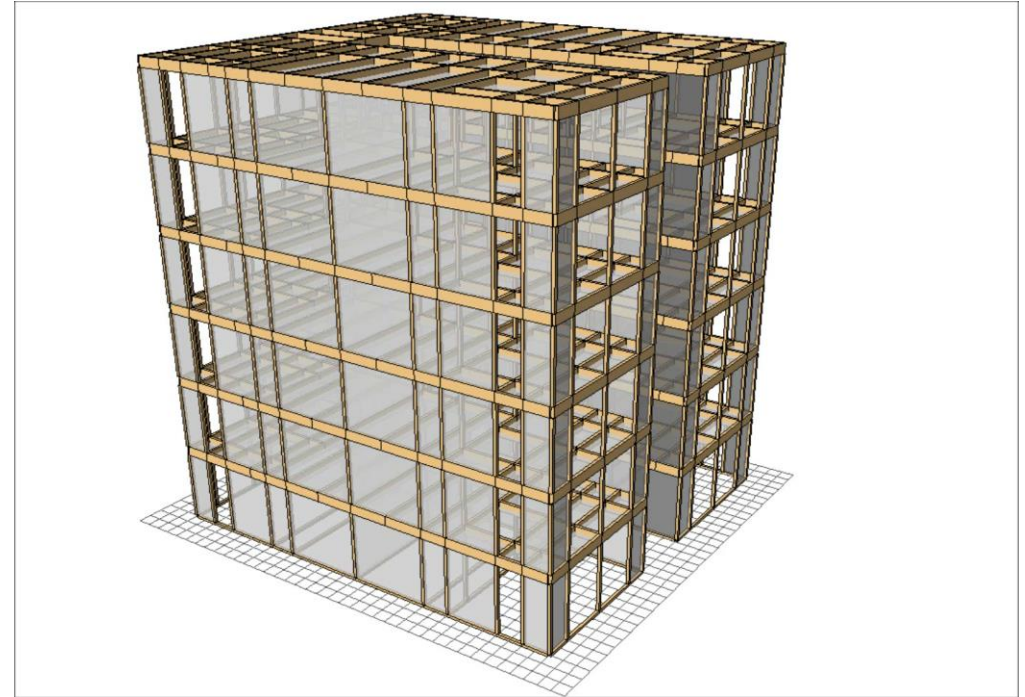
- パソコン上で木造住宅の解析モデルに振動台実験のように地震動を与える（時刻歴応答解析）
- フリーソフト（無償）
- 損傷・倒壊過程をアニメーションで確認できる（見える化）



wallstatの活用事例 (CLT、2X4)

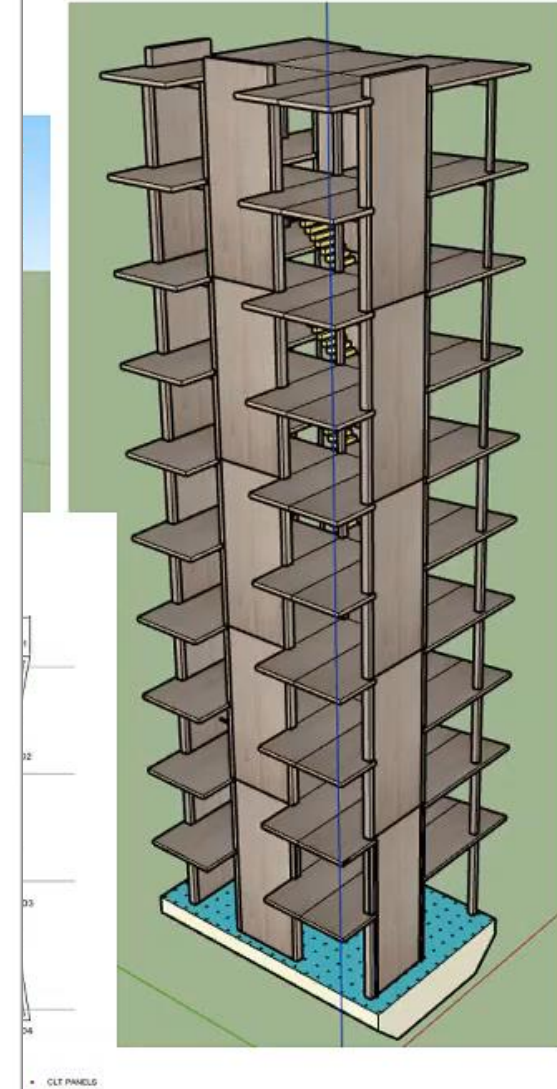
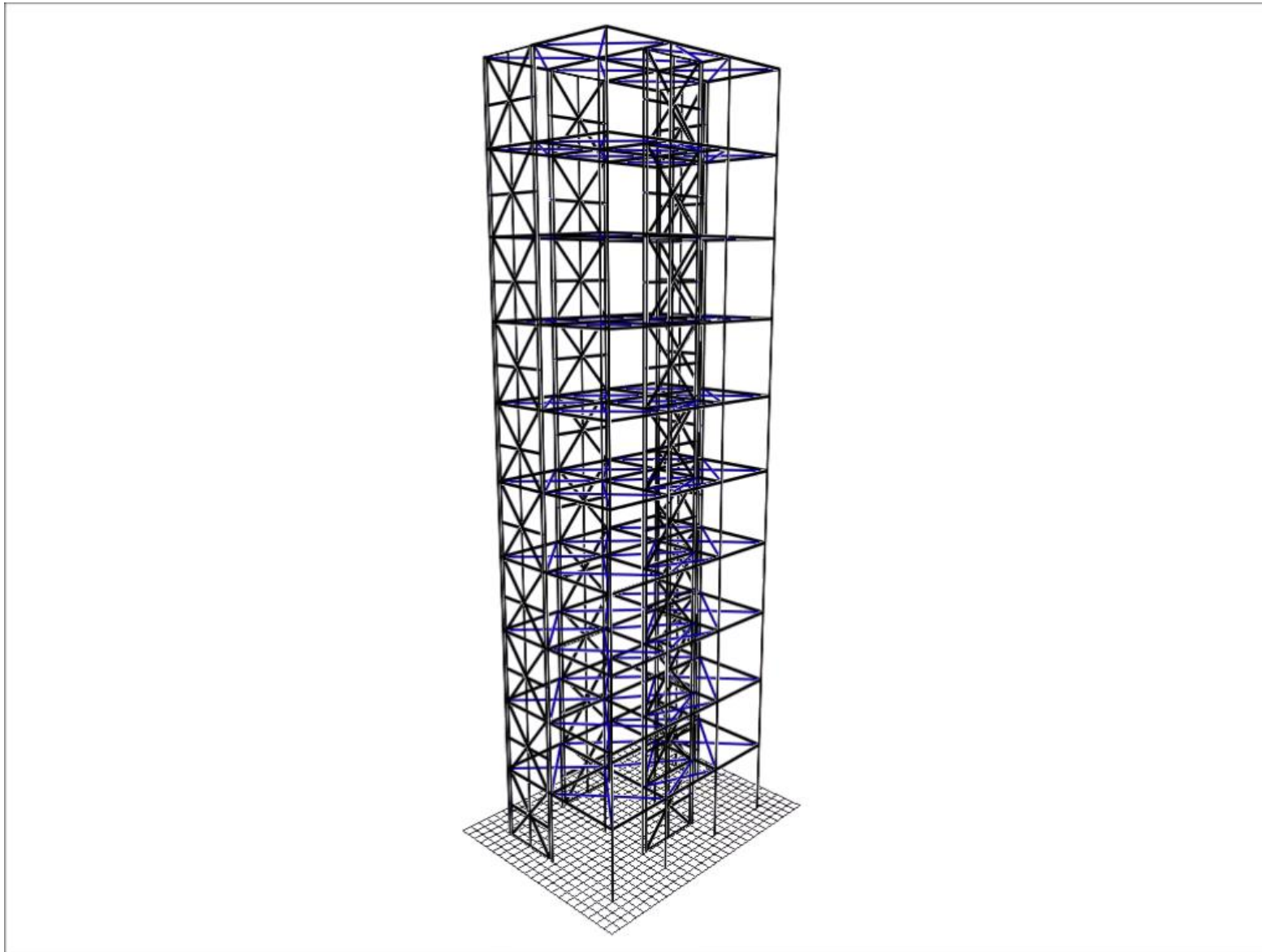


5階建CLT構造の振動台実験の解析



6階建て2X4工法共同住宅の解析

10階建て振動台実験 (米国NSF NHERI)



五重塔の解析



資料提供：津和佑子氏（文化財建造物保存技術協会）

wallstatダウンロード数（累積）



プラン段階で耐震・省エネ性能見える化

エヌ・シー・エヌ

全棟ウォールスタット対応可能に

エヌ・シー・エヌ(東京都)の田鎖郁男社長は、SE構法を採用する顧客に、契約前のプラン段階で簡易耐震シミュレーションと省エネエネルギーレポートを提出する提案をしたことを明らかにした。

田鎖社長は「7月以降の回復傾向は、大手ハウスメーカーより当社の登録施工店の方が強い」と話した。

SE構法登録施工店は、21年3月期末に55社(同36社増)を見込んでいる。在来工法と併売している工務店もあり、すべてでウォールスタットによるプラン段階での耐震シミュレーションをすることで営業強化に結び付けていく方針だ。

同社は、主にSE構法の構造計算と躯体供給などを行う会社で、2021年3月期の上期業績は売上高32億100万円(前年同期比2.9%減)、経常利益1億5000万円(同4.3%増)、当期純利益1億5000万円(同8.2%増)。(同8.2%増)。

新型コロナウイルスの影響で5、6月に住宅受注が減少したが、7月以降盛り返し、住宅分野の上期売上高は27億7900万円(同0.9%減)だった。

その一方、非住宅案件は現場の3密対策などで工期が伸び、売上高は2億6900万円(同23.4%減)にと

耐震で訴求し販売エリア拡大 木造住宅倒壊解析ソフトを全棟で導入

七呂建設 [鹿児島県鹿児島市]

鹿児島県を中心に年間280棟の注文住宅の新築を手掛ける七呂建設(鹿児島市)は、耐震性能の強化によって訴求力を高めることで、新型コロナウイルスなどの影響で先行きが不透明な市場でも販売エリアを拡大する考えだ。

昨年9月から、自社のオリジナル住宅で、木造住宅の倒壊シミュレーションソフト「wallstat(ウォールスタット)」による解析を全棟で導入。同ソフトで解析できる制震システムも標準採用したほか、建築確認申請もそれまでの4号特例から許容応力度計算による構造計算を標準化した。また、昨年完成した本社新社屋の中には、地震対策を施すことによって揺れを軽減する効果を体験できる「耐震実験コーナー」も設けている。

ウォールスタットは、パソコン上で木造住宅をモデル化し、振動台実験のように

地震動を与え、変形の大きさや損傷状況、倒壊の有無を視覚的に確認することができるソフト。同社では、「極めて稀にしか発生しない地震」と「熊本地震」の震度6強～7程度の2種類の地震波を活用して、顧客にビジュアルで分かりやすく住宅の耐震性能について説明する。

耐震性能を高めて、それを「見える化」して顧客に伝える戦略などが奏功し、コロナ禍のなかでも前期を上回る受注ペースを維持。同社社長の七呂恵介さんは「お客様との契約前の打ち合わせの中で、住宅の実大振動台実験の映像とウォールスタットによる倒



「wallstat」によるシミュレーションを確認しながら打ち合わせ



七呂恵介社長

壊シミュレーションを比較して見せながら、シミュレーションの精度の高さを説明している」としたうえで、「お客様の安心感につながり契約に至ったという報告もあがってきている」と話す。ウォールスタットの導入は、「シミュレーションを活用して構造上の弱点を補強したうえでプランを提案するこ

とができる」(七呂さん)など、設計や営業のスタッフの後押しにもなっている。ウォールスタットはスキップフロアなど複雑な構造のシミュレーションにも対応可能で、「当社のモットーでもある個々のお客様の希望を満たす“完全自由設計”を妨げることもないところがありがたい」(七呂さん)という。

WALLSTATの変遷

1995年 阪神・淡路大震災

1998年 東大太田教授の指導で研究開始



2003年 博士論文「木造住宅の倒壊シミュレーション」



2010年 研究・教育用ソフトとして無償提供開始 ver.1



2015年 シーデクセマ・CAD連携機能 ver.3
商用利用開始

wallstatとの独自連携を発表したCADソフト

- (株)インテグラル ホームズ君 構造EX 2017年4月
- 福井コンピューターA(株) アーキトレンドZERO 2017年7月
- 富士通FIP(株) STRDESIN 2017年9月
- (株)DTS Walk in home 2019年2月
- キャリアネット(株) らくわく 2019年3月
- ネットイーグル(株) Xstar 2020年12月
- (株)CPU A's 2021年1月
- (株)CST ALTA 2021年10月

インテグラル（茨城県つくば市、柳澤泰男社長）は、構造計算ソフト「構造EXホームズ君」に国土技術政策総合研究所の中川貴文主任研究官が開発した木造住宅の倒壊シミュレーションソフト「ウォールスタット」との連携機能を追加し、3月中旬にリリースする。2月28日には東京都内で中川氏を迎えて「熊本地震から学ぶ」これからの木構造と耐震性能の見える化」をテーマにフォーラムを開いた。

簡単に倒壊シミュレーション
ウォールスタットと連携
インテグラル

日刊木材新聞 2017年3月7日

日本経済新聞
2019年2月26日 (金)

トップ 経済・政治 ビジネス マーケット テクノロジー 国際・アジア スポーツ 社会
ストーリー 速報 朝刊・夕刊

DTS、住空間プレゼンテーションCAD「Walk in home」に地震時の倒壊過程をシミュレートするオプション機能を追加

2019/2/26 12:05

保存 共有 印刷 通知 f その他

発表日:2019年2月26日

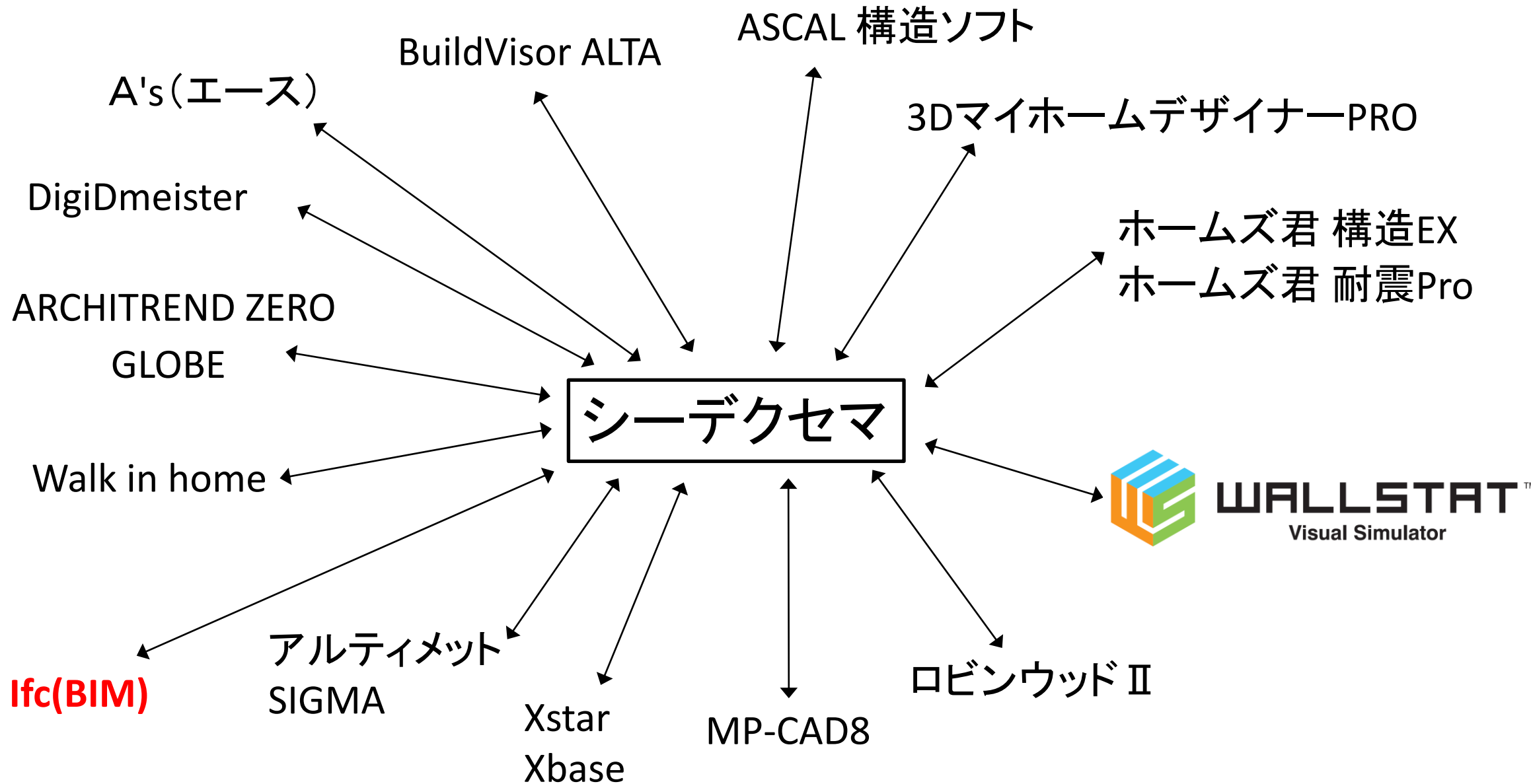
住空間プレゼンテーションCAD「Walk in home」に
地震時の倒壊過程をシミュレートするオプション機能を追加

