

平成27年度 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

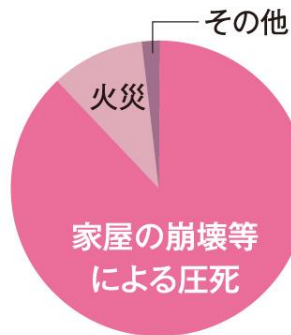
平成26年度～平成27年度

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

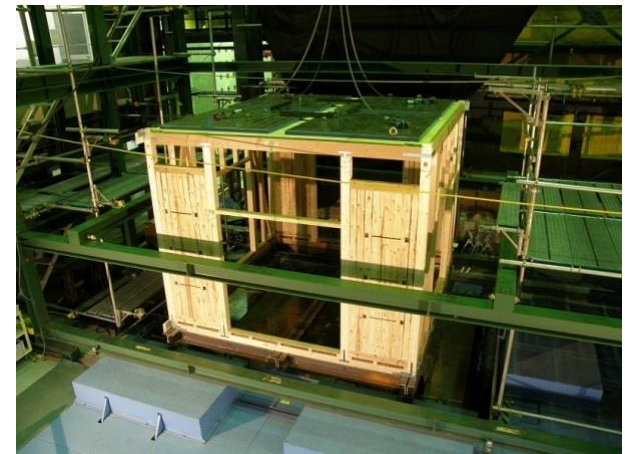
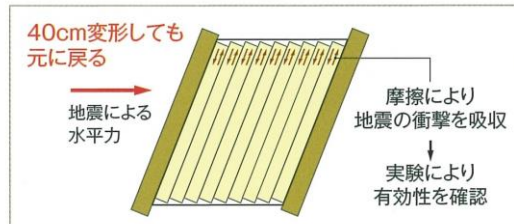
間伐材の活用と「家は損壊しても命は助かる」ことを主眼とした新しい耐震補強工法「壁柱」を開発

