

日経ホームビルダー

9

2014

省エネ

断熱性能が低いと エアコン嫌いに!?

波板で漏水抑制する太陽光パネル

住宅流通

“消滅しない”住宅地

空き家率が13.5%に増加
消費者へ中古の情報提供、全国で

リフォーム

グリーのリフォーム

住宅ストックの新ビジネス
タンクを隠した便器

経営戦略

2025年の住宅着工 なんと62万戸…

地域経済活性化の司令塔が発足へ

技術・法制度

ネジで留める 耐力壁の強度を実験

置き換え工法で最大58%減震

トラブル

外構でアース線を切断

太陽光発電の風対策
2項道路以外でもセットバック?

顧客対応

増築が予算オーバーに

民法改正で高まる“権利意識”
営業に追われる日々



耐震改修に 適したネジは?

特集
危ない軸組

ネジで留める 耐力壁の強度を実験

リフォームで耐震補強を実施するとき、施工性のよさなどから、構造用合板をクギではなくネジで留めるという話を聞く。ただ、ネジで施工する耐力壁の壁倍率は告示に規定がない。ネジで施工する実務者の多くは、告示にあるN50を使う場合と同程度とみなして設計しているのが実情だ。実際のところはどうなのか——。本誌は、耐震補強の実績が豊富な耐震研究会代表理事の保坂貴司さん、本誌コラム「危ない軸組」でおなじみの工学院大学教授の河合直人さんと金井工務店社長の金井義雄さん、ネジメーカーの東日本パワーファスニングなどと共同で、ネジを使った耐力壁の強さを実験で確かめることにした。今号と10月号の2回にわたって、強度や施工性などの観点から、耐力壁に適するネジにはどのようなものがあるのかを検証する。

(荒川尚美)

(写真：ネジはスタジオキャスパー、耐力壁は安川千秋)

試験体はこの9つに決まった

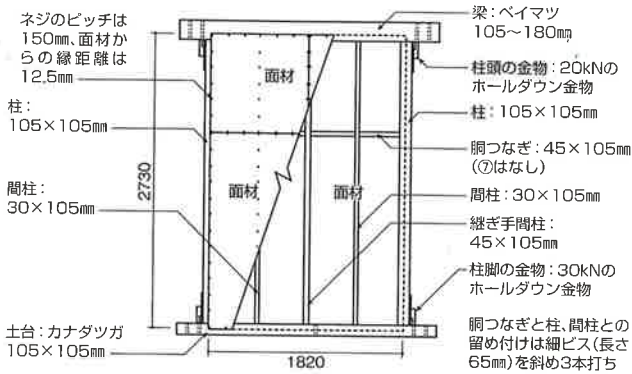
● 試験体で使うネジと部材と密度

| 試験体番号 | 接合具 | 軸材 (柱、間柱、胴つき、まぐさ)※1 | 面材※2 | その他 | 密度 (g/cm ³) | | | | | | | | |
|-------|------------|------------------------|------|------------|-------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|
| | | | | | 柱 (2本) | | 間柱 (2本) | | 胴つき、まぐさ | | 面材 (3枚) | | |
| ① | コンフィット | カナダツガ | 針葉樹系 | 胴つき有り | 0.435 | 0.320 | 0.500 | 0.479 | 0.500 | 0.416 | 0.551 | 0.592 | 0.565 |
| ② | コンフィット | スギ | 針葉樹系 | 胴つき有り | 0.333 | 0.339 | 0.451 | 0.399 | 0.336 | 0.370 | 0.551 | 0.565 | 0.511 |
| ③ | DTSN | カナダツガ | 針葉樹系 | 胴つき有り | 0.308 | 0.447 | 0.486 | 0.500 | 0.437 | 0.638 | 0.498 | 0.638 | 0.551 |
| ④ | DTSN | カナダツガ | ラワン | 胴つき有り | 0.435 | 0.308 | 0.513 | 0.458 | 0.479 | 0.527 | 0.726 | 0.679 | 0.713 |
| ⑤ | コースウッド・フレキ | カナダツガ | 針葉樹系 | 胴つき有り | 0.429 | 0.831 | 0.486 | 0.458 | 0.458 | 0.555 | 0.565 | 0.592 | 0.524 |
| ⑥ | コースウッド・フレキ | カナダツガ | ラワン | 胴つき有り | 0.314 | 0.381 | 0.500 | 0.500 | 0.485 | 0.527 | 0.672 | 0.686 | 0.666 |
| ⑦ | コースウッド・フレキ | カナダツガ | 針葉樹系 | 胴つき無し | 0.393 | 0.351 | 0.541 | 0.458 | 0.458 | 無し | 0.565 | 0.538 | 0.565 |
| ⑧ | コースウッド・フレキ | スギ | 針葉樹系 | 開口部有り、補強無し | 0.405 | 0.405 | 0.381 | 0.378 | 0.484 | 0.360 | 0.565 | 0.561 | 0.551 |
| ⑨ | コースウッド・フレキ | スギ | 針葉樹系 | 開口部有り、補強有り | 0.363 | 0.357 | 0.353 | 0.336 | 0.547 | 0.402 | 0.538 | 0.551 | 0.551 |