～京都大学准教授開発の数値解析ソフト「wallstat」との連携で、耐震性能を見える化～

株式会社DTS(本社:東京都中央区、代表取締役社長:西田公一)は、住宅メーカー、ビルダー、建材メーカーのCADオペレーターや営業担当者が活用する住空間プレゼンテーションCAD「Walk in home(ウォークインホーム)」に新たなオプション機能として、京都大学生存圏研究所の中川貴文准教授が開発した地震時の住宅倒壊過程をシミュレートす

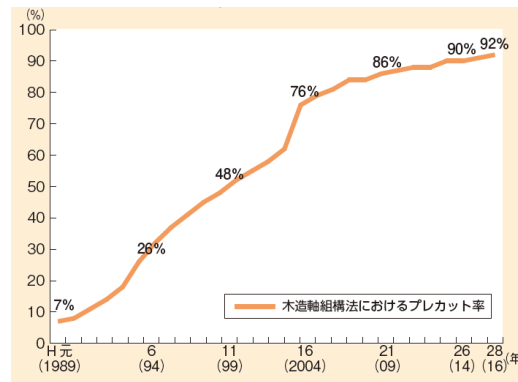
日本経済新聞 2019年2月26日

シーデクセマ (CEDXM) ファイルの互換性

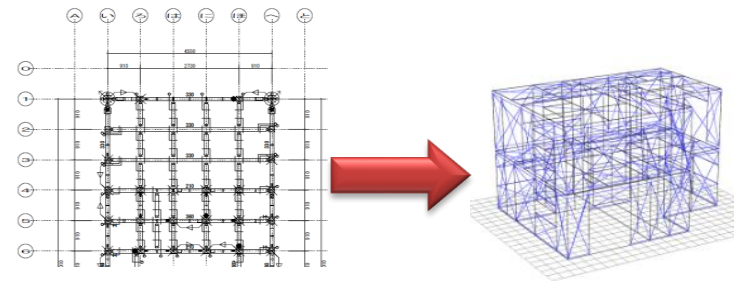


シーデクセマ (CEDXM)

- 木造軸組構法住宅に関するCAD連携のための標準ファイルフォーマット
- 軸組構法住宅の90%はプレカット材
- プレカット加工は3次元CADを利用
- プレカット加工用CADデータは軸組・壁配置・接合部等の情報があり、3次元構造解析との親和性が極めて高い。



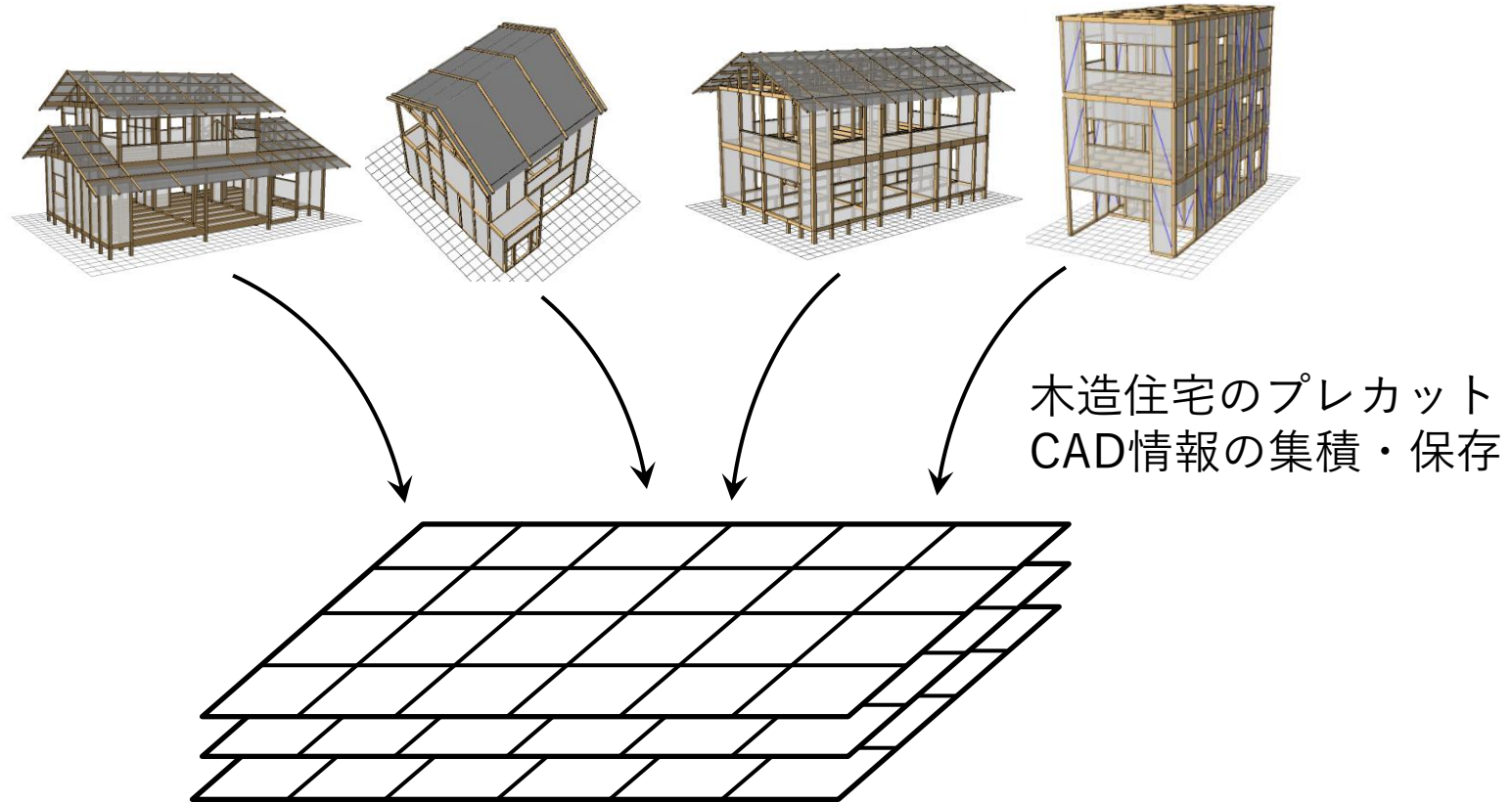
プレカットの普及率
平成30年林業白書より



プレカット加工情報

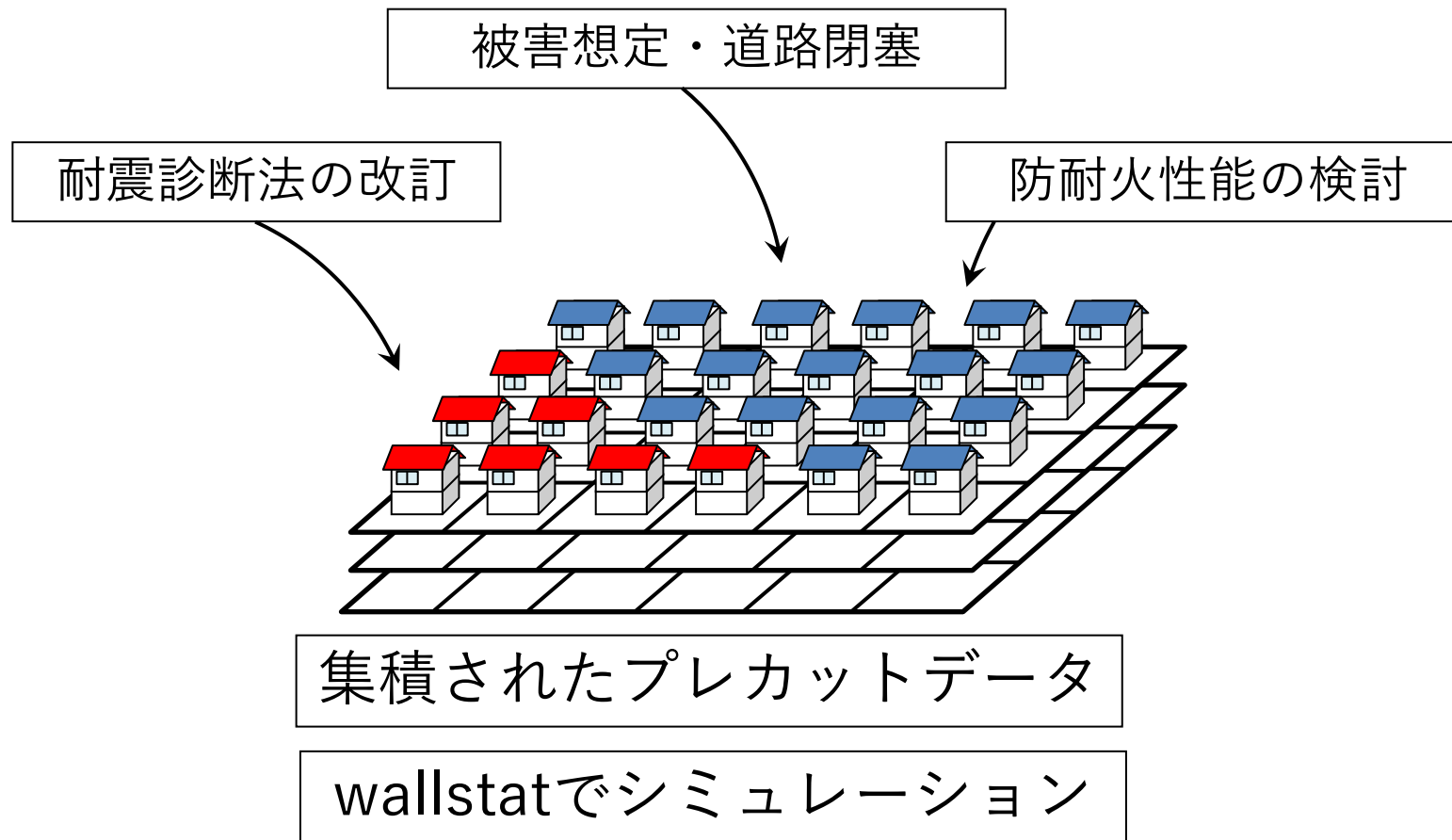
構造解析モデル

プレカットCADデータの集積

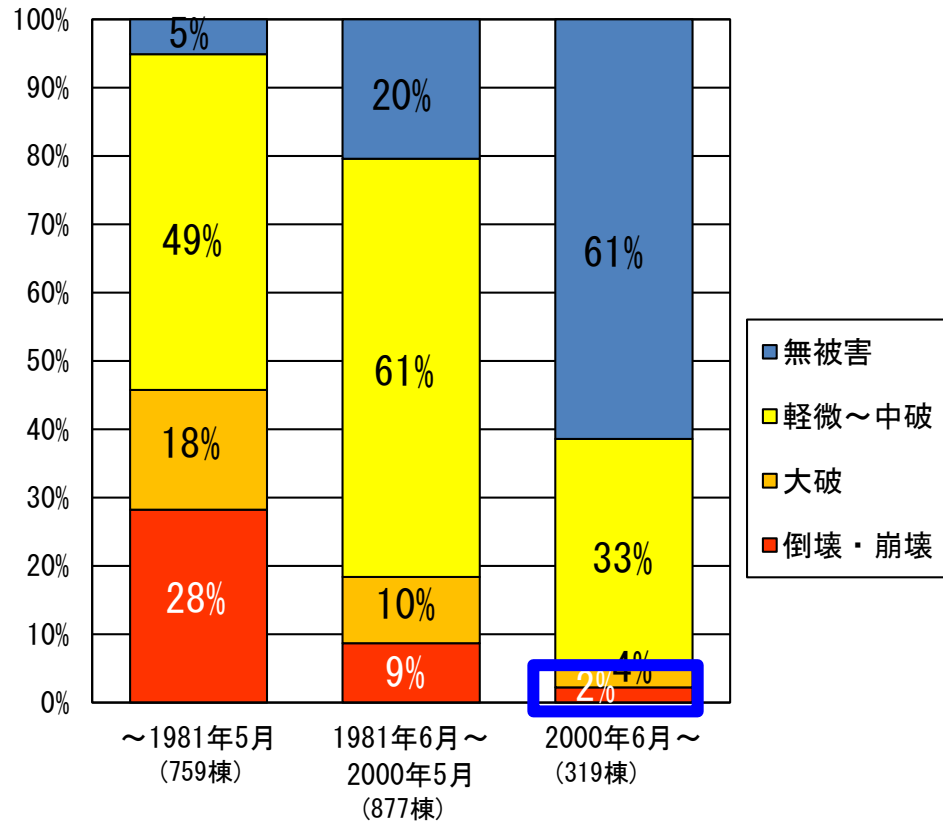


大量のプレカットCAD情報
報
(構造情報アレイ)

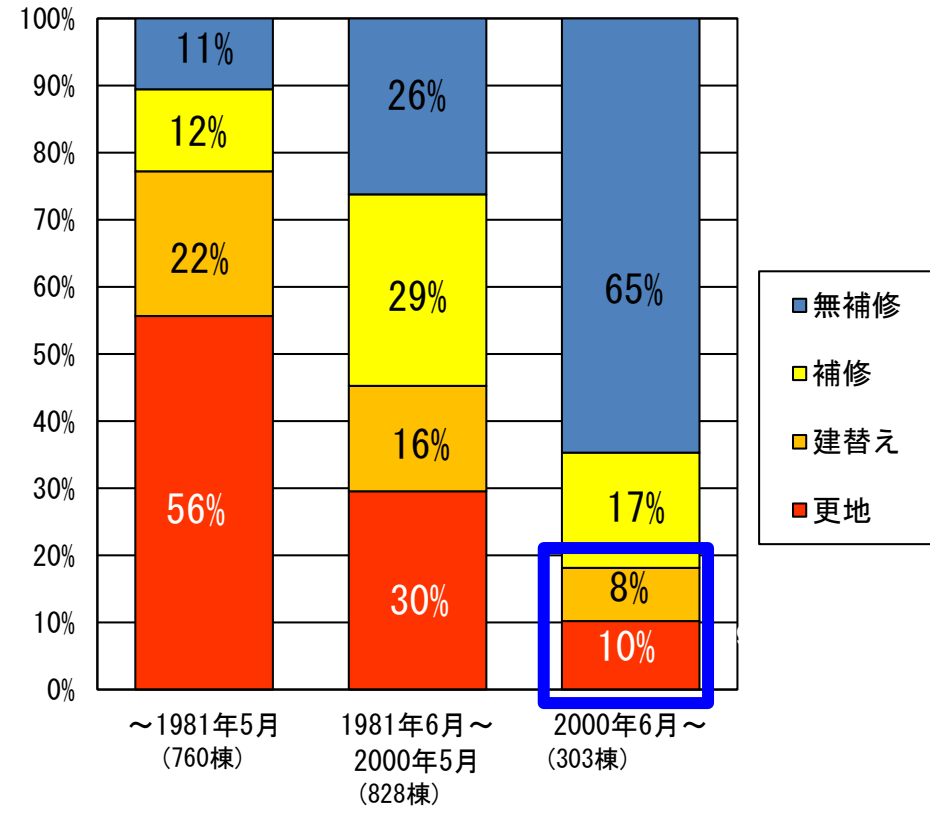
プレカットCAD情報の防災への活用



2016年熊本地震の益城町の被害状況 (地震直後と2年後)



