

在来木造住宅の外張り断熱工法が外壁の耐震性能に及ぼす影響に関する研究  
その3 各構成部材が許容水平耐力に与える影響(後期仕様)

准会員 ○吉田 将宜\*1 正会員 大塚 弘樹\*2  
同 渡辺 貴樹\*2 同 大西 郷\*3  
同 伊東 柁彦\*4 同 飯田 秀年\*5  
同 鶴林 雅代\*5 同 那須 秀行\*6

外張り断熱工法 重ね張り効果 増打ち効果  
面内せん断試験 押さえ効果 壁倍率

1. はじめに

本報では前報【その2】に引き続き、後期仕様⑤～⑨の試験結果を基に比較考察を行う。

2. 試験結果

試験結果の一覧を表1に、試験体の荷重-変形角グラフを図1に示す。短期許容せん断耐力 Pa の決定要因は仕様⑤～⑨の全てで降伏耐力 Py となった。

3. 損傷状態

建築基準法上で大地震相当とする 1/120rad. 以下では壁への損傷はほとんど見られず、増打ちしたビスが傾いた程度であった。各試験体の最終破壊に至るまでに生じた主な損傷を図2に示す。

仕様⑤：1/50rad. 時に合板上端の隅角部や下端の取り合い部に割れが生じた。最終破壊サイクルの 1/15rad. 到達前に釘のパンチングアウトや合板の面外変形がみられた。

仕様⑥：1/75rad. で間柱と梁の接合部に開きが生じた。最終破壊サイクル 1/15rad. 到達時には断熱材ビスが傾き、間柱・太間柱の抜けが生じた。

仕様⑦：1/50rad. で補助棧の割れや間柱・太間柱の抜けが生じた。最終破壊サイクル到達時に断熱材が傾いた。

仕様⑧：最終破壊サイクルの 1/15rad. 到達前に補助棧、縦胴縁の割れや断熱材のズレが生じた。

各試験体の損傷を比較すると、ビスを増打ちした試験体では合板の損傷が早期に現れるが、壁の最大耐力は向上した。通常、間柱に施工したビス等は耐力負担をしないと考えられる。しかし、当実験では合板の変形量に対し間柱・太間柱の変形は小さく、合板と間柱に変位差が生じた。これは、増打ちしたビスが変形に対し抵抗したことを示しており、間柱・太間柱に増打ちしたビスは耐力の向上にも寄与していると考えられる。

表1 試験結果の一覧

項目	単位	仕様⑤	仕様⑥	仕様⑦	仕様⑧	仕様⑨
Pmax	kN	18.58	21.87	26.36	30.26	29.66
Py	kN	10.42	12.43	14.50	18.22	17.49
2/3Pmax	kN	12.38	14.58	17.57	20.17	19.77
P <sub>120rad.</sub>	kN	13.93	16.48	18.73	20.07	21.72
Pu × (0.2/Ds)	kN	12.15	15.10	19.43	18.59	22.42
Pu	kN	16.11	19.63	23.32	27.66	36.90
μ (塑性率)		7.62	7.64	8.86	6.15	9.17
Ds (構造特性係数)		0.27	0.26	0.24	0.30	0.24
Pa (短期許容せん断耐力)	kN	10.42	12.43	14.50	18.22	17.49
相当壁倍率	倍	2.94	3.48	4.06	5.11	4.90

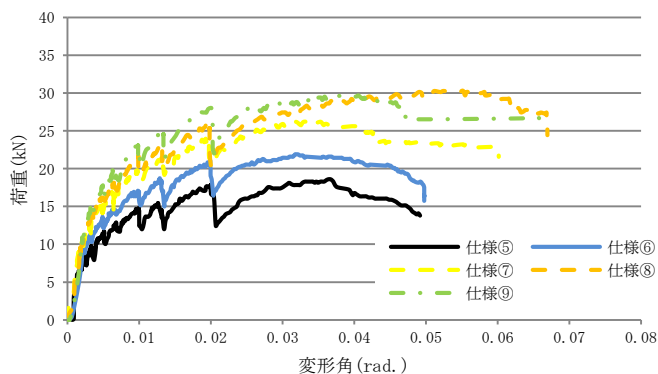


図1 試験体の比較(荷重-変形角グラフ)



図2 損傷個所の一例

#### 4. 考察

##### 4.1 断熱材用ビスによる合板への増打ち効果

断熱材用ビスの有無による比較(仕様⑤と仕様⑥の比較)では、断熱材用ビスを増打ちした仕様⑥が最大耐力・Pa・壁倍率など全ての項目で上回った。短期許容せん断耐力 Pa で比較すると、仕様⑤と仕様⑥の差が 2.01kN であった。よって断熱材用ビスによる増打ち効果は 20%ほどであると考えられる。

##### 4.2 断熱材による合板への押さえ効果

20mm の断熱材の有無による比較(仕様⑥と仕様⑦の比較)では Pa の差が 2.07kN であることから、20mm の断熱材による押さえ効果は 20%ほどであると考えられる。また、66mm の断熱材の有無による比較(仕様⑥と仕様⑧の比較)では Pa の差が 5.79kN であることから、66mm の断熱材による押さえ効果は 60%ほどであると考えられる。断熱材用ビスのみを増打ちした仕様⑥の実験では合板の面外変形が見られたが、仕様⑦・⑧の実験では合板の面外変形が見られなかった(図 3, 4)。以上より断熱材が合板の面外変形を抑制したことで、耐力が上昇したと考えられる。仕様⑦と仕様⑧の比較(断熱材の厚さ 20mm→66mm)では、1/20rad.以降、耐力の開きが大きく見られた(表 2)。仕様⑧は、断熱材と同様に補助棧も厚くなったことで、大変形角時の面外変形をより抑制できたと考えられる。よって、断熱材だけでなく補助棧の厚さも耐力上昇に影響すると考えられ、断熱材の厚さが増加するほど、大変形角時の耐力保持に有利と言える。しかし、断熱材の曲げ強度は断面二次モーメントに依存するのに対し、押さえ効果はそれほど高くなく、断熱材の単純な厚さの比に近い値となった。