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する。**

特徴

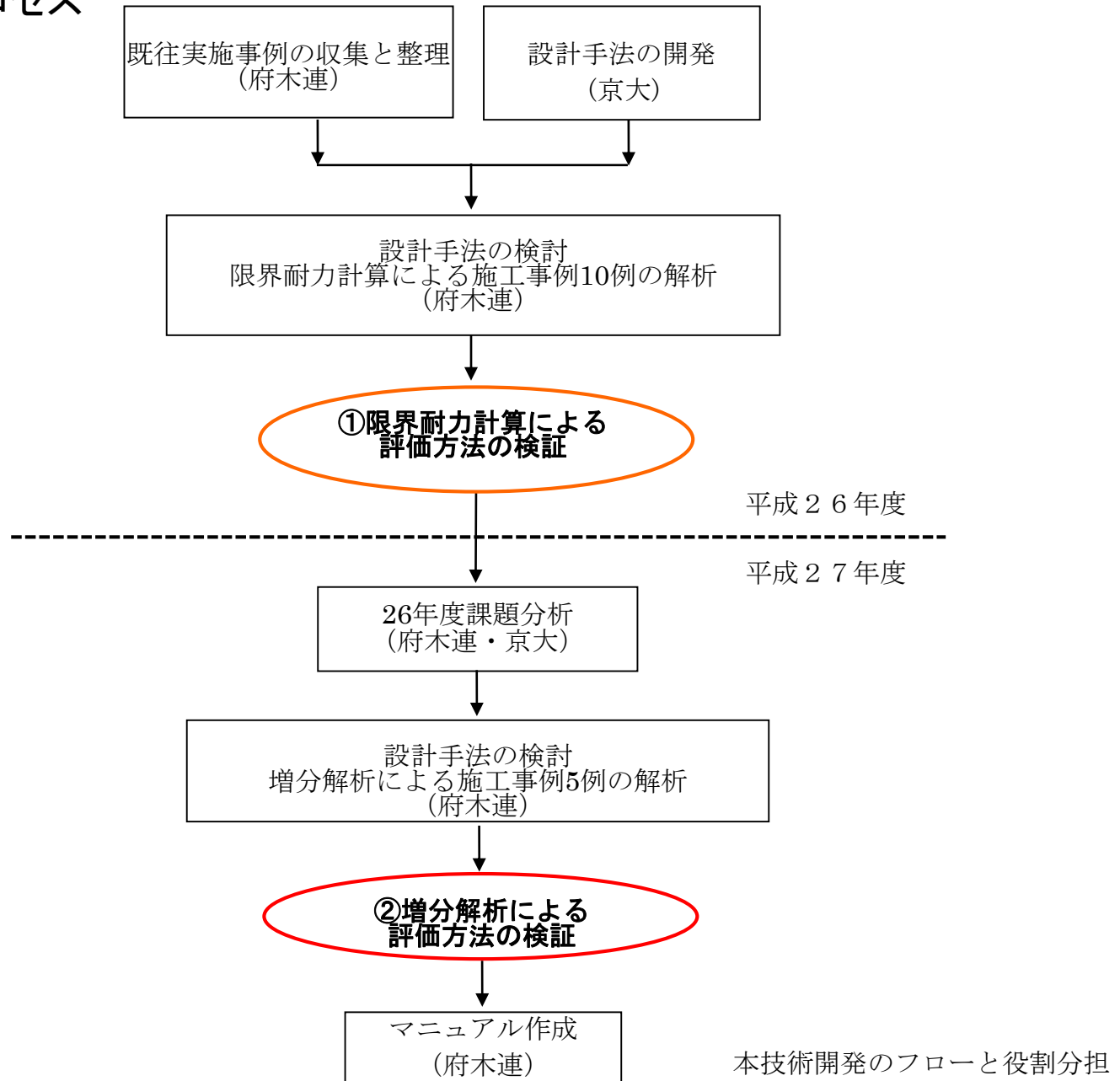
40cm変形しても元に戻る、優れた変形性能。

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. 技術開発のプロセス



4. 技術開発の必要性、緊急性

壁柱工法等による**1部屋補強**により家の倒壊を防ぎ、生命だけは守る方法を実際に適用するに際し、従来の補強設計法(一般診断、限界耐力計算)を用いると偏心率(0.3以内)制限に抵触する。しかし、面内剛性を適切に評価すれば、1部屋補強でもその耐力により全体の倒壊を防止できる。そのためには

ねじれを考慮した新しい設計法の開発

がぜひとも必要である。

地震力が1部屋にかかっても倒壊はせず、生命だけは守るという考え方も耐震化率の向上のためには必要であり、より多様な耐震化を促進するために、強度よりも大地震時に倒壊を防ぐための柔構造、大変形性能をも許容しつつある設計を採用して、各個々の技術手法の検討を行い、簡易設計法を確立させることが喫緊の課題である。



大地震時に1階部分が倒壊しないように



1部屋補強イメージ

5. 技術開発の先導性

「壁柱」工法は間伐材の角材を連結させ、固定はするが完全に密着させない工法で振動で40cm変形しても元に戻る優れた変形性能を有し、1部屋補強可能でローコスト(約100万円程度)短期間施工可能である。平成25年度の実物大実証実験で1部屋補強でも補強前の4倍以上の強度を発揮するとともに柔らかい耐力壁では既存の軸組を壊しにくいことも判明し、今回はさらに1部屋耐震補強について限界耐力計算及び増分解析等による解析を実施し、1部屋補強の設計法を確立するものであり、間伐材活用による森林の保全と都市の減災という一石二鳥の大きな効果が生じ、国策の「国土強靱化基本法」の趣旨にも大きく合致するなどの当該技術開発は既存の技術と比較して非常に優れた先導性革新性を有する。

2階床部分にワイヤーを掛けて水平方向に引張り、引倒し実験を行いました。



6. 技術開発の実現可能性

本技術開発では、新しい設計法として2階部分のねじれを含む全体挙動を評価できる計算法を開発する。その際に既往研究成果に基づき、屋根面を含む架構の水平面内剛性の評価法を提案する。並行して既往実施事例を収集、整理し、それに対して開発した計算法を適用して手法の妥当性を検証する。

大阪府木材連合会は、京都大学防災研究所との6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件以上の適用事例も蓄積してきている。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てきた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は十分可能である。

(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、大阪府をはじめとする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。

7. 実用化・製品化の見通し

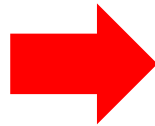
大阪府内には、建築基準法を改正した昭和56年以前に建てられた耐震性が不十分な老朽住宅、即ち**既存不適格な住宅が、全住宅戸数352万戸のうち27%にあたる94万戸存在する**。そのために、中央防災会議によると、首都直下地震で想定される、死者が11,000人であるのに対し、**上町断層帯地震では42,000人に達するといわれる**。特に密集市街地を有する市区町の老朽住宅密度では、大阪府が全国のワースト20のうち、西成区を筆頭に11市区を数え、ここで死者が集中的に発生することが分かっている。すなわち、大阪府は、全国で最も危険といえる。

この工法によれば、地震発生時には、小規模な損壊は免れないものの生命を守るための致命傷にならないような生存空間を保つことが可能で、いずれもリフォームとセットにすれば1室分で約100万円と安価であり、まちの工務店や大工さんが簡便に実施できる利点を持っている。お年寄りや年金生活者等弱者の視点からもこの工法は、対災性の高い住宅を実現するためにも有効である。

今後、各地の地域団体、住民のネットワークを利用して、耐震化の阻害要因を加速度的に解消・軽減していくことが可能となる。喫緊に耐震リフォームが必要な20,000件の耐震化が見込まれる。



(施工前)



(施工後)

8. 昨年度までの技術開発の成果

(設計基準)

安全限界時の変形角を1/15以内、
偏心率を0.15以内とし、下記の方法で
10事例の補強を検討した。

プラン1: 壁柱での1部屋補強(2階崩
壊時となる場合は2階も補強)