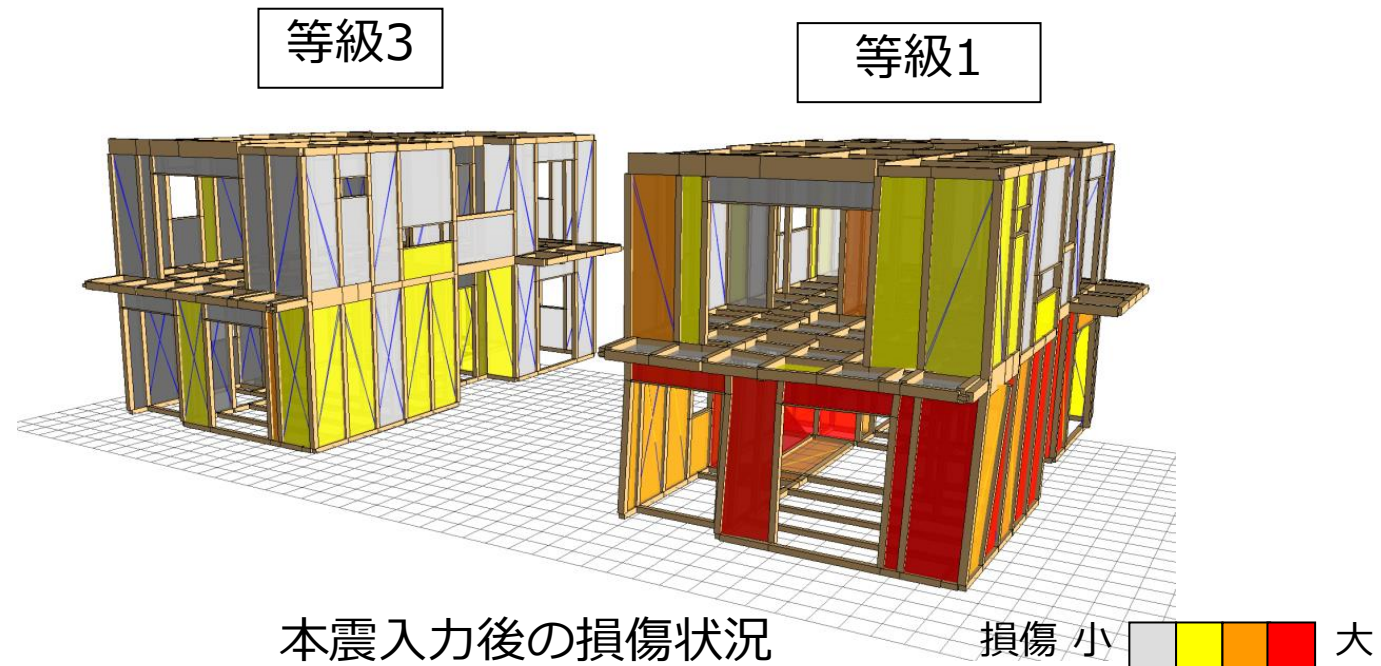
2016年5月



2018年4月

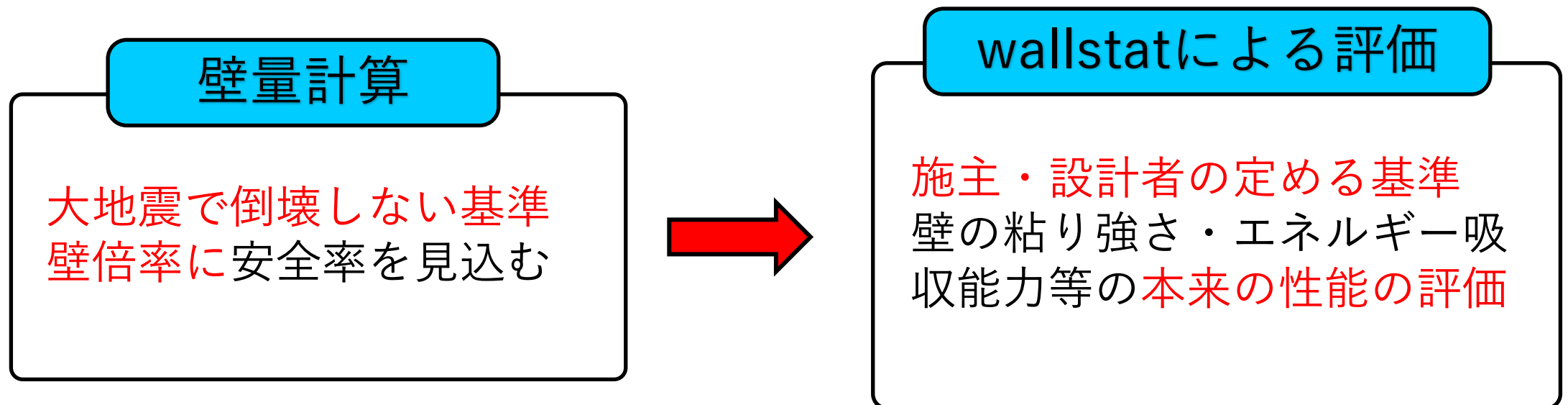
2016熊本地震のシミュレーション

- 熊本地震の地震動に耐えるにはどの程度の耐震性能が必要？
- 2度の震度7（益城町中心部）



wallstatによる「見える化」

- 壁、接合部、ダンパー、地域木材等の製品の壁量計算ではわからない**本来の性能の検証**
- 壁量計算によるチェック（大地震で倒壊しない）
+ 施主・設計者の定める要求性能に対する回答
- 見える化の普及による**性能設計へのシフト**



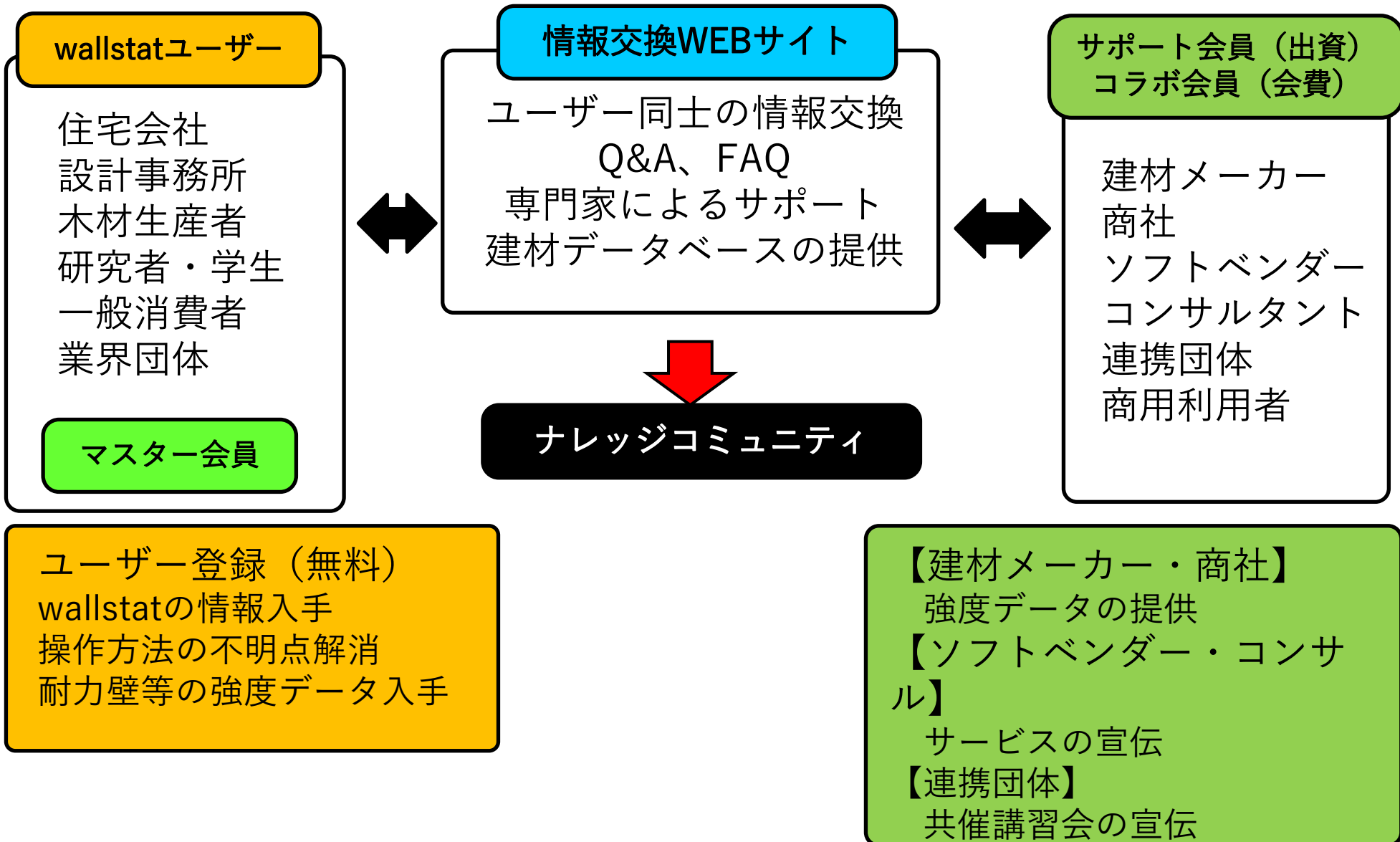
一般社団法人耐震性能見える化協会

- 木造住宅の倒壊解析ソフトウェアwallstatの利用に関して、**適切な普及促進**に関わる事業を行う
- 建物の地震災害に対する安心・安全の検証・評価につなげ、広く社会貢献（**地震被害軽減**）に寄与

【主な事業】

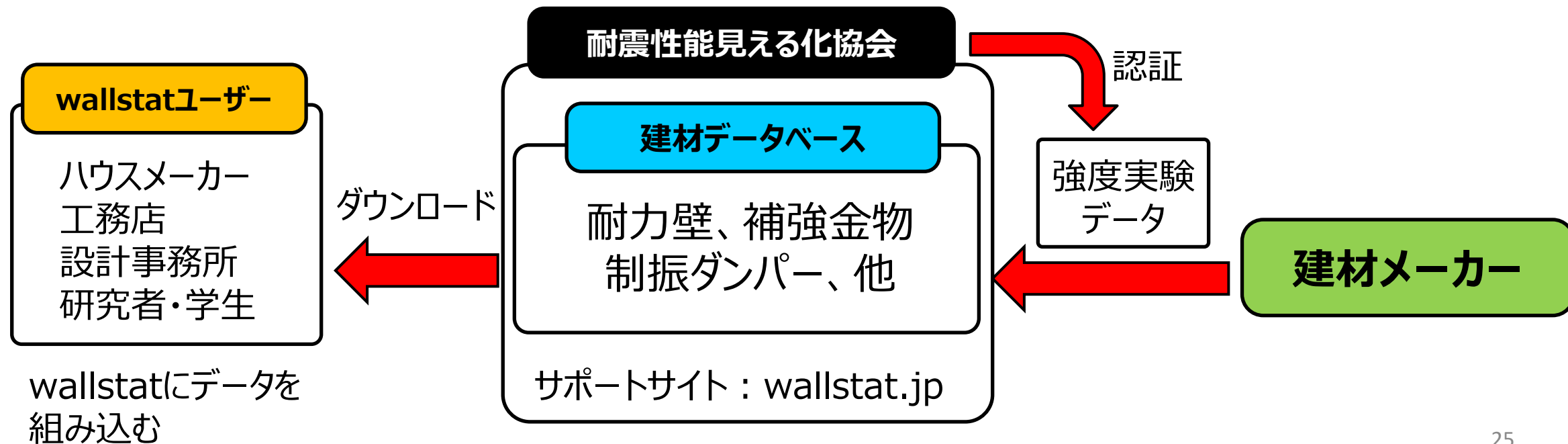
- wallstatに関する情報交換WEBサイトの運営
- 実務者講習会等のイベント実施
- 適切な普及に向けた認証

情報交換サポートサイト



建材データベースの充実

- 建材メーカー20社 100種類以上の認証建材
- 実際に使っている商品の強度性能を計算に組み込み可能
→ よりリアルなシミュレーションを実現



協会 設立記念カンファレンス

- 日時：2019年7月25日（木）
- 会場：奈良県川上村やまぶきホール



研究集会



京大・川上村 連携協定締結

本日の内容

- 倒壊しない壁量ってどれくらい？
- 接合部設計って重要？
- 耐力壁のバランスが悪いとどうなる？
- 保有水平耐力計算って何？

耐震設計の基礎

- 中地震で損傷しない
 - 大地震で倒壊しない
 - 新耐震設計（1981）
-
- 中地震：50年に1回 → 建物重量の20%
 - 大地震：500年に1回 → 建物重量の100%