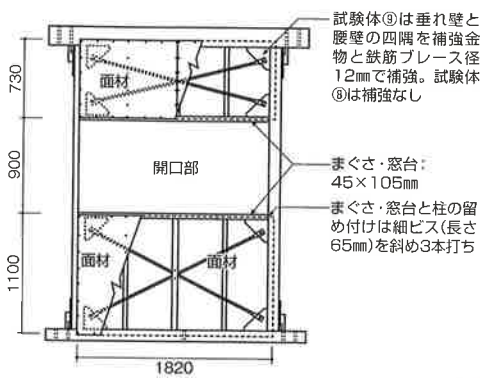
※1 スギはKD材のE70、カナダツガはKD材E120-F330

※2 面材は全て厚さ9mmの構造用特種2級、樹種は①③⑤⑦⑨は外側がラーチ、中央がスギの3層、②は3層ともダグラスファー、④⑥は3層ともラワン

● 試験体①～⑦の姿図



● 試験体⑧⑨の姿図



ネジの耐力壁は初めて。クギの3倍くらい施工に時間が掛かった

関東職業能力開発大学校に運び込まれて実験を待つ9つの試験体



試験体で使う全ての材の重さを量り、密度を算出した。カナダツガの一部にスギに近い密度の材が含まれていた (写真: 左も耐震研究会)



試験体は笹森工務店(埼玉県富士見市)の笹森建夫さん(写真)が製作した。笹森さんは「スギに打ったクギは時間がたつと抜けやすいので、ネジの方がいいかもしれない」と話す

横からジャッキで押し引きする面内せん断試験で求めるのが決まりました。この試験は栃木県小山市の関東職業能力開発大学校に依頼した。

試験体で使う軸材はスギを使うのが一般的だが、木材が乾燥して硬くなっている古い住宅の改修時を想定して、硬い木材を盛り込んだ方がいいと判断した。木造住宅に使われる硬い樹種で思い付いたのはツガだ。

合板は保坂さんと金井さんが普段使用する軟らかい針葉樹系の合板と、硬いラワン合板の両方にした。

実行メンバーから、「組み合わせる材によって、ネジの壊れ方が変わるか知りたい」という意見が出た。そこで、面内せん断試験を補う目的で、軸材と合板をネジで留めて上下にずらす一面せん断試験を東日本パワーファスニングが引き受けた。

面内せん断試験の試験体は、3種類のネジと2種類の合板、2種類の軸材を組み合わせた6つ(上の表の①⑥)と、胴つきを入れない耐力壁(⑦)、開口部付きの耐力壁(⑧)、⑧に補強を施した耐力壁(⑨)の計9つとした。⑦⑧⑨は保坂さんの希望で加えた試験体だ。

⑦は現場でよくある危ない耐力壁の壊れ方、⑧⑨は補強効果を検証する。

面内せん断試験の結果

コンフィットを
2種類の軸材で比較



カナダツガは壁倍率3.43で最強 スギで目立つネジの引き抜け

① 壁倍率 3.43 (軸材はカナダツガ)