##### 4.3 外装材用ビスによる合板への増打ち効果

仕様⑨では破壊前に間柱脚部の抜けが生じた。材料による効果を明確にするため、間柱抜けによる耐力低下が起こる前の+1/50rad.1 回目の荷重にて比較を行う。外装用ビスの有無による荷重差(仕様⑧と仕様⑨の比較)は 2.54kN であり、耐力が上昇した。Pa でも同程度の上昇があるとすると、1.82k の耐力上昇が見込めると考えられ、外装材用ビスの増打ち効果は 20%ほどであると考えられる。

##### 4.4 外装材による合板への押さえ効果

前報の仕様では各試験体に間柱欠きがあったが、後期の実験では間柱欠きが無かった。本考察では間柱欠きによる耐力への影響が定量的なものであるとし、間柱欠きによる Pa の上昇を 1.92kN として考察を行う。また、前報の仕様③の実験時において最終破壊直前にジャッキに過負荷がかかったことで実験を中止していることから Py にて比較を行う。間柱欠きによる耐力への影響を加味すると Py の段階での仕様③と仕様⑨の Pa に耐力の差はなく、外装材による押さえ効果は十分に発揮してはいないと考

えられる。これは外装材の縦胴縁への接触面積が外装材の全体面積に対して 12.2%しかないため、押さえ効果があまり発揮されていないと考えられる。

#### 5. まとめ

各構成部材の効果による耐力の上昇は、

- ① 断熱材用ビスの増打ち効果:約 20%
  - ② t20mm の断熱材による押さえ効果:約 20%
  - ③ t66mm の断熱材による押さえ効果:約 60%
  - ④外装材用ビスの増打ち効果:約 20%
- であった。



図 3 仕様⑥ 面外変形あり



図 4 仕様⑦ 面外変形なし

表 2 各変形角時の試験体の耐力

変形角[rad.]	1/120	1/100	1/75	1/50	1/40	1/35	1/25	1/20
仕様⑥[kN]	16.48	16.93	18.43	20.52	20.52	21.12	20.97	17.07
仕様⑦[kN]	18.73	19.47	21.42	23.52	24.71	25.61	25.61	23.06
仕様⑧[kN]	20.07	21.27	22.92	25.32	25.77	26.81	28.76	29.88
耐力上昇[kN]								
仕様⑥→仕様⑦	2.25	2.54	2.99	3.00	4.19	4.49	4.64	5.99
耐力上昇[kN]								
仕様⑦→仕様⑧	1.34	1.80	1.50	1.80	1.06	1.20	3.15	6.82

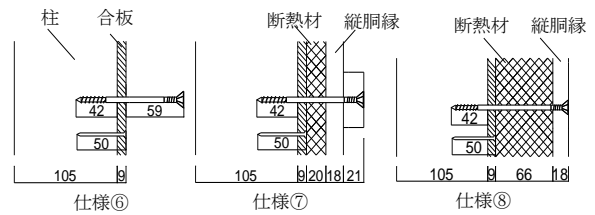


図 5 断熱材による押さえ効果検証用の試験体

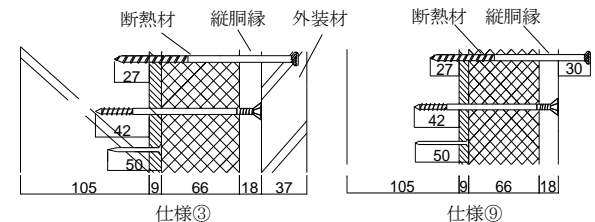


図 6 外装材ビスの増打ち効果検証用の試験体

#### 参考文献

- [1] 杉山英男: 木質構造 第4版 共立出版株式会社, 2008
- [2] 一般財団法人 日本規格協会: JIS A 1414-2 建築用パネルの性能試験方法 第2部:力学特性に関する試験, 一般財団法人建材試験センター, 2010
- [3] 日本住宅・木材技術センター: 木造軸組工法住宅の許容応力度設計 2008 年度版, 日本住宅・木材技術センター, pp. 565-568, 200
- [4] 中澤啓介、吉田裕哉: 在来木造住宅の外断熱工法が耐震性能に及ぼす影響, 日本工業大学 工学部 建築学科 卒業論文
- [5] 長山裕次郎: 在来木造住宅の外張り断熱工法が耐震性能に及ぼす影響—各材料が水平耐力の上昇に寄与する割合— 日本工業大学 工学部 建築学科 卒業論文

#### 謝辞

本研究は、2014、2015 年度日本工業大学卒業論文の一環として実施したものであり、試験にあたり同研究室の中澤啓介氏、吉田裕哉氏、長山裕次郎氏には多大な協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

- \*1 日本工業大学 工学部 建築学科
- \*2 旭化成建材 修士(工学)
- \*3 日本工業大学大学院 建築デザイン学専攻 博士課程 修士(工学)
- \*4 さくら構造 修士(工学)
- \*5 えびす建築研究所
- \*6 日本工業大学 工学部 教授・博士(工学)

- \*1 Undergraduate Student, Nippon Institute of Technology.
- \*2 Asahi Kasei Construction Materials Corporation, M. Eng.
- \*3 Graduate Student, Nippon Institute of Technology, M. Eng.
- \*4 Sakura Kozo Corporation, M. Eng.
- \*5 Ebisu Building Laboratory
- \*6 Prof., Nippon Institute of Technology, Dr. Eng.