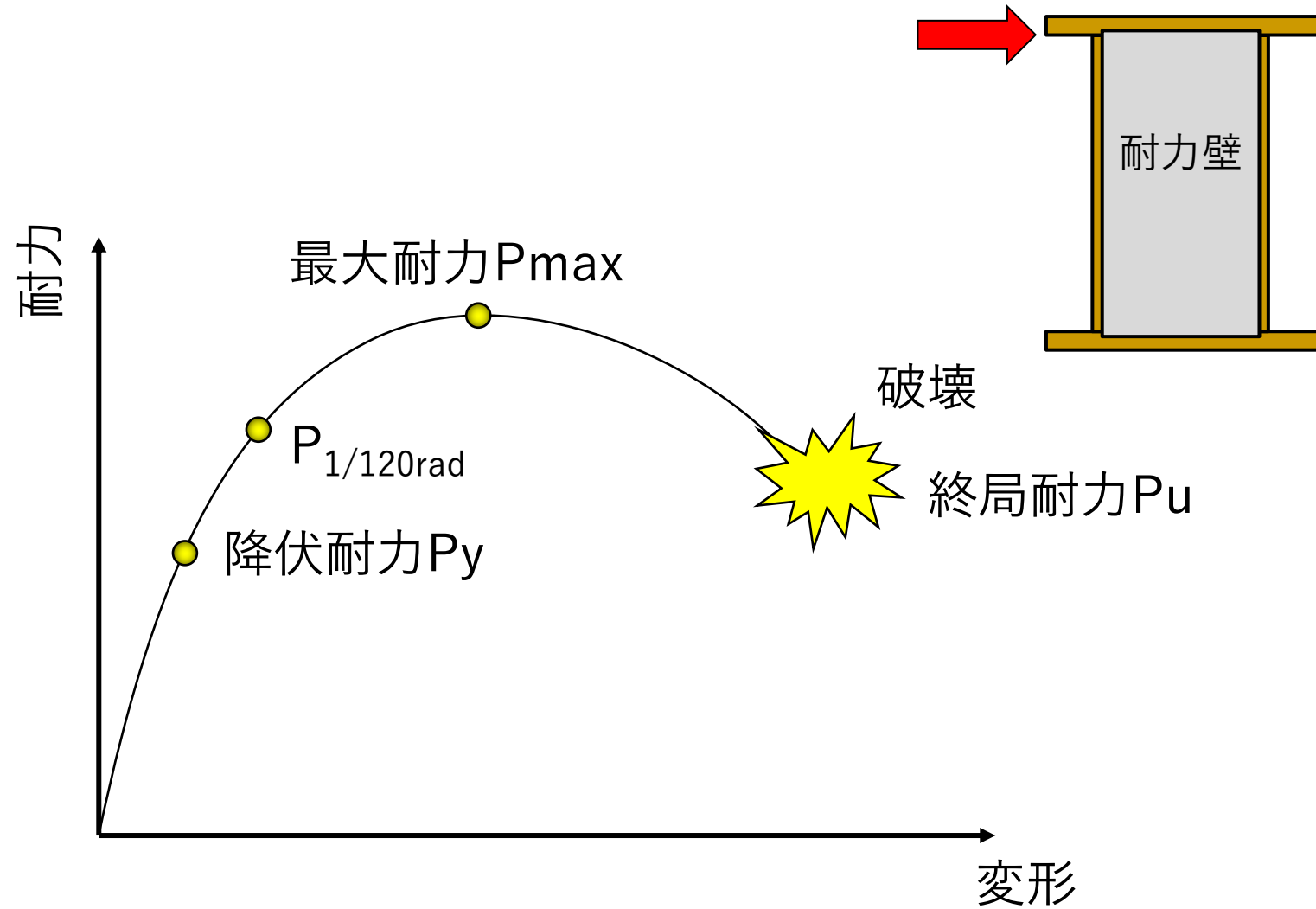
耐震設計の基礎

- 大地震：建物重量の100%
 - 建物に入る力が約1G
 - 地震動は $1G/3 = 0.4G$ 程度
- 中地震：大地震の20%

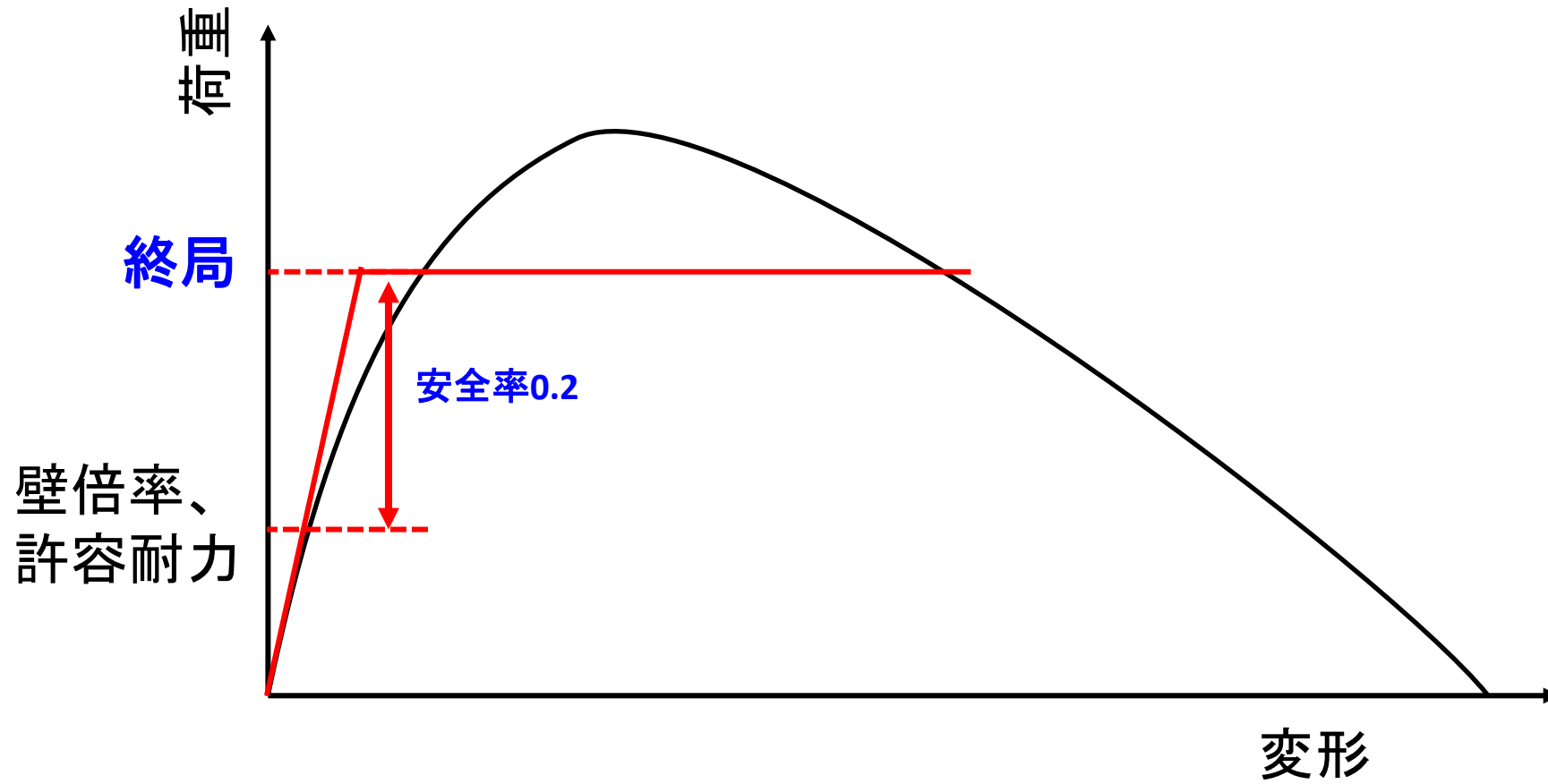
倒壊しない壁量ってどれくらい？

- 必要壁量 < 存在壁量
 - 必要壁量 = 重量の20% ($C_0=0.2$)
 - 全然足りない？
-
- 四つの指標の最小
- ① P_y ② $P_{1/120\text{rad}}$ ③ $2/3P_{\text{max}}$ ④ $0.2P_u/D_s$

耐力壁の壁倍率の試験



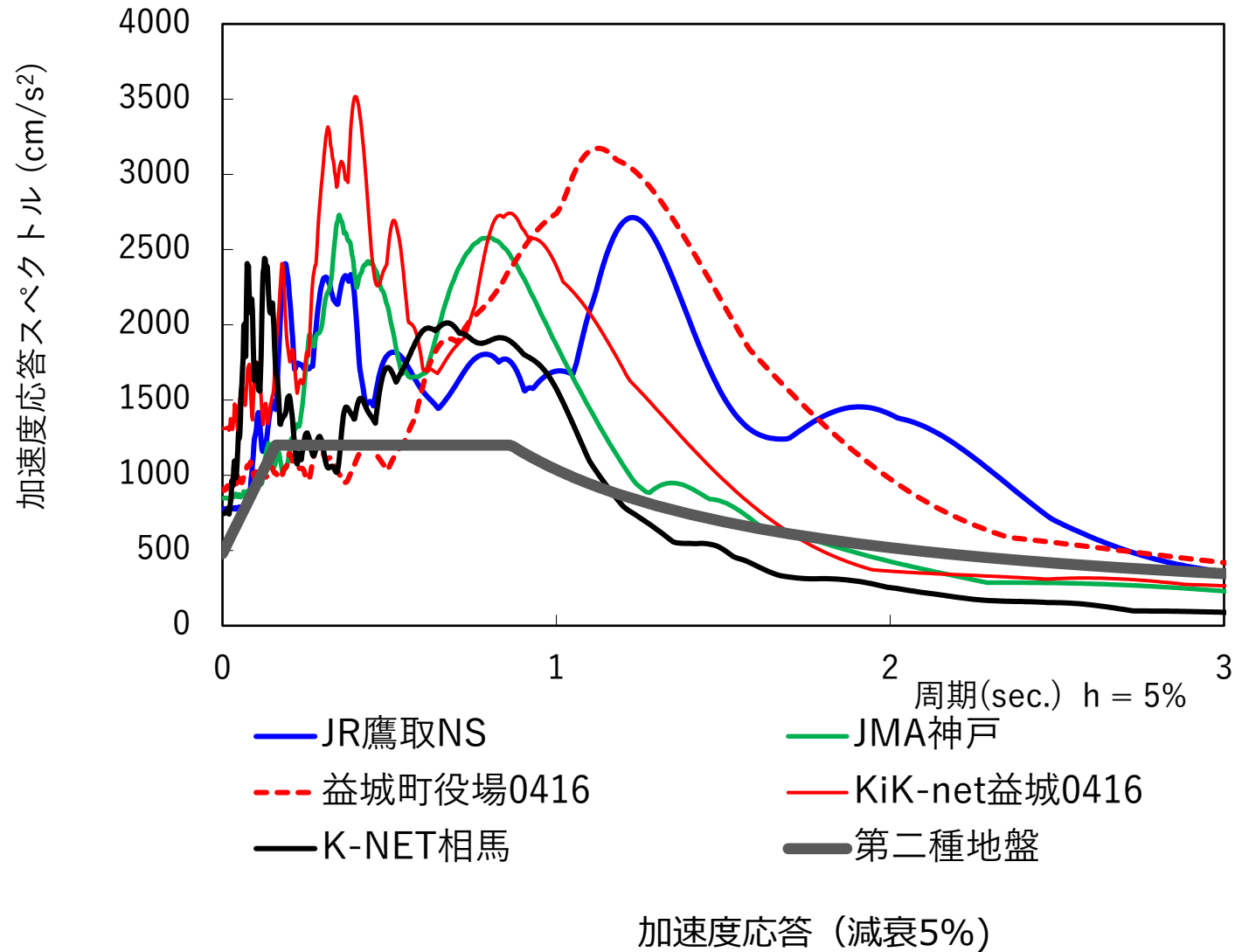
許容と終局



倒壊しない壁量ってどれくらい？

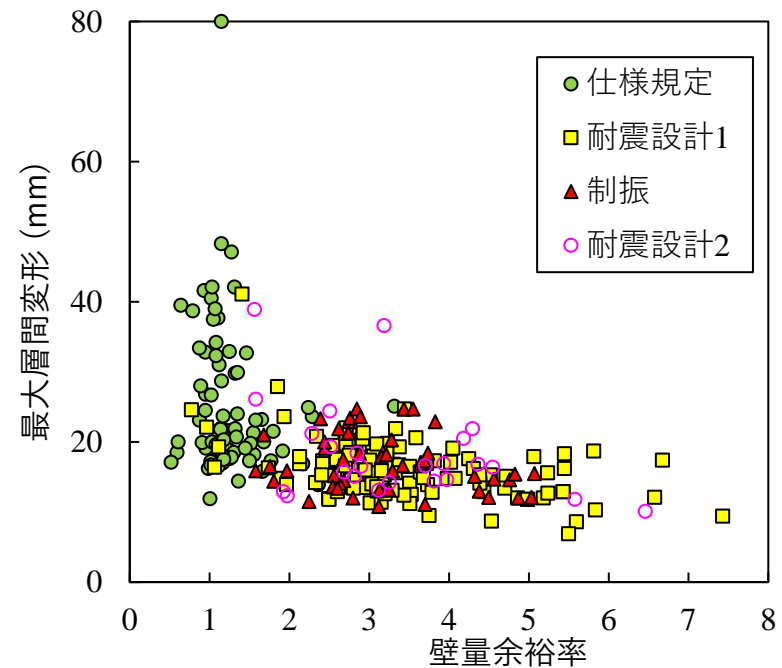
- 必要壁量 < 存在壁量
 - 必要壁量 = 重量の20% ($C_0=0.2$)
 - 全然足りない？
-
- 四つの指標の最小
- ① P_y ② $P_{1/120\text{rad}}$ ③ $2/3P_{\text{max}}$ ④ $0.2P_u/D_s$

基準法の大地震



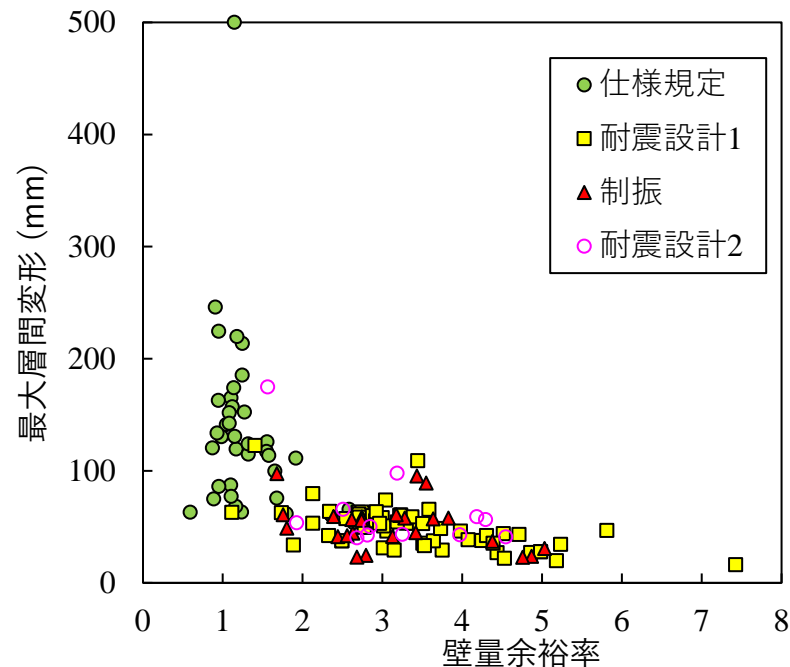
時刻歴応答解析結果（大地震）

- X方向、Y方向でプロット
- 概ね50mm以下に応答が収まる
→余力、重量設定の影響か
- 壁量余裕率が2.0あれば、30mm（1/100rad）以下に応答が収まる

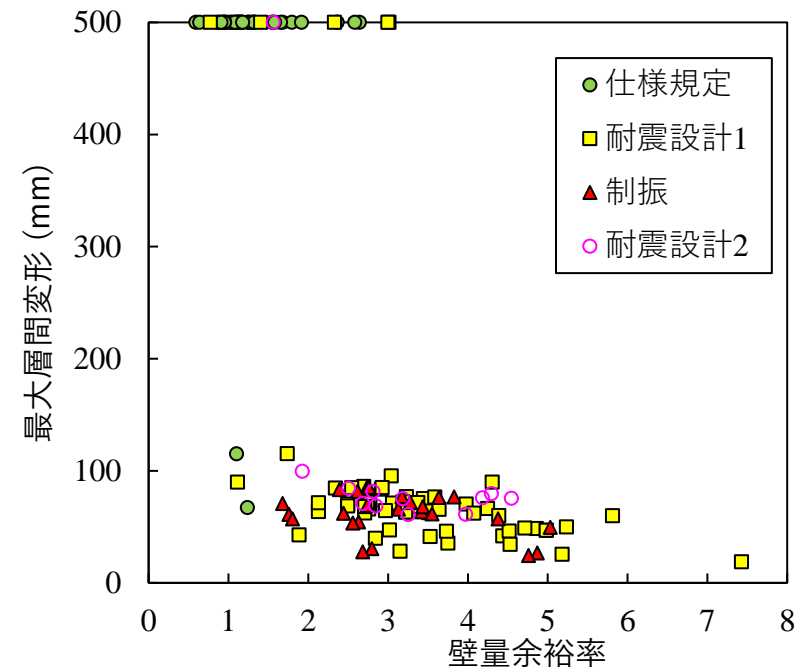


時刻歴応答解析結果 (JMA神戸100%、150%)

- 仕様規定はほとんどが $1/30\text{rad}$ を超える。
- 壁量余裕率2.0あれば、100mm以下に収まる
→余力、重量設定の影響
- JMA神戸150%では仕様規定はほぼ倒壊 (倒壊は500mmでプロット)
- JMA神戸150%では150mmを超えると倒壊



JMA神戸100%



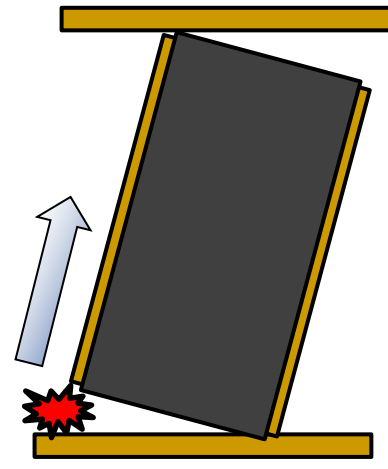
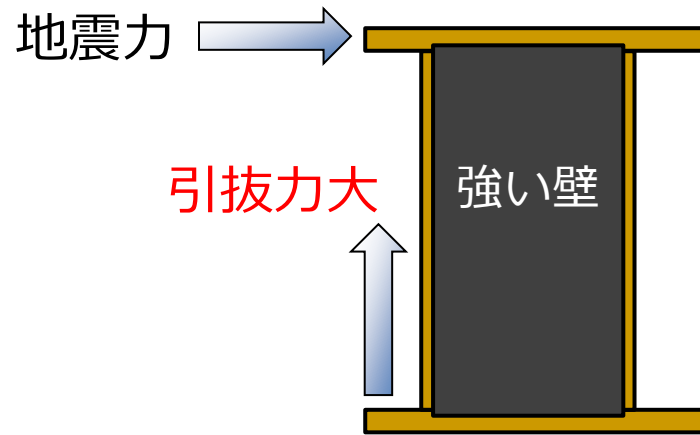
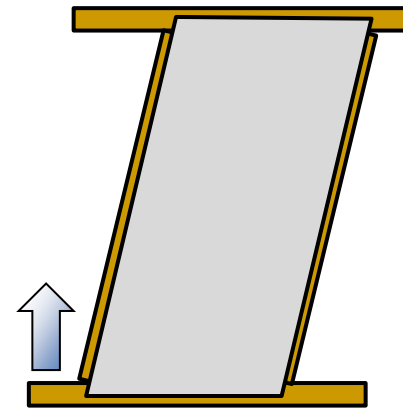
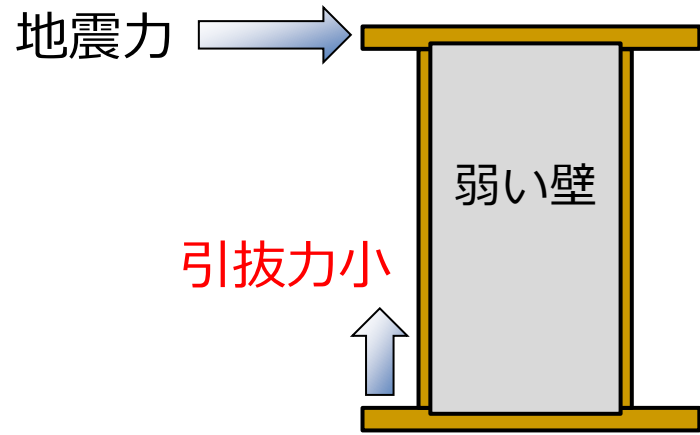
JMA神戸150%