ネジのパンチングシア

継ぎ手間柱のネジがパンチングシアを起こして、合板が浮き上がった

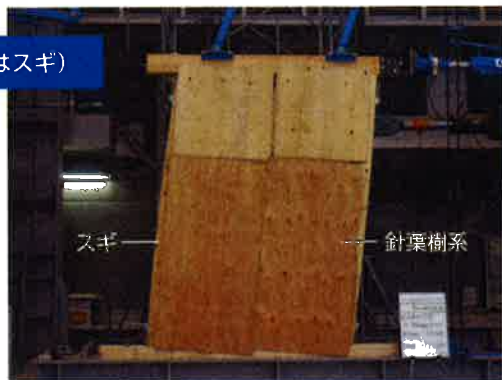


(写真: 左と右下も安川千秋)



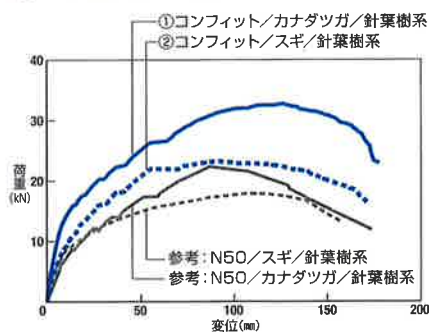
試験終了時。変位量(水平方向に動いた距離)が170mm以上になっても破断したネジは少なかった
(写真: 47ページまで特記以外は関東職業能力開発大学校)

② 壁倍率 2.55 (軸材はスギ)



試験終了時。合板と軸材のずれが①より大きかった

● 荷重変位曲線



N50のグラフについては49ページの表参照

ネジをコンフィット、軸材をカナダツガ、合板を針葉樹系とした①は、壁倍率が全試験体中で最高となり、告示で規定されているN50の壁倍率2.5より高かった。試験終了時は継ぎ手間柱に留め付けていたネジの頭が合板を突き抜ける「パンチングシア」を起こして合板が剥がれた。柱から引き抜けているネジも複数見られた。軸材をスギにした②も、告示で規定されているN50の壁倍率2.5より高かった。試験終了時は継ぎ手間柱でのパンチングシアに加え、柱から引き抜けているネジが多数見られた。



柱から完全に引き抜けていたネジ。外周部で目立った

DTSNを
2種類の合板で比較



針葉樹系の強度はラワンの約7割 どちらも合板の縁切れが発生

③

壁倍率 2.30(合板は針葉樹系)

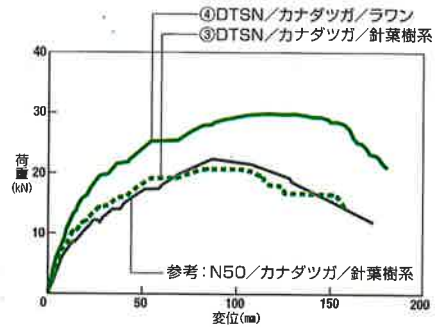


土台に留めたネジの
まわりで多数発生し
た合板の縁切れ



試験終了時。縁切れ
とパンチングシアが多
数発生した

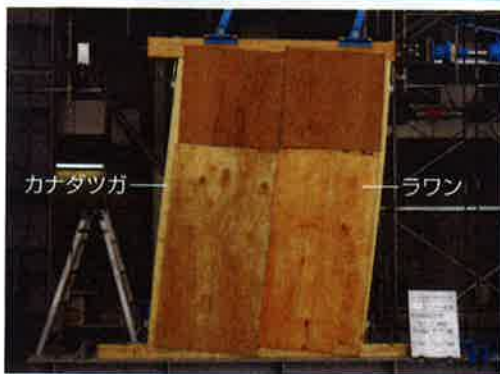
● 荷重変位曲線



ネジをDTSN、軸材をカナダツガ、合板を針葉樹系とした③の強度は、合板をラワンとした④の7割以下で、告示で規定されているN50の壁倍率2.5より低かった。ただ、N50の耐力壁の実験値から求めた壁倍率2.13（上のグラフの黒い実線、49ページの表参照）は超えた。合板のネジがパンチングシアして合板の端が切れる「縁切れ」が、土台に留めたネジの部分で多数発生していた。試験終了時はネジの破断とパンチングシアが多数見られた。④は告示で規定されているN50の壁倍率2.5を大きく超えた。試験終了時は、柱や土台に留めているネジに破断と引き抜けが生じて合板が湾曲し、荷重が下がった。胴つなぎに留めているネジ部分で縁切れも生じた。

