

# 富山型耐震シェルターの開発と実用化への取り組み

木質構造課 柴 和宏

## 1. はじめに

1981年5月以前の旧耐震基準で建てられた住宅では、大地震に伴う倒壊を防ぐために耐震改修を行うことが最も重要ですが、費用面や施工の容易さからみて、耐震シェルターを住宅内に設置することも有効な選択肢の一つと考えられます。耐震シェルターは、1階の居間や寝室といった滞在時間の長い部屋に設置して安全空間を確保するものであり、大がかりな工事は不要であるため短期間に設置ができ、耐震改修よりも安価に実施することが可能です。本報では、令和6年能登半島地震を踏まえて開発に取り組んだ、県産材を活用した耐震シェルターについて報告します。

## 2. 富山型耐震シェルターの構造

開発した耐震シェルターは4.5畳タイプの縦2480mm×横2600mm×高さ2365mmであり、幅300mm×厚さ105mmの県産スギ平角材を2本合わせて柱（以下、平角柱という）に用いるとともに、土台の角型鋼管とプレストレスにより強固に接合しています（図1）。これは、平角柱に沿ったM18用鋼棒の上端を油圧ジャッキで引張力40kN（4ト）の緊張をかけながらナット固定することで、柱と土台を引きつけ合っ一体化させたものです。施工は容易であり、住宅が倒壊したときを想定される40kN（4ト）の水平荷重にも耐えることができます。また、無垢の平角柱の意匠性を活かしながら、広い開口部を取ることも可能にしています（図2）。

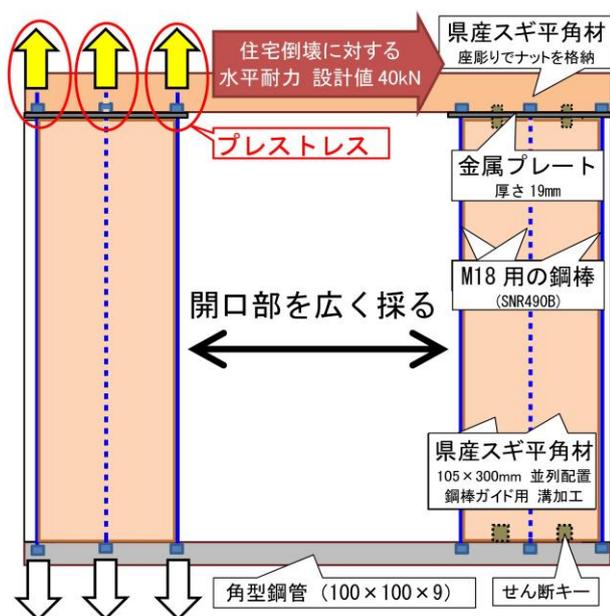


図1 プレストレス技術により水平耐力を確保



図2 富山型耐震シェルターの外観

### 3. 耐震シェルター天井への衝撃载荷実験（おもり落下試験）

耐震シェルターの開発では、住宅の2階が倒壊して1階に設置した耐震シェルターの天井にかかる衝撃荷重への対応も重要になると考えられます。ここでは、屋根瓦や小屋組等の落下に対するシェルター天井の耐衝撃性を確認するために、合計 30kN（3ト）の砂袋 [7.5kN（750kg）のフレコンバッグで4つ] をシェルターの天井より高さ 3m から自由落下させる衝撃载荷実験を行いました。

### 4. 天井構造の改良の経緯と実験の結果

3月28日の公開実験や、その失敗を受けて臨んだ5月の改良実験（スギ梁材の梁せいを増やして実施）では、木材主体の天井構造としていたものの、衝撃荷重を受け止め、かつシェルター内の安全を十分に確保するのは困難でした。そこで7月の公開実験では、角型鋼管（100×100×3.2mm×長さ2.4m）を主体とする天井構造（上段5本、下段4本を交差させた格子梁）としました。この試験体では、おもり落下の衝撃に伴う天井の角型鋼管の変形も軽微に抑えられました（図3左）。上段の鋼管のたわみは最大で矢高40mmであり、また下段の鋼管での最大沈下量は最大で30mmでした。一方、室内側から見た天井のスギ小梁での沈下は最大で10mmであり（図3右）、同様に天井合板への変化もほとんどなく、シェルター内の安全性が十分確保できることを確認できました。



上段の角形鋼管でのたわみは最大40mm  
下段の            "            最大30mm



スギ小梁120×120mmでの沈下は最大10mm

図3 7月30日公開実験後の角型鋼管と室内側スギ小梁の様子

### 5. 既存住宅内への設置試験

9月には、耐震シェルターを住宅の中に問題なく設置できるか、また、耐震シェルターを載せる床組の構造について検証することを目的に、築48年の既存住宅内の8畳の和室にて試験施工を行いました。

既存床の取り外しから、床組の施工、耐震シェルターの組み立て、そして床材の施工までの一連の工事（図4）を約1週間で終えることができました。なお、耐震シェルターの組み立ては、7人で集中的に作業し半日で終えることができました。ただし、

実際の組み立て作業において2人で作業した場合は2日間程度要すると考えられます。

今回は、8畳間に一回り小さい4.5畳タイプを設置したこともあり、足場のための脚立等を置いて作業するためのスペースを十分取ることができ、スムーズに施工することができました。なお、4.5畳タイプを設置するためには、最低でも6畳の大きさの部屋が必要であると考えられました。