↓

プラン2: 壁柱での1部屋補強で安全限
界時の変形角を1/15以内とする補強

↓

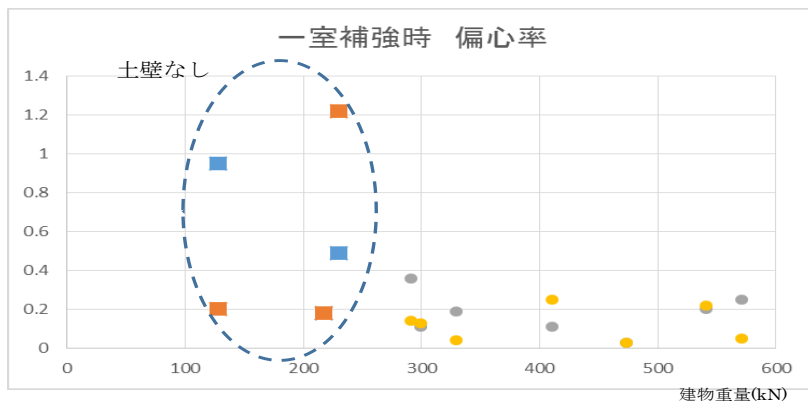
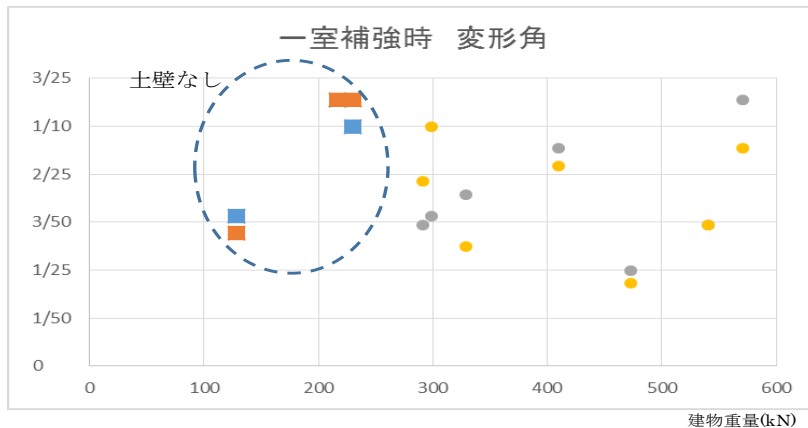
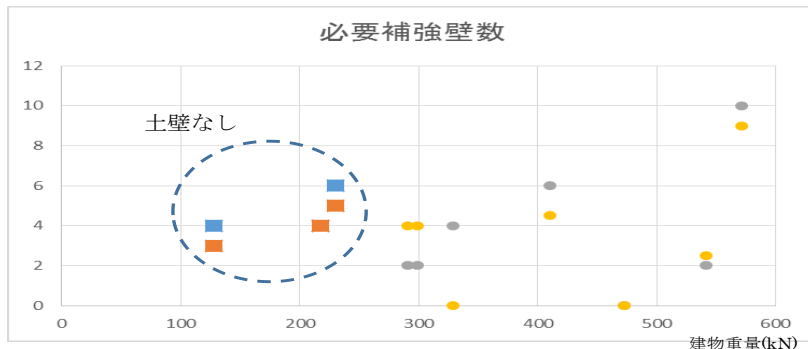
プラン3: 安全限界時の変形角を1/15
以内、偏心率を0.15以内とする補強

(検討結果)

建物番号	基準	プラン1	プラン2	プラン3
1	変形角1/15以内	×	○	○
	偏心率0.15以内	×	× (0.34)	○
2	変形角1/15以内	○	←	←
	偏心率0.15以内	○	←	←
3	変形角1/15以内	×	○	○
	偏心率0.15以内	×	× (0.33)	○
4	変形角1/15以内	×	○	○
	偏心率0.15以内	×	× (1.02)	○
5	変形角1/15以内	×	○	○
	偏心率0.15以内	○	× (0.24)	○
6	変形角1/15以内	○	←	○
	偏心率0.15以内	× (0.95)	←	○
7	変形角1/15以内	×	○	○
	偏心率0.15以内	×	× (0.29)	○
8	変形角1/15以内	○	←	←
	偏心率0.15以内	○	←	←
9	変形角1/15以内	×	○	○
	偏心率0.15以内	×	× (0.36)	○
10	変形角1/15以内	○	←	○
	偏心率0.15以内	× (0.22)	←	○

()内は偏心率

(まとめ)



- ・限界耐力計算を行う場合、土壁や貫等以外の既存の壁は変形限界が $1/20$ 以下となるため、それらの壁の耐力を考慮せずに計算を行うため、土壁のない建物は既存の精密診断の結果に関わらず必要補強量は多くなり、1室補強を行った場合、偏心率が大きくなる傾向にある。
- ・建物規模が大きくなると、1室補強では変形角が $1/10$ を超える傾向にある。
- ・偏心のある一室補強された実大木造家屋の引き倒し実験では、 $1/10$ を超える変形能力を有していることが確認されており、偏心がある場合の検討方法や壁柱で補強した場合のクライテリアの設定が今後の課題として残っている。



27年度は増分解析による検証を行い、1部屋補強の設計法を確立する。