④

壁倍率 3.41(合板はラワン)



試験終了時。合板がめくれ上がっている

柱に留めた
ネジの破断
と引き抜け



胴つなぎに
留めた合板
の縁切れ



コースウッド・フレキを
2種類の合板で比較



樹種問わずネジが破断 針葉樹系は強度低下が顕著に

5

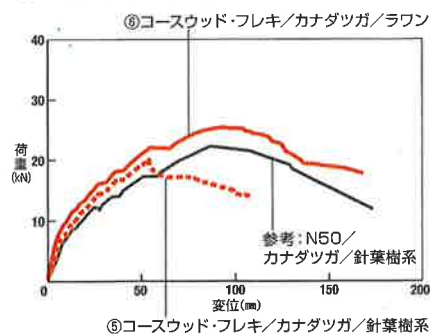
壁倍率 1.85 (合板は針葉樹系)



(写真: 右下も安川千秋)

試験終了時。継ぎ手間柱に留めたネジが破断して合板が浮き上がっている

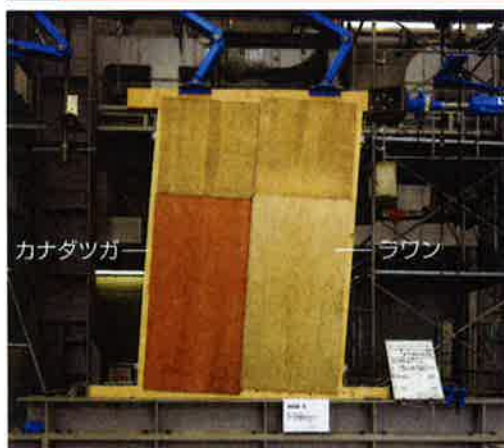
● 荷重変位曲線



ネジをコースウッド・フレキ、軸材をカナダツガ、合板を針葉樹系とした⑥は、告示で規定されているN50の壁倍率2.5や、N50の耐力壁の実験値から求めた壁倍率2.13 (上のグラフの黒い実線、49ページの表参照) より低かった。比較可能な①~⑥の中で最低となった。変位量が約55mmのところ荷重がぐんと下がったのは、継ぎ手間柱に留めたネジが複数破断した影響だと思われる。試験終了時は継ぎ手間柱と胴つなぎから合板が剥かれ、外周部のパンチングシアも見られた。合板をラワンにした⑤は、告示で規定されているN50の壁倍率2.5をギリギリでクリアした。試験終了時も、継ぎ手間柱に留めたネジが多数破断して合板が剥がれていた。

6

壁倍率 2.51 (合板はラワン)



試験終了時。継ぎ手間柱に留めたネジは破断、柱のネジは引き抜け、土台のネジはパンチングシアが生じている



胴つなぎの有無を比較



強度が1割低い胴つなぎ無しは 間柱がせん断破壊

⑦

壁倍率 1.68(胴つなぎ無し)



試験終了時。合板が上下左右に大きくずれた

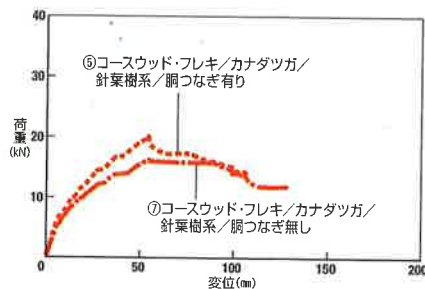


カナダツガ

針葉樹系

せん断破壊が生じてネジが外れた間柱

● 荷重変位曲線



ネジをコースウッド・フレキ、軸材をカナダツガ、合板を針葉樹系とした⑤と、同じ組み合わせで胴つなぎを取り付けなかった⑦を比べた。⑦の壁倍率は⑤より1割低下した。⑤の壁倍率もともと低いので、1割の低下にとどまった可能性がある。⑦は合板が上下左右に大きくずれて試験体の中央に応力が集中し、間柱にせん断破壊が生じた。それによって間柱に留めていたネジも外れて荷重が低下した。柱に留めたネジにパンチングシアと破断が生じた。

