

住宅・建築物技術高度化事業

間伐材を活用した倒壊防止型
1部屋耐震補強工法の技術開発

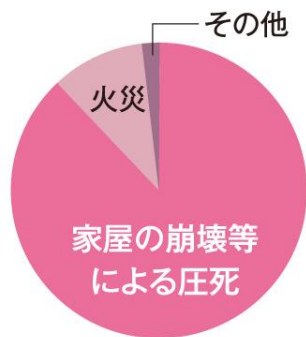
(平成26年度～平成27年度)

一般社団法人大阪府木材連合会
国立大学法人京都大学

1. 技術開発の背景

(都市防災の課題)

阪神・淡路大震災では、犠牲となった方の約8割が住宅の倒壊で圧死している。特に昭和56年以前に建てられた老朽住宅は、倒壊の危険性が高く、大阪府では老朽住宅密集度全国ワースト20の中に11の市区がランクインしている。



阪神・淡路大震災における死因
(平成7年度版「警察白書」より)



(写真: 阪神・淡路大震災記念人と防災未来センター提供)

(森林の防災保全の課題)

住宅着工戸数の減少、木材価格の低迷等により森林の木は放置された状態になり、間伐がされず森林の荒廃、林業の衰退等の悪循環が生じている。



(間伐されず鬱蒼とした森林)



(間伐後、切り捨てられたままの森林)



(間伐により手入れの行き届いた森林)

2. 技術開発の概要・先導性

間伐材の活用と「家は損壊しても命は助かる」ことを主眼とした新しい耐震補強工法「壁柱」を開発

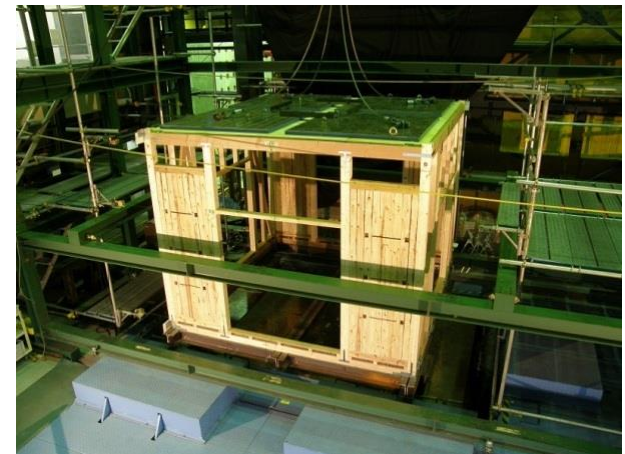
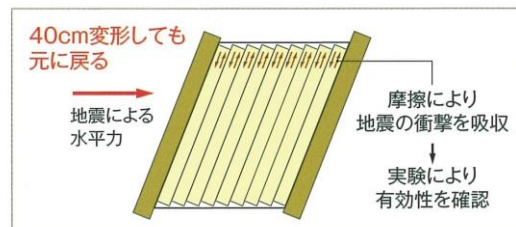
壁柱は半間の柱間の天井下端と床上の間に9cm角の間伐材(スギ)の柱を9本連続して立て、それらをラグスクリューボルト等で緊結する構造となっており、これまでに大型振動台による振動実験や静的変形性能検証試験、実大試験体による引き倒し実験などを通して、その性能を検証してきた。その結果、壁柱工法は高い変形性能と、変形に比例して発生する大きなせん断抵抗力を有していることが確認されている。

しかし、**壁柱を用いて「1部屋補強」を実用化するに際しては、その残存性能も構造形式も様々で補強可能な壁面も個々に異なる住宅に対する汎用的設計法が重要となる。そこで本技術開発では限界耐力計算及び増分解析等による簡便な設計手法を開発し、1部屋補強の設計法を確立した。**

特徴

40cm変形しても元に戻る、優れた変形性能。

間伐材の角材を連結させた「壁柱」は、“固定はするが、完全密着させない”構造のため、柳に風の原理で力を逃がす吸震工法です。振動で40cm変形しても元に戻る、優れた変形性能を発揮します。