倒壊しない壁量ってどれくらい？

- 過去の地震動は基準法の2倍以上
- JMA神戸 約0.8G →建物には2.5G程度
- 耐震等級3程度 + 余力

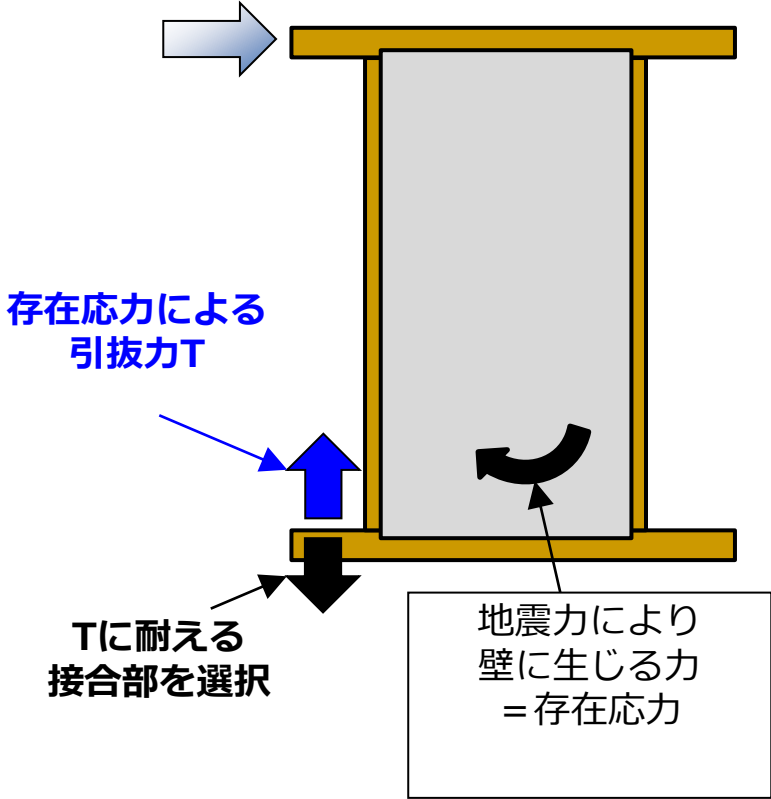
本日の内容

- 操作のおさらい
- 倒壊しない壁量ってどれくらい？
- 接合部設計って重要？
- 耐力壁のバランスが悪いとどうなる？
- 保有水平耐力計算って何？



壁の存在応力による接合部設計

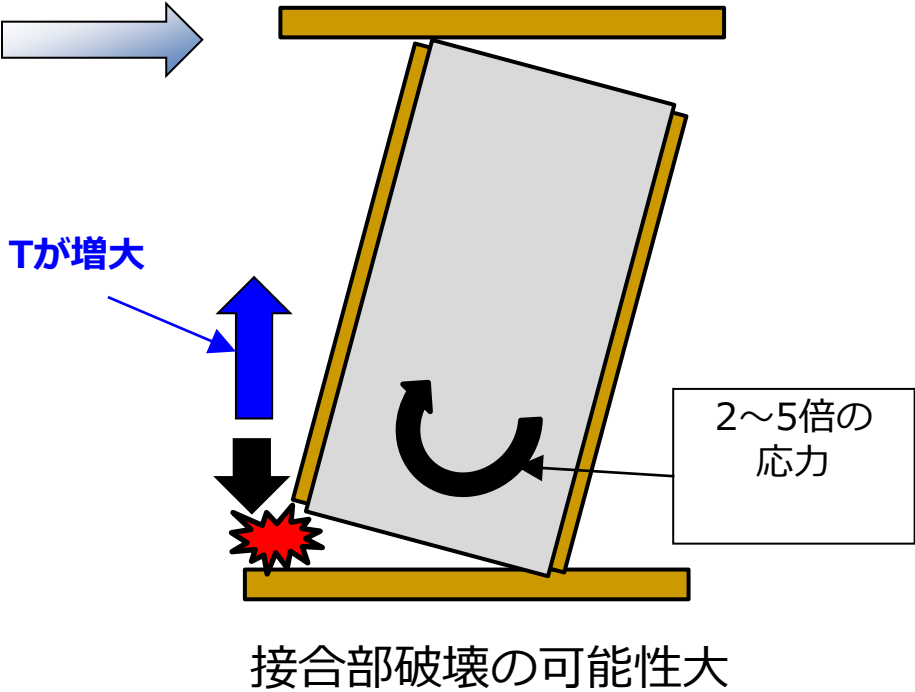
地震力
= 重量の20%
(中地震)



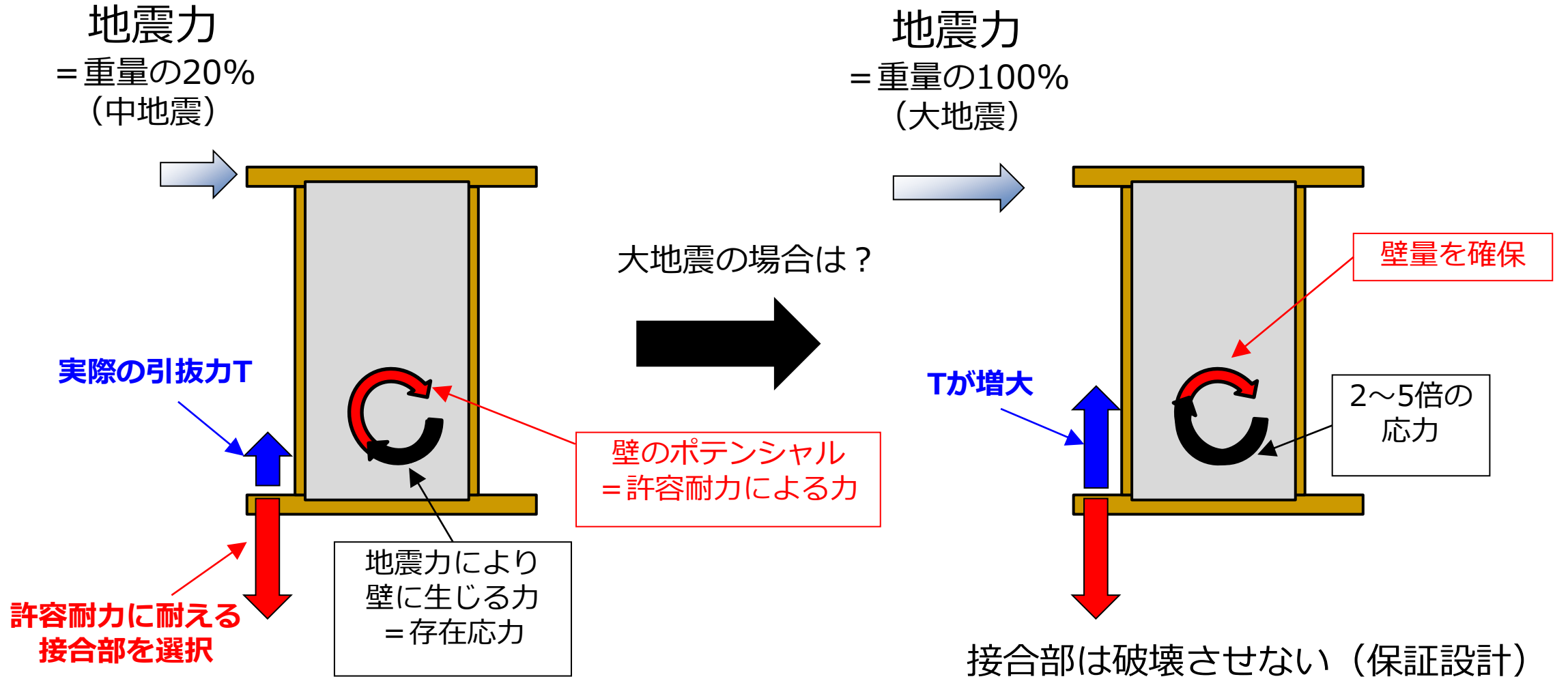
大地震の場合は？



地震力
= 重量の100%
(大地震)



壁の許容耐力による接合部設計（N値計算）



木造住宅の地震時被害



(a) 層崩壊



(b) 接合部先行破壊



(c) ねじれ

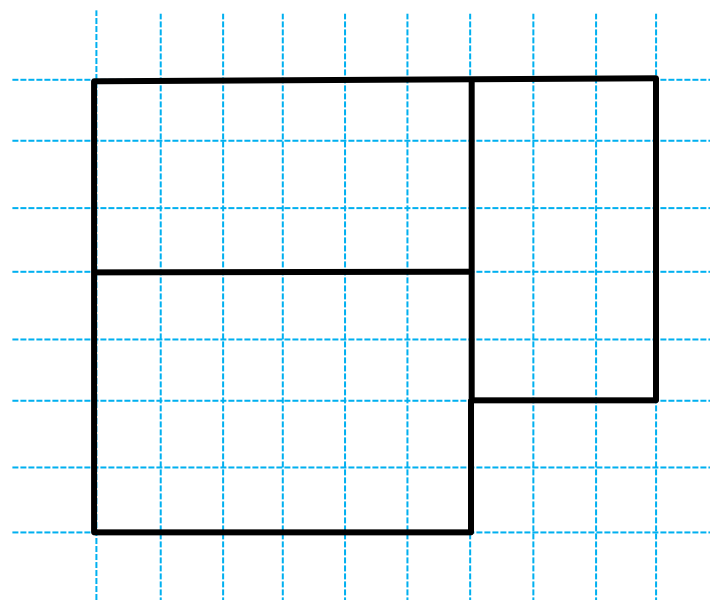
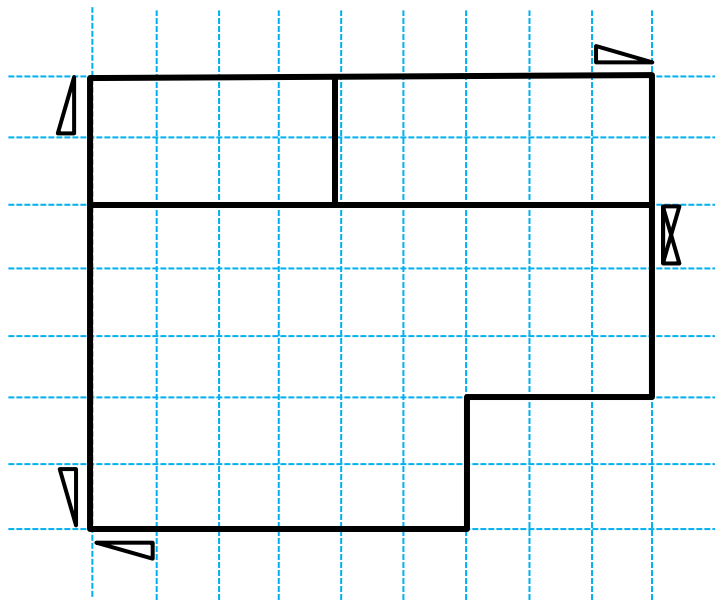


(d) 水平構面の破壊

プランA

評点 1階 0.4

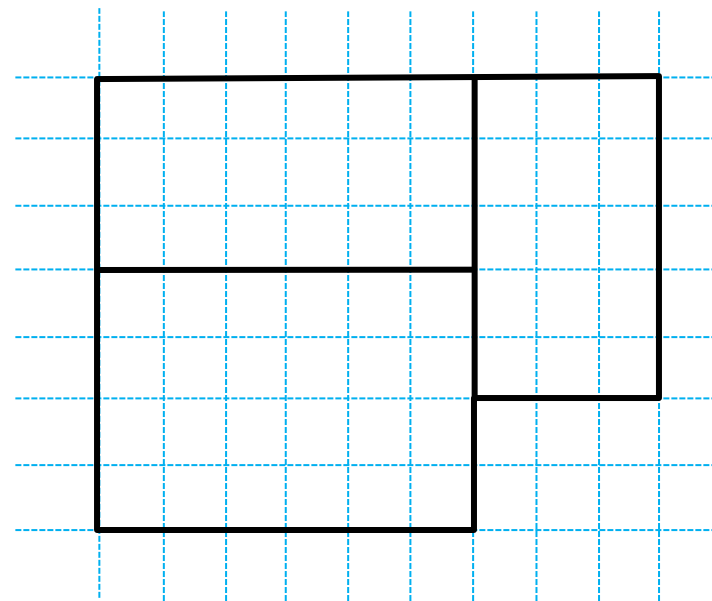
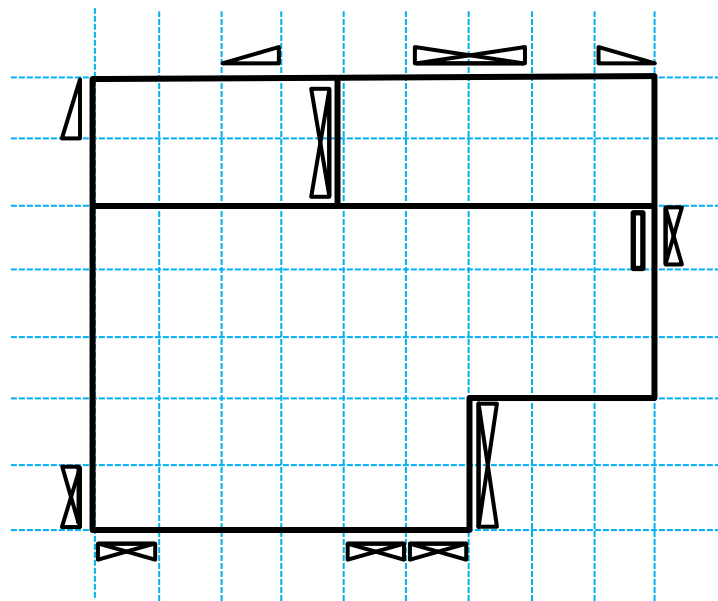
2階 0.4



