

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等における防災性向上や安全対策に資する技術開発	提案名 間伐材を活用した倒壊防止型 1 部屋耐震補強工法に関する技術開発
1. 技術開発のあらまし (1) 概要 壁柱工法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、これまでの実験などを通して、その性能を検証し、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。 (2) 実施期間 平成 26 年度～平成 27 年度 (3) 技術開発に掛かった経費 技術開発に掛かった経費 (実施期間の合計額) 3,613 千円 補助金の額 (実施期間の合計額) 1,800 千円 (4) 技術開発の構成員 組織の場合： 川瀬 博 (京都大学防災研究所社会防災研究部門都市空間安全制御分野 教授) 三宅英隆 (一般社団法人大阪府木材連合会 専務理事) 2. 評価結果の概要 (1) 技術開発成果の先導性 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。今回は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) 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、耐震補強部材の開発に取り組んでおり、すでに 40 件以上の適用事例も蓄積している。本技術開発では、1 部屋のみを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、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でも適切な配慮をすることで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。	

(3) 実用化・市場化の状況

- ・現在までの実用化・市場化の状況（出荷状況）：49件

大阪府内には、昭和56年以前に建てられた耐震性が不十分な既存不適格住宅が94万戸存在する。中央防災会議によると、上町断層帯地震では死者が42,000人に達するといわれ、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。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、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と思われるが、耐震需要の減少等により達成の状況は厳しいものがある。しかし、日本各地で地震災害が起こっており、地震に対する問題意識が上があれば、耐震需要も向上することから今後も地道な活動を継続していく。

(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。

その結果、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。

(5) 技術開発に関する結果

- ・成功点

(平成26年度)

1部屋耐震補強の設計の考え方を整理するために施工対象物件(10件)について限界耐力計算による検討を行い、下記の結果が得られた。

- ・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。

(平成27年度)

偏心率0.15以内をクリアできなかった5事例について3次元立体フレームモデルを用いた静的増分解析及び独立構面によるねじれ変形を考慮した限界耐力計算により検証した。

- ・SNAPによる静的増分解析

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、偏心の影響により最外縁の変形がどの程度かを検討し、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。

- ・ねじれを考慮した限界耐力計算

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水平限界変形に対応したねじれ変形量に比べ、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の方法では面外構面のねじれ挙動に与える寄与が考慮されていないためであり、本提案手法は安全側の計算となることが確認できた。また5モデルの計10構面に対して適切な補強を施したものとして本提案手法で応答解析した結果、そのうちのいくつかのモデルで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ことが示され、端部の部屋で1部屋補強を実施した場合に偏心率制限を超えた場合には、本提案手法で最大変形構面での変形を把握することにより、その耐震補強の有効性が確認できることが示された。

- ・残された課題
 - ・設計コストの削減、限界耐力計算ができる建築士育成

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

床面積の大きな家屋で、その端部の部屋に対して1部屋耐震補強を行う場合、変形限界のクライテリアを満足させることは困難ではないが、0.15の偏心率制限をクリアすることは困難なケースが多い。しかし、この偏心率制限自体はその定量的根拠が明確ではなく、限界耐力計算では各層1自由度に縮約していることから経験的にこの程度は満足してほしいという側面が強く、ここで示したように現実の構造物のねじれ応答は偏心率が0.15を超えていたとしても決して危惧するようなレベルにはならないと考えられる。これは直交壁が極めて有効に寄与するからである。今後は、我々が本研究で提案した、ある意味過剰に安全側の評価となる「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していきたい。