既存床の取り外し



鋼製束と大引の設置



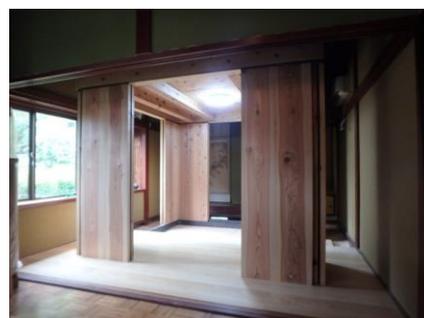
シェルター組立て用床の設置



シェルターの組立て作業



床材の設置作業



施工完了時の様子

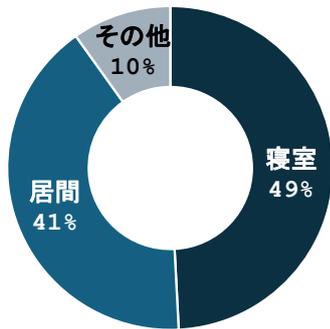
図4 実証実験の様子

## 6. 見学会（オープンハウス）の実施

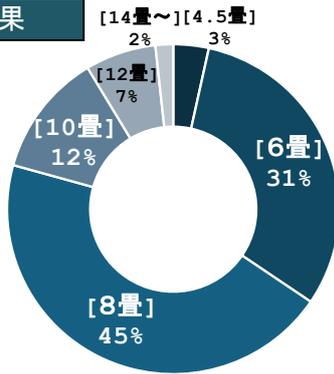
耐震シェルターの設置試験を終えたのち、10月下旬に見学会を行ったところ、7日間で合計138名の県内外の方々に見学いただくとともに、併せて、アンケート調査にもご協力いただきました（図5）。見学中には多くの方から木の香りや木の温もりが感じられて良いとの好意的なご意見をいただきました。一般者からのアンケート結果をみると、設置を想定する部屋は寝室あるいは居間が大半でした。また、その部屋の大きさは6畳と8畳で7割を占めていましたが、10畳以上も2割程度あり、4.5畳よりも大きいタイプの耐震シェルターの開発を希望する意見も多くいただきました。なお、自己負担可能額については100万円までが最も多く63%、100～150万円が21%でした。

一方、民間事業者からの回答をみると、取り扱ってみたいとの回答が7割を超えていました。また、施工費の総額が150万円までであれば施主に勧めたいとの回答が約5割を占めており、そして150～200万円であれば勧めたいとの回答が3割近くありました。今回の実験では、耐震シェルター本体で約120万円、床組工事で約80万円、合計約200万円（税込）の費用を要したことから、引き続き低コスト化に向けた改良をおこないたいと考えています。

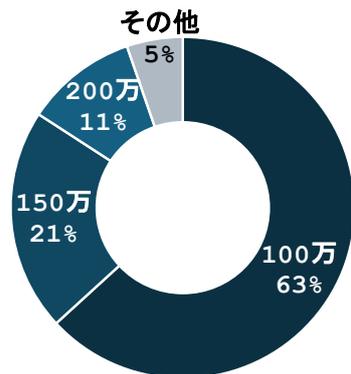
一般者 68 人のアンケート結果



1階のどの部屋に設置しますか？

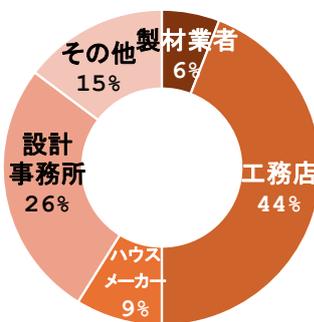


設置する部屋の大きさは？

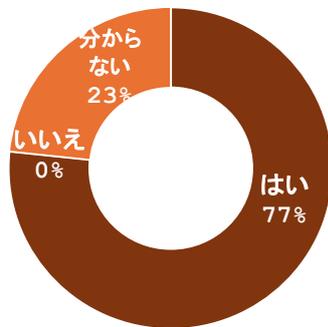


自己負担額(円)がいくらなら設置しますか？

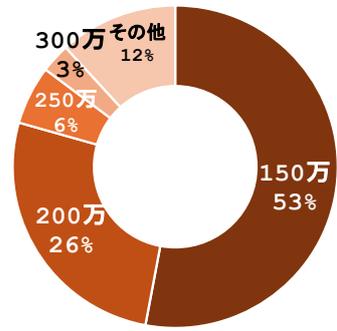
民間事業者 34 人のアンケート結果



所属の業種



施工してみたい、取り扱ってみたいです？



施工費総額がいくらなら施主に勧めますか？

図5 見学会におけるアンケート結果

## 6. 今後の展開

見学会でのアンケート結果を踏まえて、今後改良すべき点や充実させていくべき点が見えてきました。現在、開発したものは 4.5 畳タイプのみですが、今後、耐震シェルターのバリエーションを増やしていくために、まず 6 畳タイプを開発していきたいと考えています。また、本体構成部材の見直しをおこない低コスト化につなげるとともに、天井構造についても専門家を交えながら、耐震シェルターのバージョンアップを図りたいと考えています。

一方、耐震シェルターは人命を守るための構造物ですので、品質確保の観点から、製造（工場）、施工（工務店等）の各段階での技術管理が極めて重要になります。こうしたことから、仕様書や技術マニュアルの策定を早急におこないたいと考えています。

そして商品化に向けて、民間事業者との共同研究により、設置希望者のニーズに合った改良を重ねながら民間事業者への技術移転を行います。

以上のような取り組みにより、耐震シェルターの開発を県主導から民間主導へ移行させながら商品化を確実に進めたいと考えています。