プランB

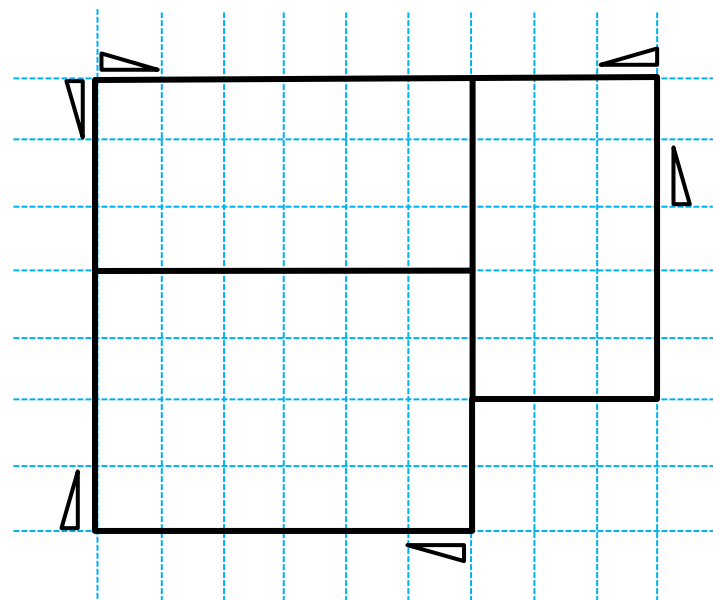
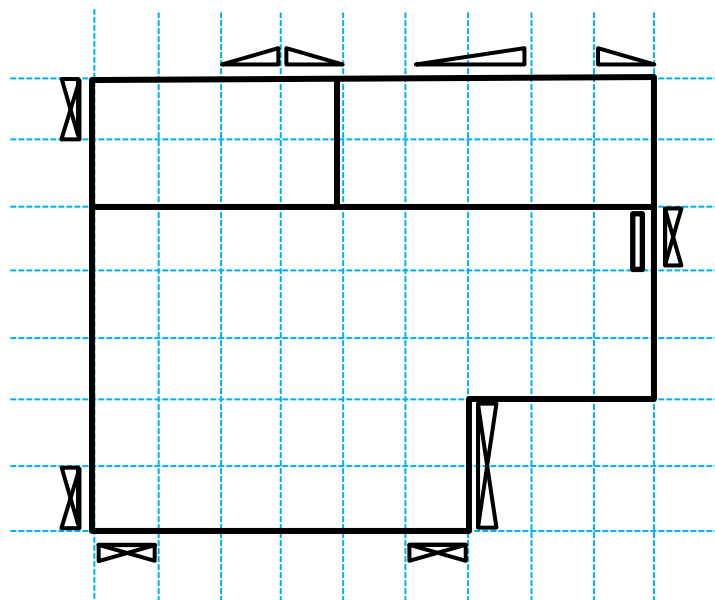
評点 1階 1.0

2階 0.4



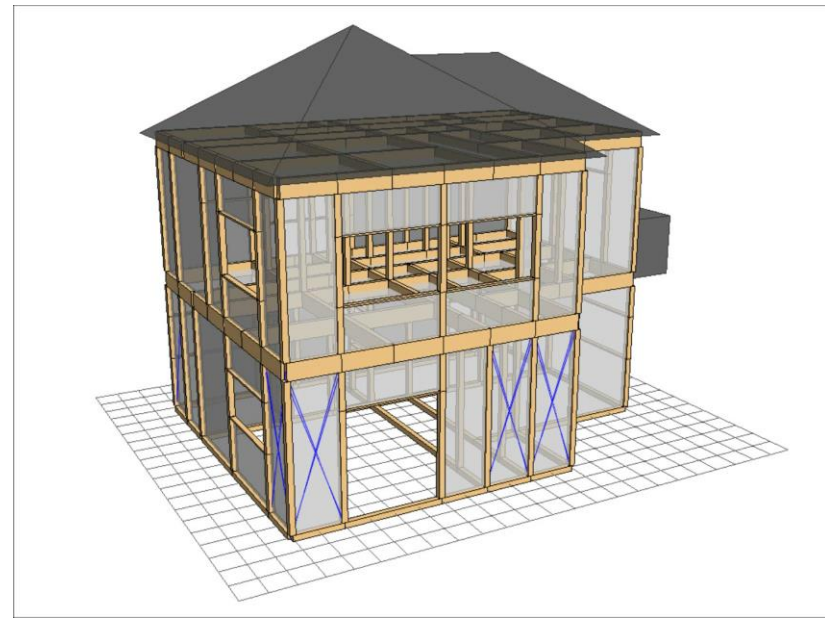
プランC

評点 1階 0.8 2階 0.6





プランA(補強前)



プランB(1階強い)

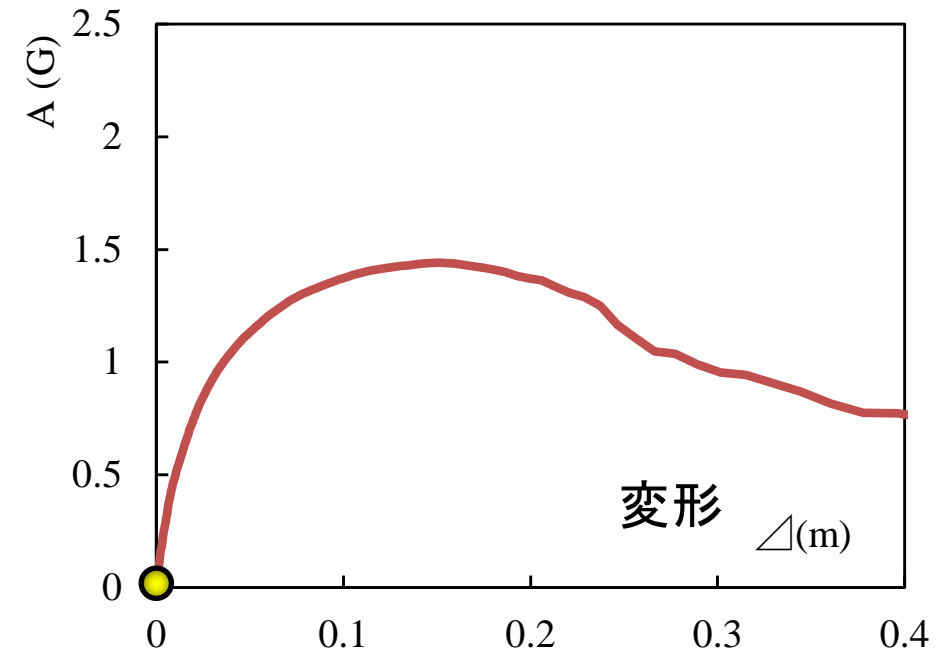
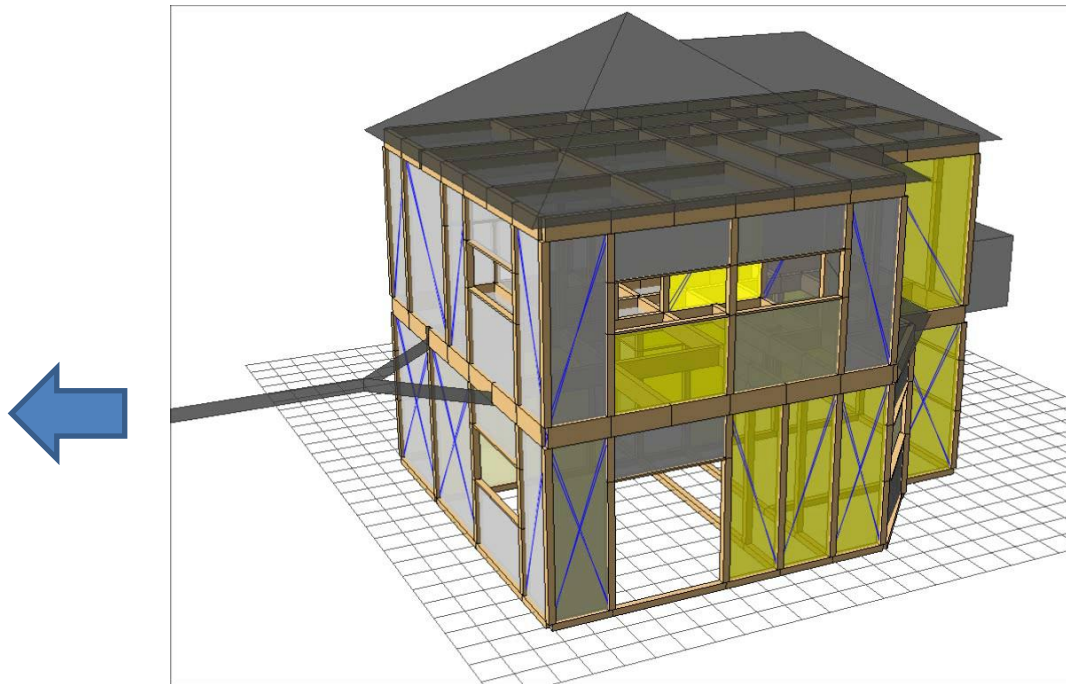


プランC(1・2階バランス)