⑤

壁倍率 1.85(胴つなぎ有り)



カナダツガ

針葉樹系

胴つなぎ

試験終了時は間柱と胴つなぎが少し離れていたが、間柱に損傷はなかった

曲げやクギの引き抜けに強いカナダツガ

試験体に使ったカナダツガは、カナダの製材規格JPS1-05に基づき「E120-F330」と格付けされたブランド材だ。カナダの西側沿岸に生育する木材は北米産より強度が高いものが多いため、格付け制度でベイツガと区別している。特徴の1つは曲げヤング係数が12.0kN/mm以上と高いこと。4600本以上の実大曲げ試験を行い、日本住宅・木材技術センターの評定を得た。2つ目は高い基準強度で国土交通大臣認定を受けていること。曲げ強度が33.0N/mm、圧縮強度が26.4N/mmなどヒノキ甲種二級に近い。3つ目はクギの保持力が高いこと。カナダツガ・パートナー協会のチャールズ・タナカさんは「引き抜き抵抗試験ではスギの1.87倍だった」と話す。



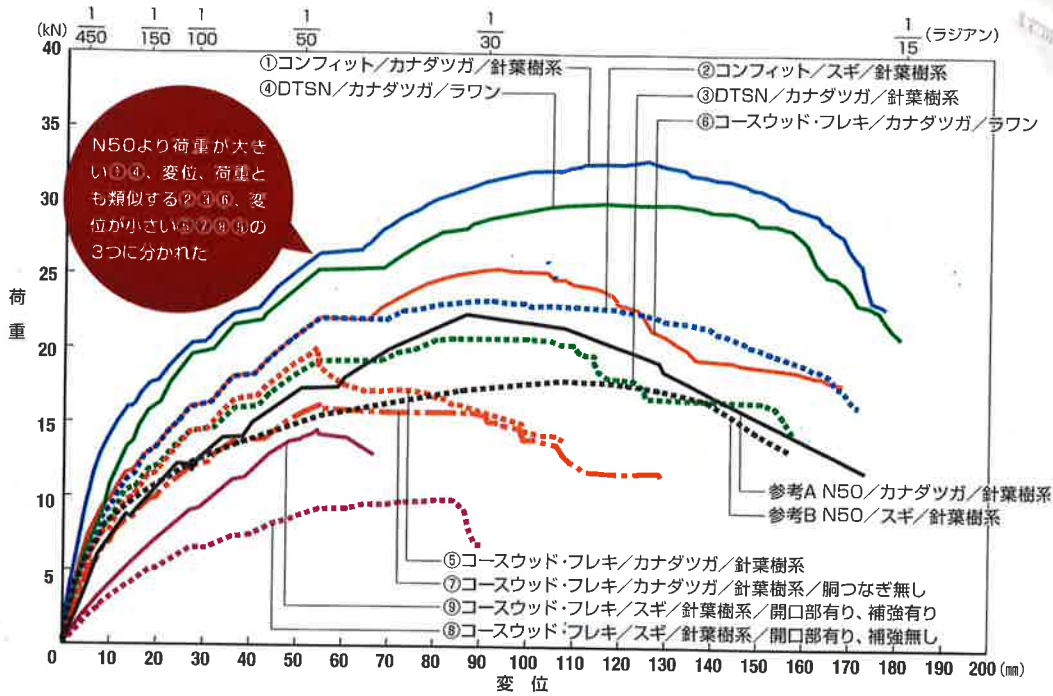
試験体に使ったカナダツガの「E120-F330」の表示。価格はスギのKD材と変わらないという (写真: 本誌)