実物大振動台による動的耐震性能確認試験

3. 技術開発の効率性

大阪府木材連合会は、京都大学防災研究所との8年間の共同研究により、これまで通常的方式による耐震補強部材の開発に取り組んできており、すでに40件以上の適用事例を蓄積している。本技術開発では、一般的な家屋全体に対する耐震補強ではなく、1部屋のみを集中的に補強することにより、全体の地震時安全性を向上させ、大地震時にも全体崩壊を防止する新しい補強設計法の実現を目指しており、本事業以前の実証引き倒し試験とその増分解析による高精度な再現シミュレーション結果、および平成26年度の事業で検討した10棟の木造家屋用の限界耐力計算の結果からみて、その延長線上にある3次元フレームによる増分解析を通して、偏心率の大きなケースにおいても適切な配慮をすることにより、補強した部屋はもちろんのこと、家屋全体の応答を低減させ、大地震時にも安全性を確保することができる設計法を構築することができる。

(施工体制)

木材・建材供給 西日本各地からの国産材の集荷、建材メーカー等との連携

↓

材料加工 プレカット工場等(品質の安定化)

↓

現場施工 材木店・工務店(講習会等による施工性の向上)

* 技術的課題等については京都大学、大阪府木材連合会及び上記施工体制に関わる会社と連携し、協力体制を構築している。また、行政機関等との協議会を立ち上げ、総合的な普及体制を形成していく。

4. 技術開発の完成度、目標達成度

3次元立体フレームモデルによる静的増分解析を行って、直交壁の寄与も考慮した場合のねじれ応答を検討するとともに、得られた各構面のせん断耐力だけを評価し、直交壁のねじれ応答に対する寄与を無視した簡易型計算法を開発し、適用した。



3次元立体フレームモデルのねじれ応答は極めて小さいのに対し、直交壁の耐力の寄与を無視した「ねじれ考慮の限界耐力計算」用のモデルでは遙かに大きなねじれ応答が計算されることがわかった。その結果、「ねじれ考慮の限界耐力計算」を用いた場合、5棟中1棟だけが要求水準をクリアできることがわかった。

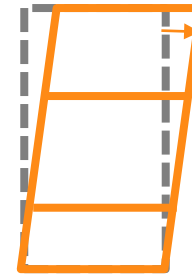
一方、3次元立体フレームモデルの耐力をそのまま用いた限界耐力計算では、壁柱構面の最大応答は1/15以下に収まり、1部屋耐震補強あるいは1部屋耐震補強 + α で多くの場合大丈夫といえることがわかった。

従ってユーザーとしては壁柱構面3枚分に相当する費用をかけて「3次元立体フレームの限界耐力計算」を行うか、壁柱構面を実際にさらに数枚追加導入して通常の限界耐力計算を行うか、2つの選択肢があることが提示された。