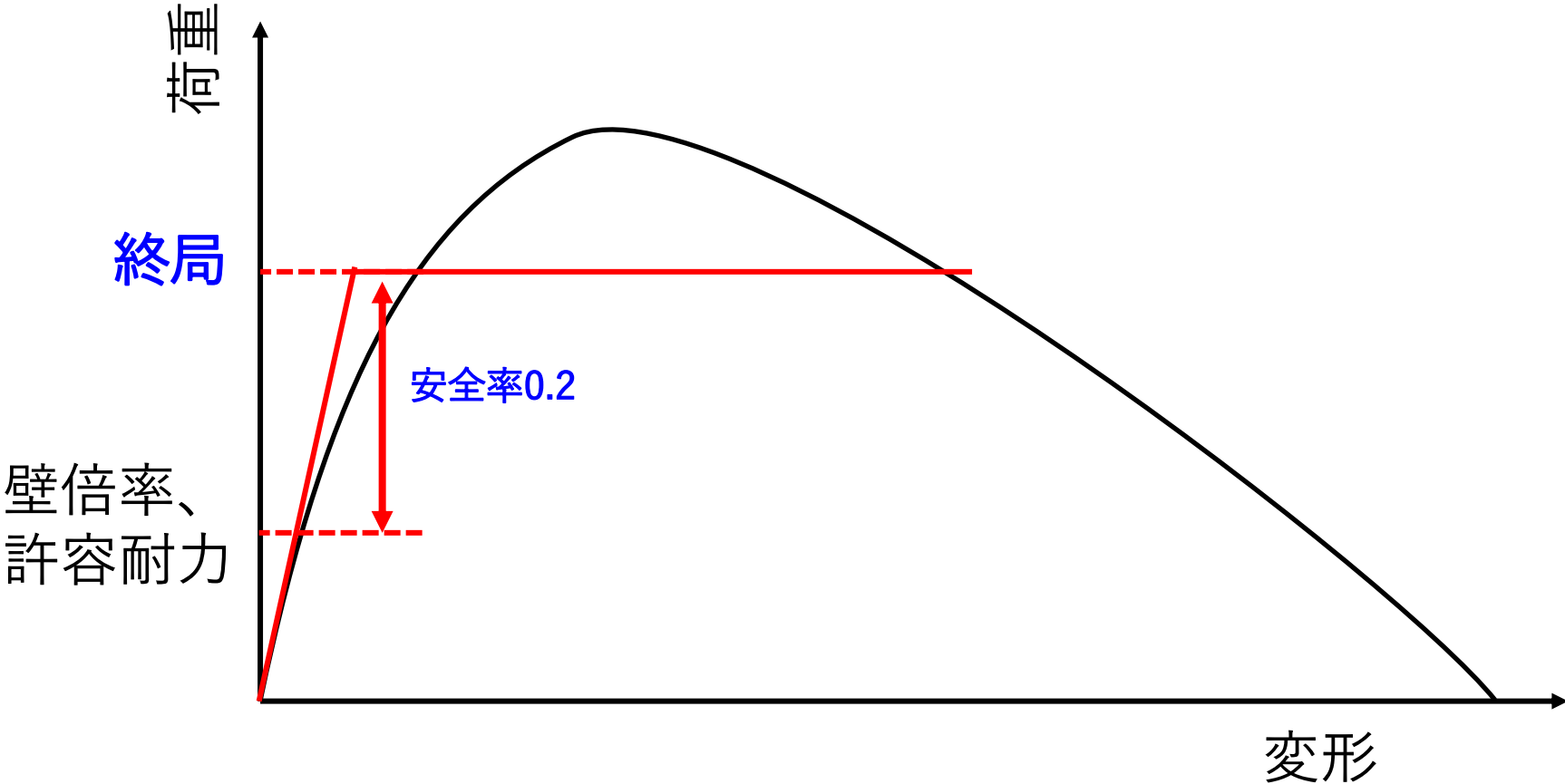


保有水平耐力計算って何？

- 横に力をかけ続ける（プッシュオーバー）
- 荷重と変形の間係を明らかにする



安全率ではなく、直接終局を確認する
重量の20%ではなく、100%でチェック

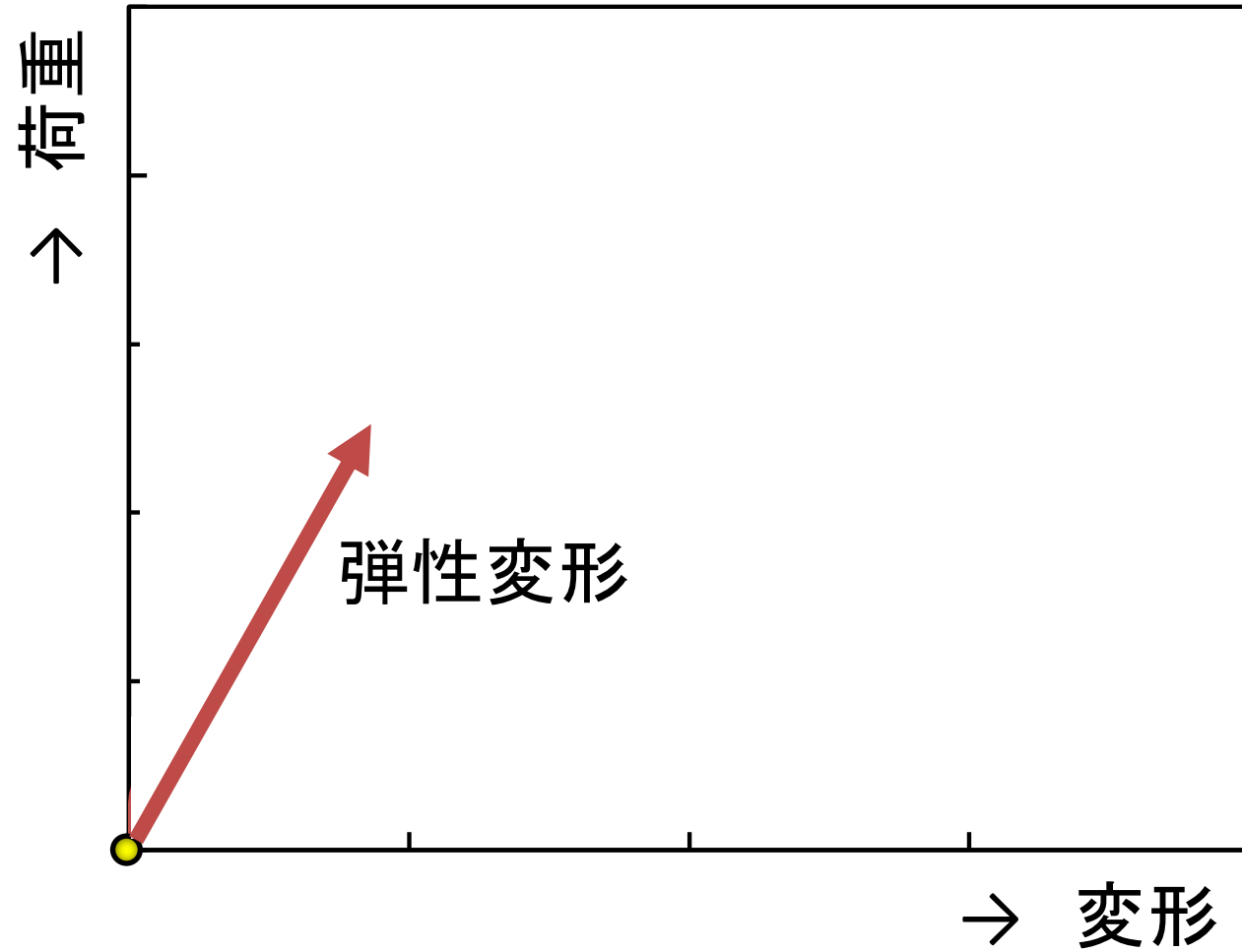


保有水平耐力計算

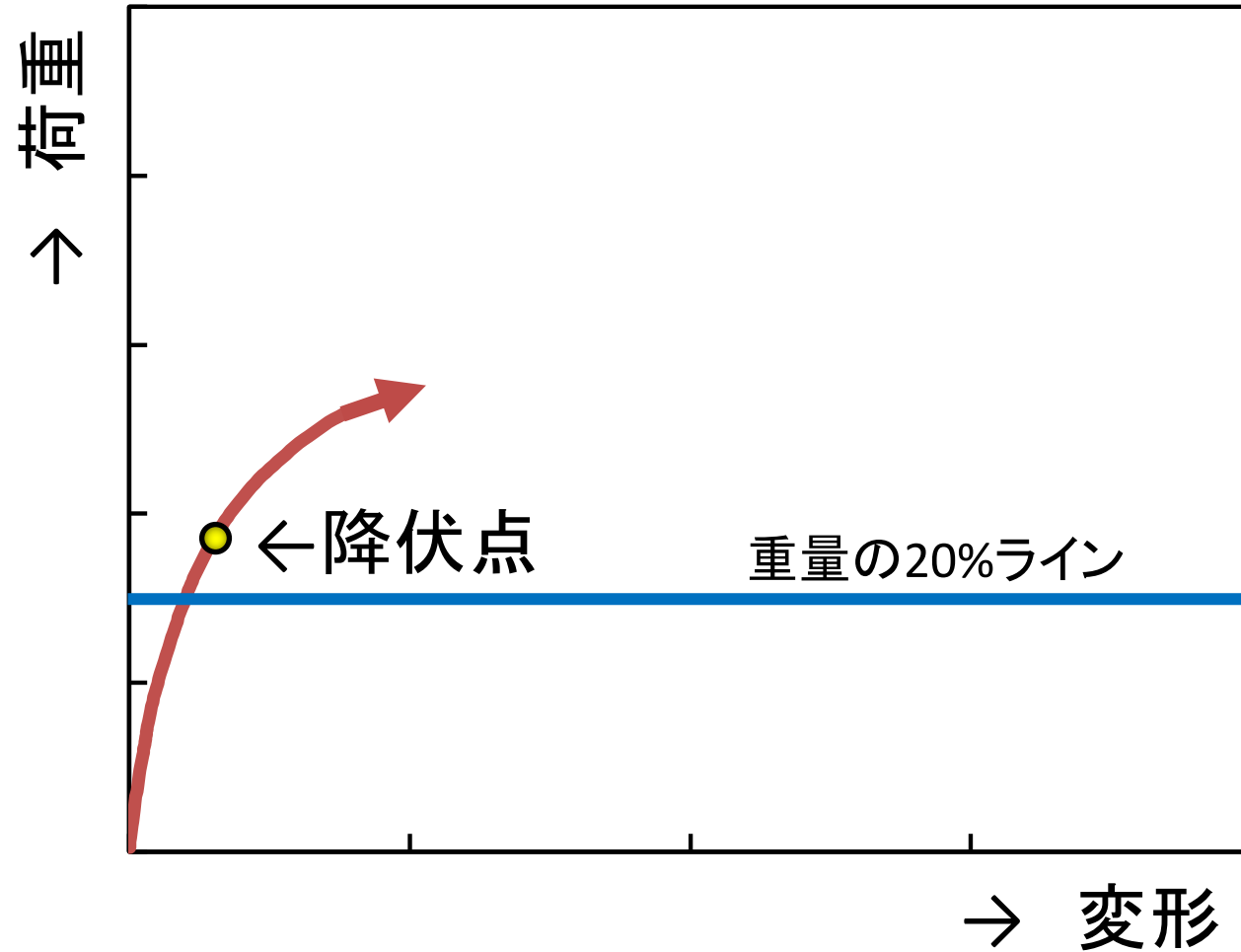
- 大地震：建物重量の100%
- 中地震：建物重量の20%
- 大地震で倒壊しない→終局 > 重量の100%
- 中地震で損傷しない→降伏 > 重量の20%

許容応力度計算や壁量計算はこっちだけ！

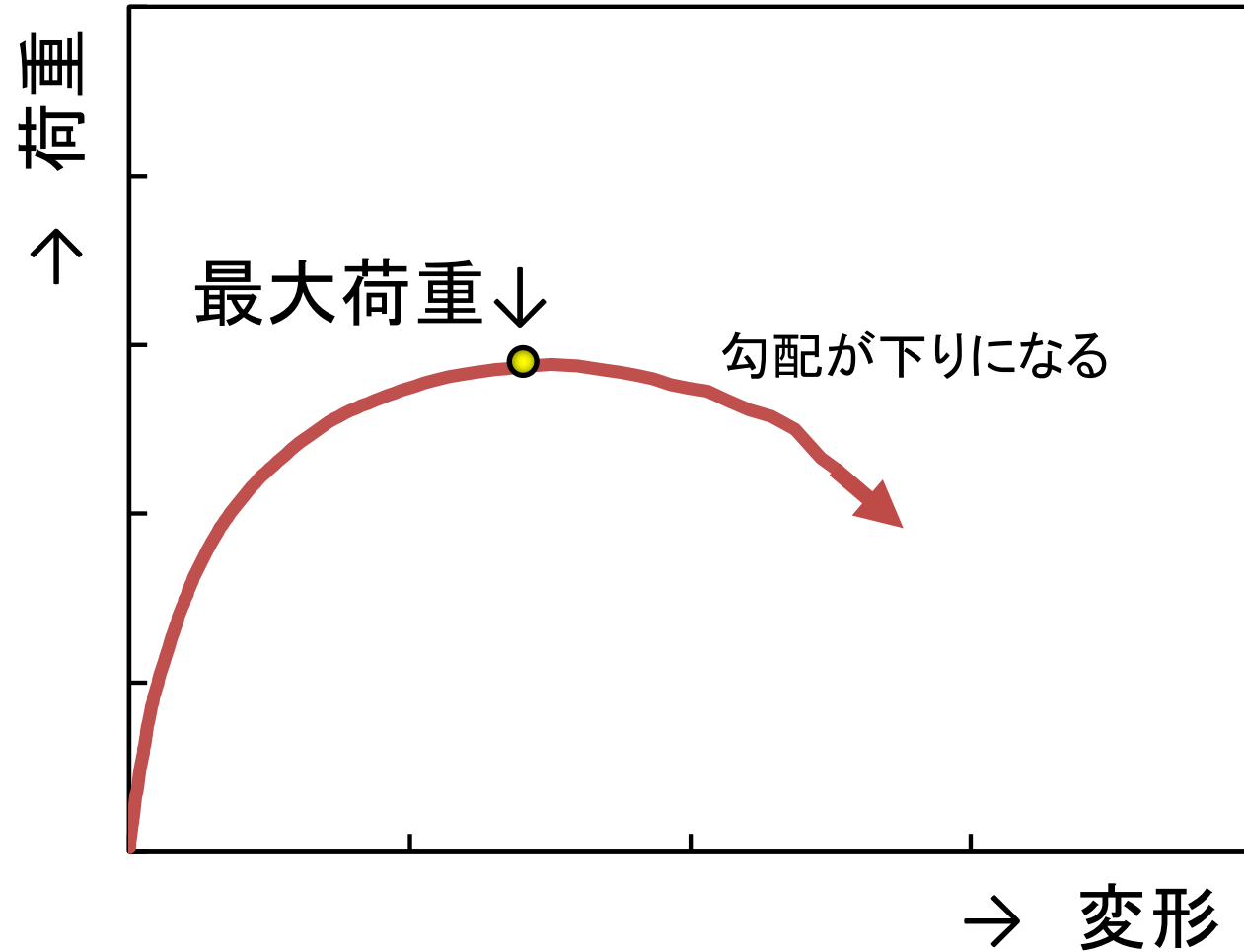
荷重と変形の関係



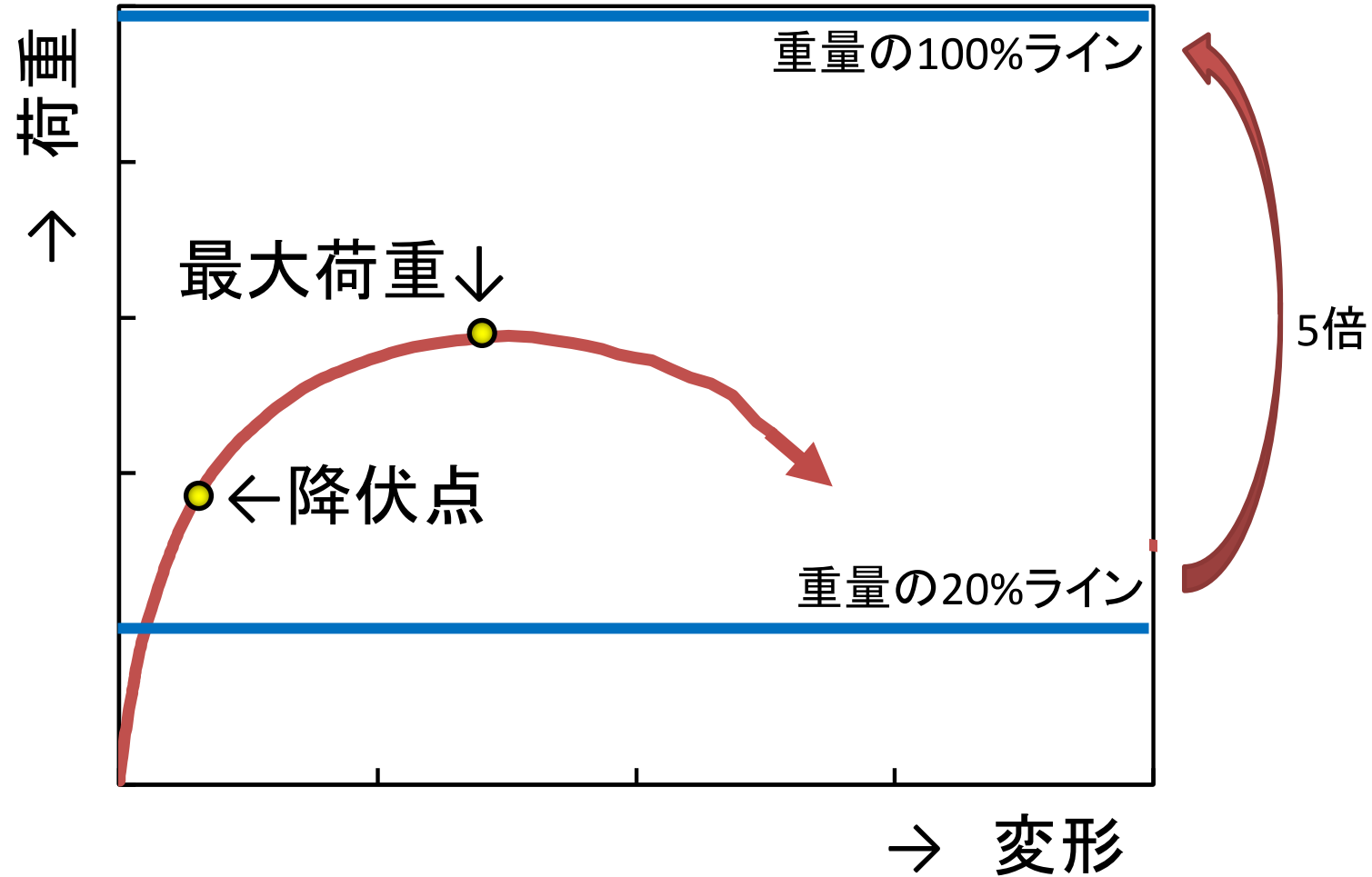
降伏点が重量の20%を超える (中地震のチェック)



荷重と変形の関係

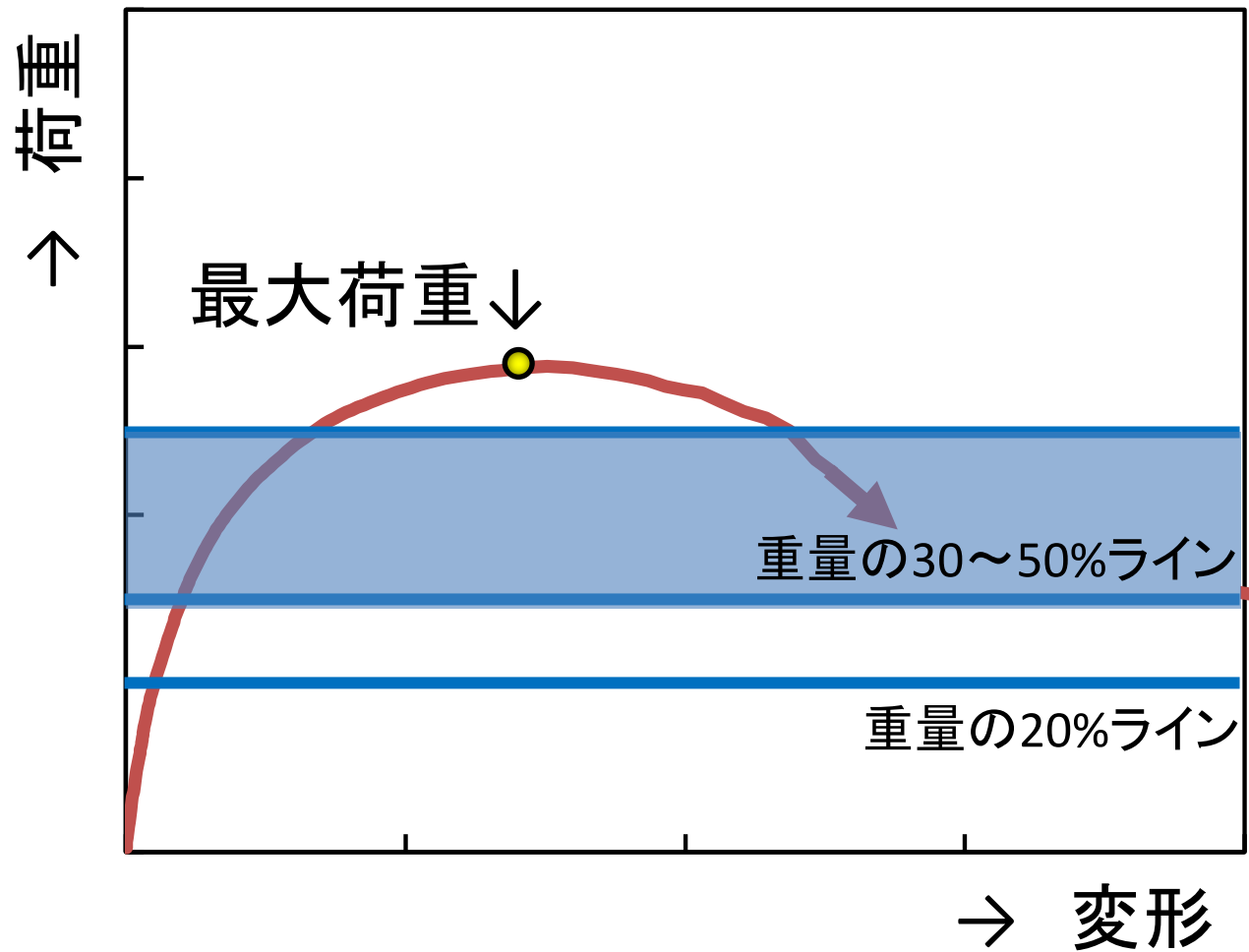


最大荷重が重量の100%を超える (大地震のチェック)