結果の考察

ネジの違いで大差、N50を超すものも

● 全耐力壁の荷重変位曲線



右は、試験後のネジの状態が破断、パンチングシア、引き抜きのどれに該当するかを、耐震研究会のメンバーが試験体ごとに調べている様子。左は、金井さんが試験体の⑥からネジを取り外している様子。⑥以外は試験体を解体してからネジをまとめて回収して状態を集計した (写真: 51ページまで特記以外は安川千秋)

ネジ留めの耐力壁の壁倍率を、軸材と合板の種類をそろえて並べたのが左ページの表だ。カナダツガと針葉樹系の組み合わせでは、①のコンフィットが3・43、③のDTSNが2・30、⑤のコースウッド・フレキが1・85となった。コンフィットとコースウッド・フレキの差は2倍近い。

クギのN50で留めた耐力壁と比べるとどうか。表の参考Aの2・13が、N50とカナダツガ、針葉樹系の組み合わせでベタリピンングが実施した既存の試験結果だ。壁倍率は今回の試験体と同じ方法で算出した(左ページ表の※3参照)。①と③はN50より高く、⑤は低かった。表の「終局耐力」は耐力壁の粘り強さを示す値だ。こちらも同じ傾向だ。

上のグラフは、試験開始から終了までの荷重と変位(水平方向に動いた距離)の関係だ。変位が大きいほど粘り強く、荷重が大きいほど強い力を発揮している。①(青い実線)と④(緑の実線)はN50(参考A、

カナダツガと針葉樹系の組み合わせで見た接合具別の壁倍率は高い順にコンフィット、DTSN、N50、コースウッド・フレキとなった

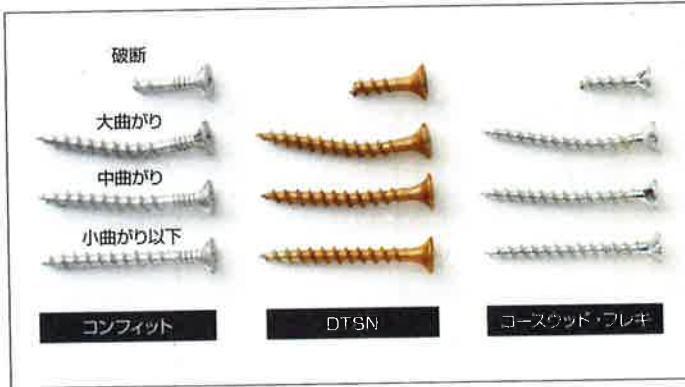
● 9つの試験体とN50の試験データ

| 試験体番号 | 仕様 | | | | 壁倍率※3 | 4要素 | | | | 短期許容せん断耐力※4 | 比較的多く見られた接合具の破壊形状に○印 | | |
|-------|------------|-------|------|------------|-------|-----------|------------------|-----------|---------------|-------------|----------------------|------|----|
| | 接合具 | 軸材 | 面材 | その他 | | 潜伏耐力 (Py) | 終局耐力 (pu・0.2/Ds) | 最大荷重の3分の2 | 120分のラジアン時の耐力 | | パンチングシア | 引き抜け | 破断 |
| ① | コンフィット | カナダツガ | 針葉樹系 | 胴つなぎ有り | 3.43 | 16.33 | 19.77 | 21.94 | 18.91 | 12.25 | ○ | ○ | |
| ③ | DTSN | カナダツガ | 針葉樹系 | 胴つなぎ有り | 2.30 | 10.92 | 11.68 | 13.89 | 11.33 | 8.19 | ○ | | ○ |
| 参考A※1 | N50 | カナダツガ | 針葉樹系 | 胴つなぎ有り | 2.13 | 11.52 | 10.12 | 16.37 | 12.60 | 7.59 | | ○ | |
| ⑤ | コースウッド・フレキ | カナダツガ | 針葉樹系 | 胴つなぎ有り | 1.85 | 8.81 | 9.36 | 13.41 | 12.77 | 6.61 | ○ | | ○ |
| ② | コンフィット | スギ | 針葉樹系 | 胴つなぎ有り | 2.55 | 12.12 | 13.87 | 15.61 | 14.52 | 9.09 | ○ | ○ | |
| 参考B※2 | N50 | スギ | 針葉樹系 | 胴つなぎ有り | 2.15 | 10.25 | 11.84 | 12.60 | 11.58 | 7.88 | | ○ | |
| ④ | DTSN | カナダツガ | ラワン | 胴つなぎ有り | 3.41 | 17.35 | 16.22 | 19.98 | 17.77 | 12.16 | ○ | ○ | ○ |
| ⑥ | コースウッド・フレキ | カナダツガ | ラワン | 胴つなぎ有り | 2.51 | 13.20 | 11.93 | 17.03 | 14.47 | 8.95 | | ○ | ○ |
| ⑦ | コースウッド・フレキ | カナダツガ | 針葉樹系 | 胴つなぎ無し | 1.68 | 8.70 | 7.97 | 10.86 | 10.87 | 5.98 | ○ | | ○ |
| ⑨ | コースウッド・フレキ | スギ | 針葉樹系 | 開口部有り、補強有り | 1.44 | 6.99 | 6.83 | 9.70 | 7.97 | 5.13 | ○ | ○ | |
| ⑧ | コースウッド・フレキ | スギ | 針葉樹系 | 開口部有り、補強無し | 0.76 | 5.39 | 3.60 | 6.59 | 5.77 | 2.70 | ○ | | |