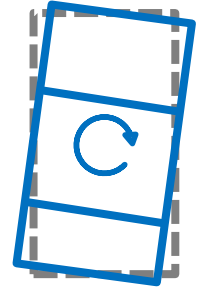
ねじれ考慮の限界耐力計算

一部屋補強家屋に対し簡易に、

ねじれ考慮の 限界耐力計算



今回



3次元解析

平面の回転モデル

今回の
1次元解析

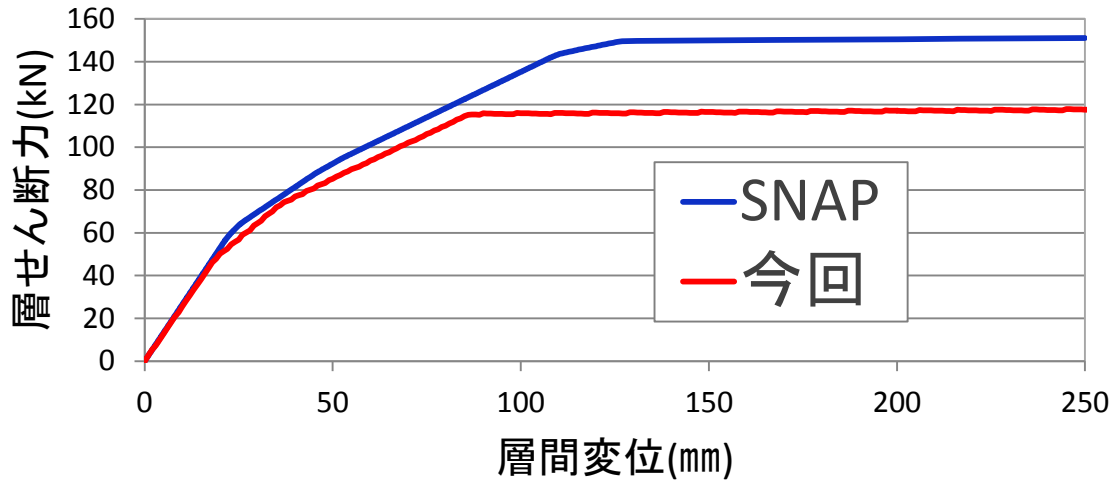
- 平行変形
- 面外効果無視

3次元解析
プログラムSNAP

- 剛床仮定
- 面外変形考慮

5棟の实在
一部屋補強
家屋に対し
計算

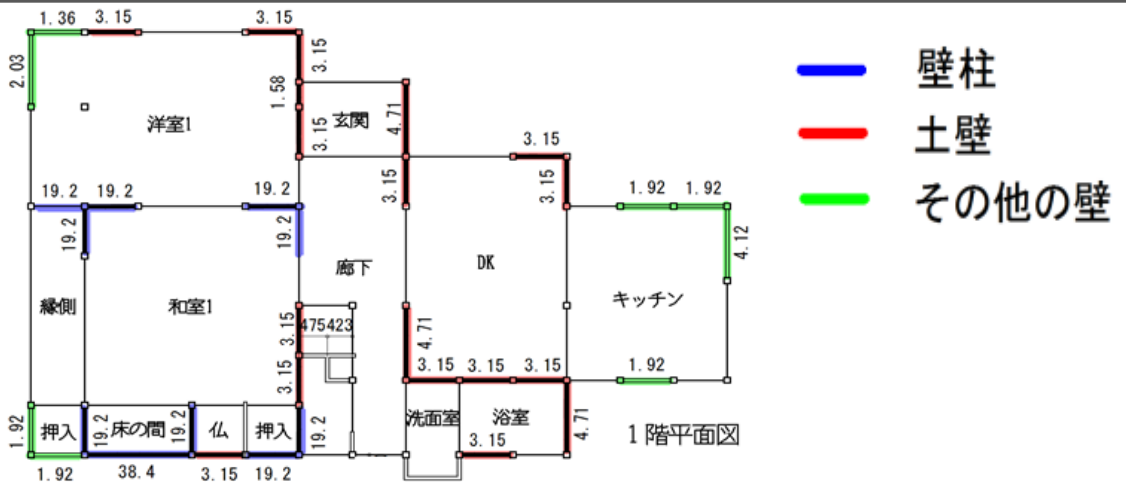
解析結果の一例



重心位置変形特性(建物番号1 X方向加力)

番号-方向	今回	SNAP
1-x	1.10	0.22
1-y	0.90	0.52
3-x	1.82	0.33
3-y	1.00	0.60
5-x	0.72	0.19
5-y	1.00	0.08
7-x	1.62	0.95
7-y	1.08	0.53
9-x	0.94	0.10
9-y	0.59	0.51

最外縁層間変形角1/15の時の
の回転角



1階平面図(建物番号1)

5. 技術開発に関する結果(成功点、残された課題)

- ・変形角を1/15以内、偏心率を0.15以内に抑えるためには建物の大きさ、壁の配置、土壁の数により1部屋補強では収まらない場合があるが、変形角を1/15以内に抑えて1部屋耐震補強の設計をすることは可能である。
- ・偏心率(0.3以内)も考慮した設計をするためには1部屋耐震補強+ α の補強が必要である。
- ・建物の偏心を考慮した立体フレームの弾塑性静的増分解析を行い、最外縁の変形がどの程度かを検討した結果、剛床仮定のもとではねじれ変形量は思ったよりも少ないことがわかった。
- ・ねじれ考慮の限界耐力計算法によるねじれ変形量は、3次元立体フレームモデルによる静的増分解析から求められる変形量に比べ、等しいか大きめとなることがわかった。これはねじれ考慮の限界耐力計算法では面外構面の寄与が考慮されていないため→本提案手法は安全側の計算となる。
- ・実構造物5モデルの計10構面に対して適切な1部屋補強を施した場合を本提案手法で解析した結果、最大変形が生じる端部構面においても最大許容変形量1/15以下に変形が収まる可能性がある。→1部屋補強で偏心率制限を超えた場合には、本提案手法で耐震補強の有効性が確認可能。