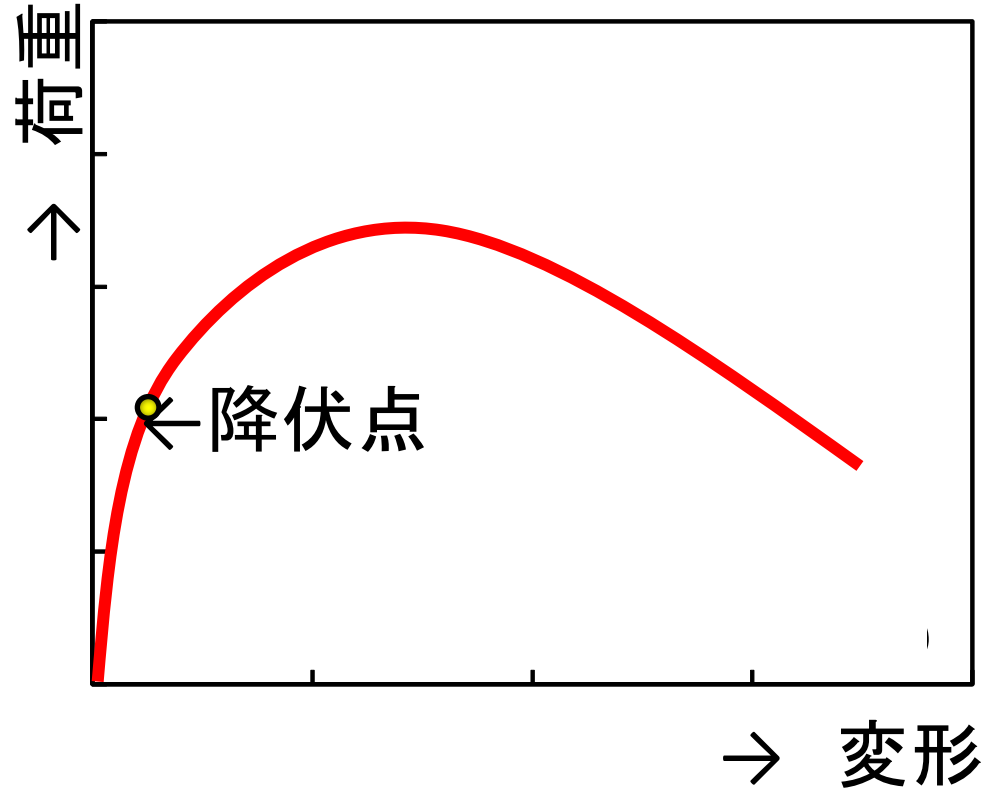


低減係数をかけてもOK

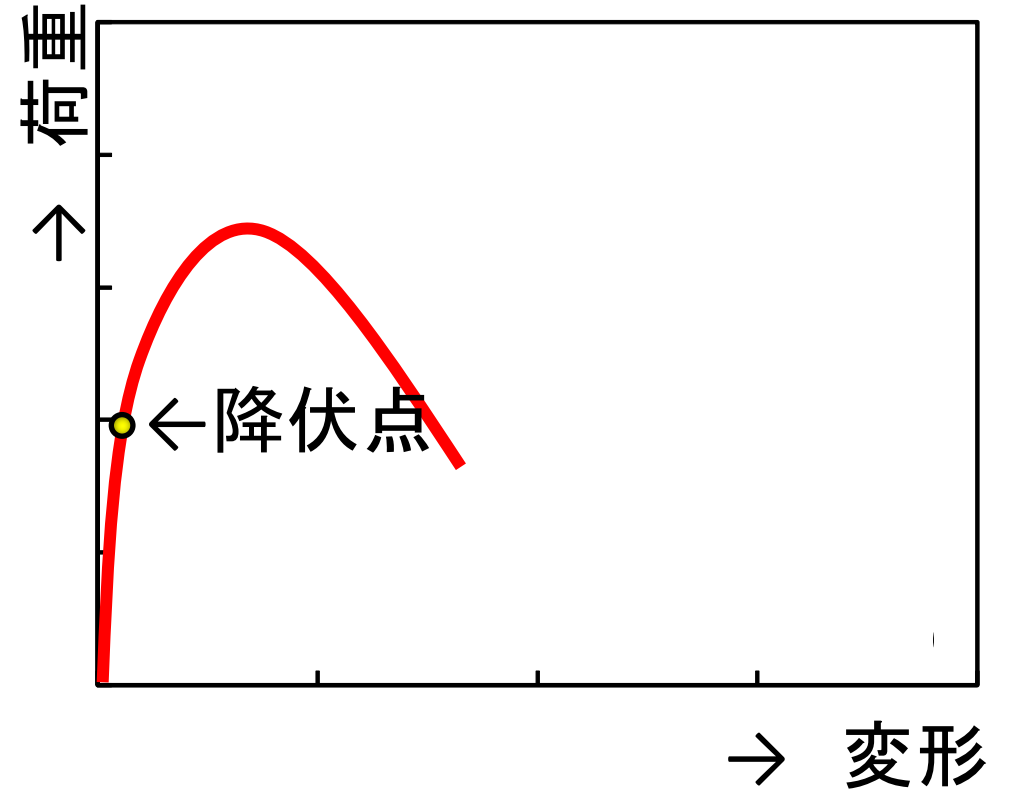
低減係数 = 構造特性係数 D_s



粘り強い建物と粘りのない建物

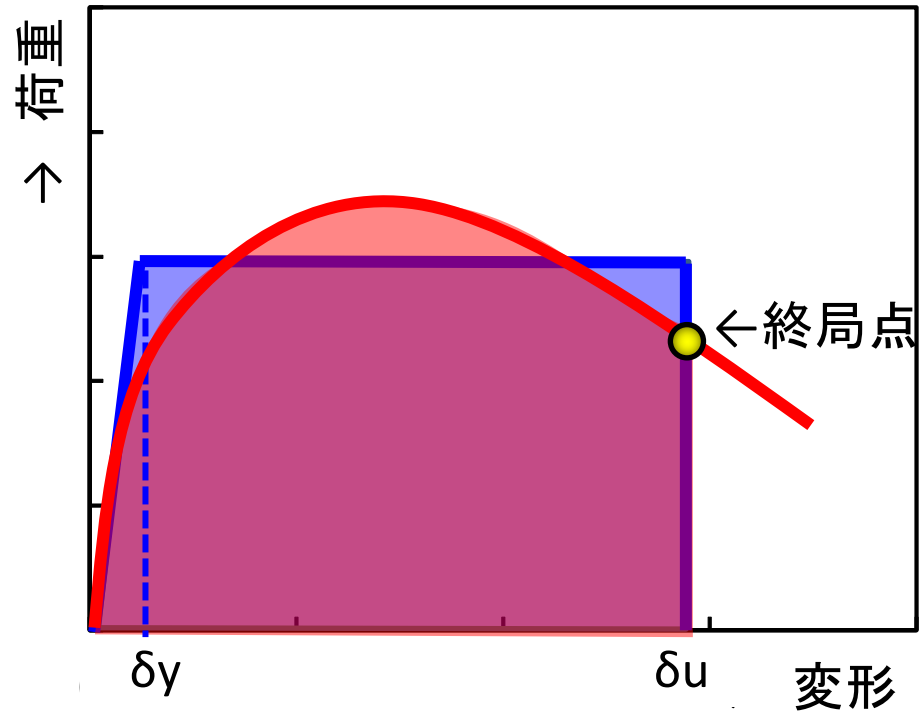


ねばり強い
Dsを小さくしてもOK

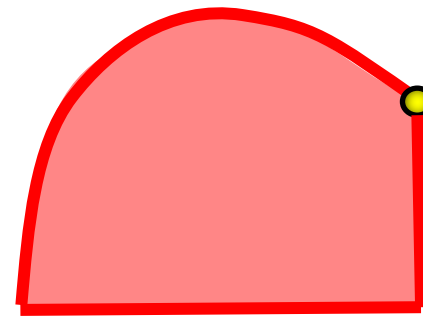


ねばりがない
Dsが大きい

面積 = エネルギー

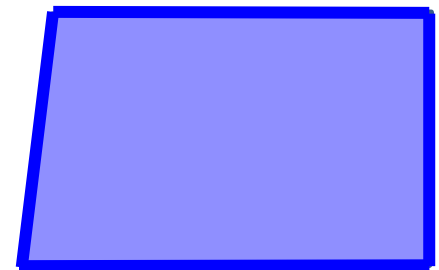


同じ面積 = 同じエネルギー



本来の荷重変形

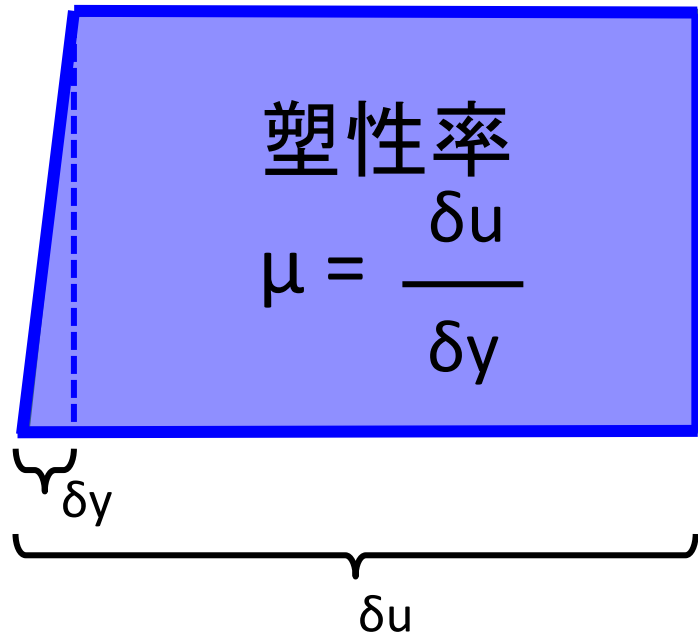
=



完全弾塑性置換

塑性率とDs

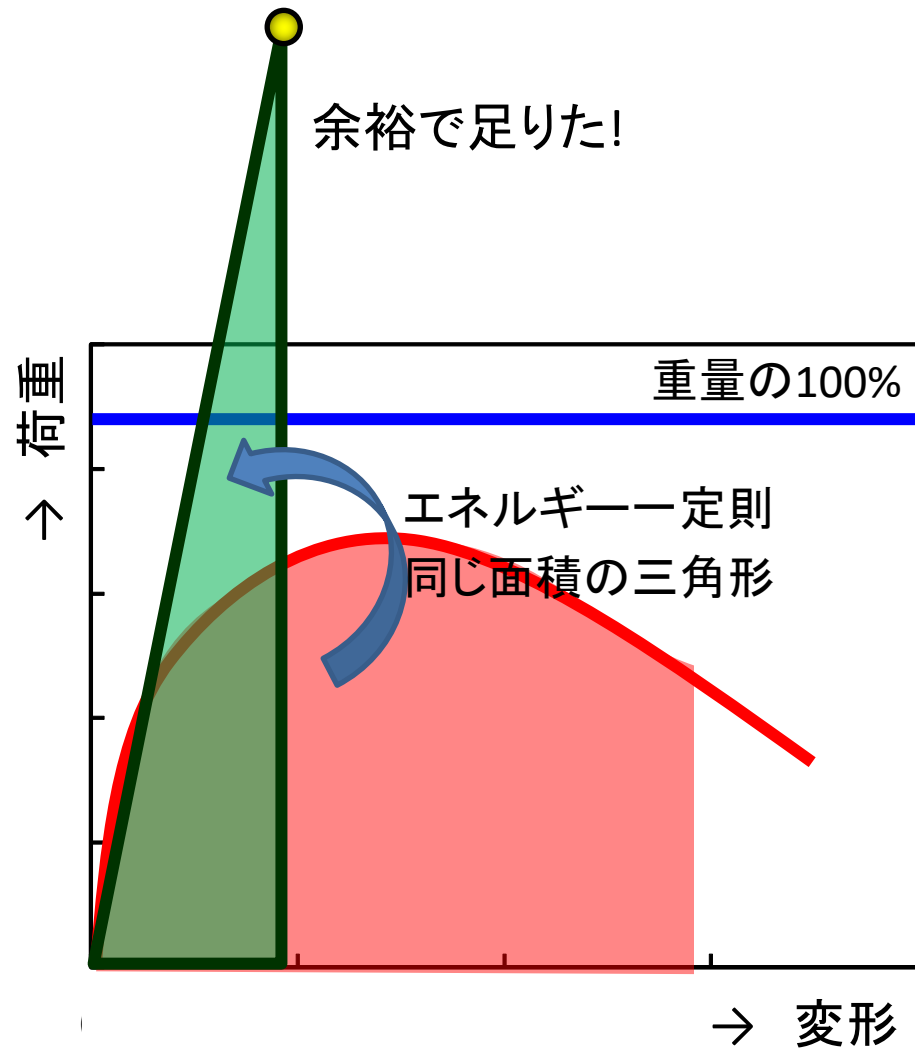
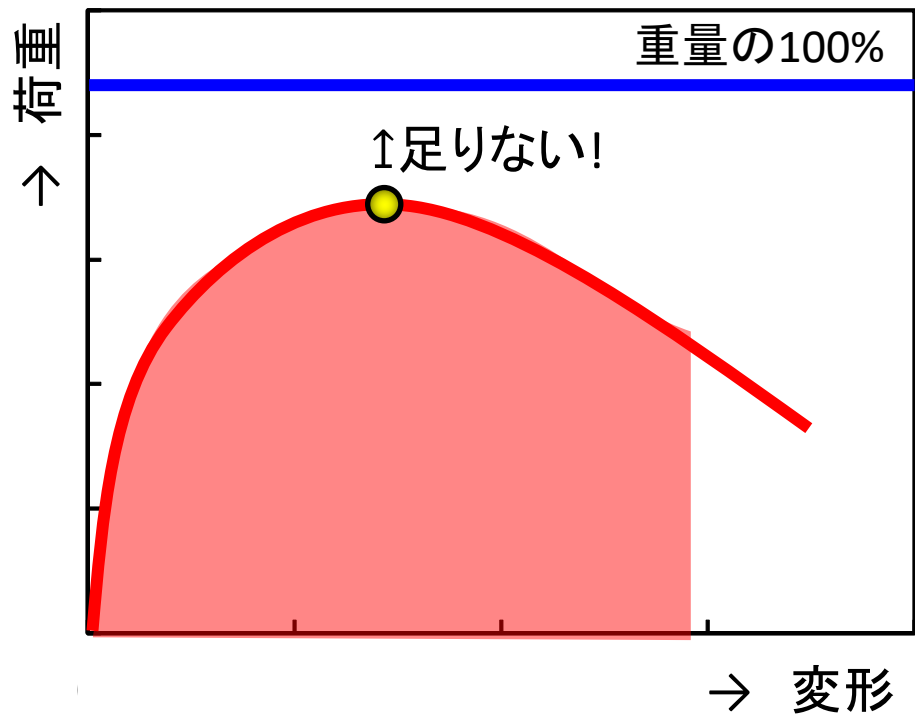
完全弾塑性置換

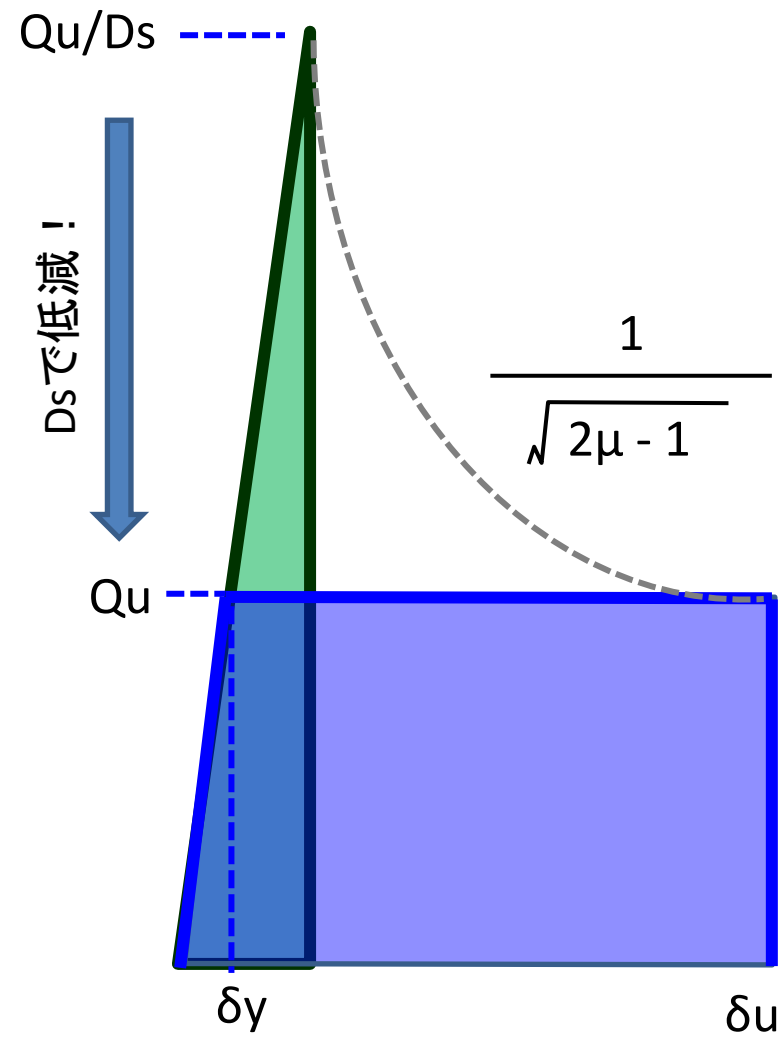


$$Ds = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}}$$

北米ではR

欧州ではq





wallstatを使ってみたいと思われた方

- 使い方講習会（無料・オンライン）
 - WALLSTAT.JP
 - 初級編：10月28日(水) 14:00～15:30
 - 中級編：11月24日(木) 17:00～18:30
- Youtubeチャンネル
 - wallstatチャンネルで講習会映像
- wallstatは「耐震性能の見える化」により
要求性能に関して明確に回答