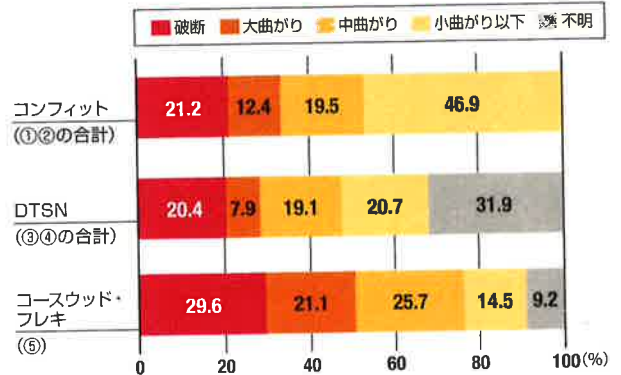
※1 参考Aはカナダ林産業審議会の依頼でベターリビングが実施したもの。4要素の値はばらつき係数を掛けた50%下限値ではなく3体の平均値
 ※2 参考Bは木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版、日本住宅・木材技術センター)に記載された大壁耐力壁。4要素の値はばらつき係数を掛けた50%下限値ではなく3体の平均値
 ※3 壁倍率は4要素のなかから最小値(太字)を抜き出し4分の3を掛けた短期許容せん断耐力を基に算出した。壁倍率は正式には3体以上の試験結果の平均値にばらつき係数を掛けた50%下限値の短期許容せん断耐力を基に算出する。参考Aの正式な値は2.78、参考Bは2.80で、告示に規定されている値より高かった
 ※4 4要素のなかから最小値(太字)を抜き出し4分の3を乗じた値

● 集計したネジの状態

(写真:スタジオキャスパー)



● 試験後のネジの状態別の割合



黒の実線)より大きな力を発揮し、N50並みの粘り強さを持つ。①~⑥の初期の線の角度がN50より急であることも特徴だ。N50より小さな変形で大きな力を発揮できる。「N50以上の壁倍率と粘り強さが得られるネジと得られないネジがあり、ネジをひとくりに扱ってはまずいことがよく分かる結果だ。耐力壁にネジを使うなら、よく見極める必要がある」と工学院大学教授の河合直人さんは話す。

東京都市大学教授の大橋好光さんは「コンフィットとDTSNはN50並みの強度がありそうだが、1体の試験結果では判断できない」と話す。

3割のネジが折れる

クギで留めた耐力壁の壊れ方は、クギの「引き抜け」が多い。これに対してネジの耐力壁の壊れ方の特徴は、ネジの「破断」が多いことだ。上のグラフは金井工務店社長の金井義雄さんが、試験終了後に取り出したネジの状態を集計したもの。「破断」の割合はコースウッド・フレキが約3割、コンフィットとDTSNは約2割だ。コースウッド・フレキを使った⑥の壊れ方も、破断が目立っていた(45ページ参照)。