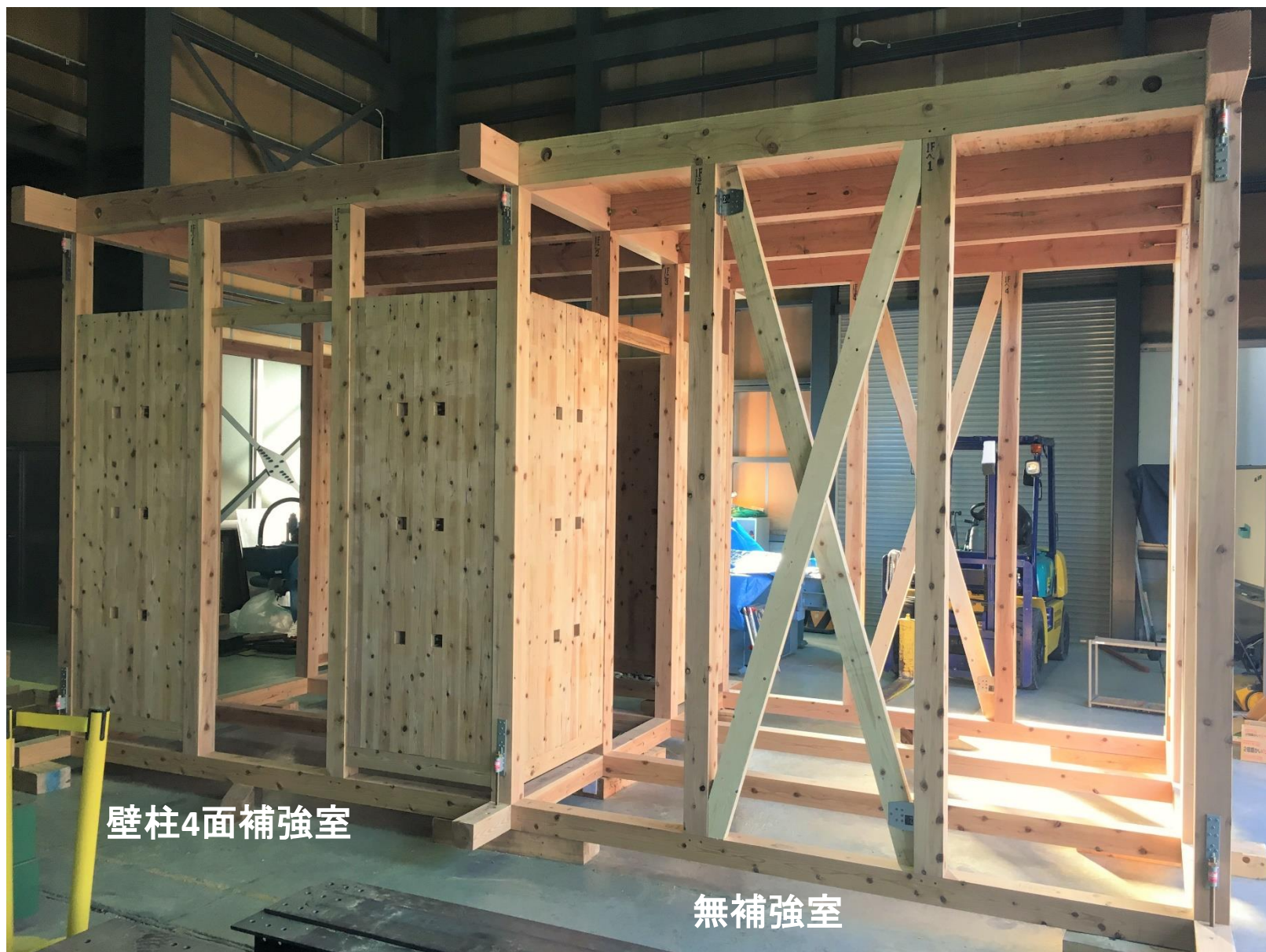
(課題)

設計コストの削減、限界耐力計算ができる建築士育成

(今後)

「ねじれ考慮の限界耐力計算」や「3次元立体フレームの限界耐力計算」によって耐震補強設計の妥当性を示すことによって、より広く1部屋耐震補強工法を展開する。

ねじれ評価手法の振動台実験による検証



壁柱4面補強室

無補強室