

非住宅・中大規模木造用の高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討
その9・靱性のある高耐力壁仕様に関する実験的研究(厚物面材、釘)

正会員 ○中村 亮太*1 飯田 秀年*1 花井 勉*2
正会員 大橋 好光*3

中大規模木造建築 構造用合板 MDF
釘の一面せん断試験 耐力壁試験 軸組構法

1. はじめに

これまで非住宅木造建物向けの高耐力壁について金物試験や耐力壁試験、弾塑性解析等を行い仕様の検討を行った。その7の報告では、靱性のある耐力壁仕様となる面材や釘の組合せは、釘の一面せん断試験を行うことで概ね推測できることが確認された。また高耐力壁を実現する面材は、耐力を保持できる性能(厚さ)が必要であることが分かった。

本報告では、面材に木質ボード(MDF,パーティクルボード)を用いた仕様や、土台側受け材の割裂を防止する改良仕様での耐力壁仕様の性能を確認する。

2. 釘の一面せん断試験

2.1 試験体

試験概要及び試験体仕様を図.1及び表.1に示す。主材は120角の集成材(同一等級構成集成材、樹種ヒノキ)とした。各仕様とも6体実施した。

また、接合金具(釘)は市場品のCNZ65(頭径7.14mm、長さ65mm)、CNZ75(頭径7.92mm、長さ75mm)のほかに、表.2に示すような釘頭の大きい釘を試作したのも同様に試験を行った。

試作した釘は釘頭を大きくし、釘長さを短くすることでよりパンチングアウトや釘の破断の防止を期待したものである。釘頭の大きさは、一般に普及している釘打ち機で施工できる釘頭の大きさ(頭径8.8mm未満)と、それ以上の釘頭の大きさ(頭径8.8mm以上)のものも用意した。試作した釘はいずれも、JISに規定される釘頭の中央値に比べ、釘頭の面積比で10~32%、周長比で5~15%程度大きい仕様となっている。

表.1 試験体仕様

No.	側材(面材)	接合金具(釘)
Sa-1	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ65
Sa-2	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75
Sb-1	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ65型 頭径8.1
Sb-2	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型 頭径8.3
Sd-1	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型 長さ65
Sc-1	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型 頭径9.1
Sa-3	MDF 18mm厚	CNZ65
Sa-4	MDF 18mm厚	CNZ75
Sb-3	MDF 18mm厚	CNZ65型 頭径8.1
Sb-4	MDF 18mm厚	CNZ75型 頭径8.3
Sd-2	MDF 18mm厚	CNZ75型 長さ65
Sc-2	MDF 18mm厚	CNZ75型 頭径9.1
Sa-5	パーティクルボード 18mm厚	CNZ65
Sa-6	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75
Sb-5	パーティクルボード 18mm厚	CNZ65型 頭径8.1
Sb-6	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型 頭径8.3
Sd-3	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型 長さ65
Sc-3	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型 頭径9.1

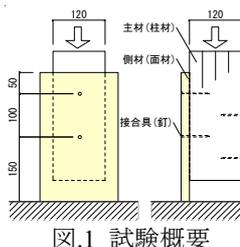


図.1 試験概要

表.2 JIS釘と試作釘の比較

JIS釘 (±10%)	本事業の目標														
	側部径による釘の製造可能範囲					現行釘打ち機の適用範囲									
	-10%	中央値	+10%	側部径	頭部厚さ	-5%	+5%	製造可能釘頭径	1釘頭径/側部径	釘頭径/側部径	-5%	+5%	釘打ち可能釘頭径		
CNZ65	6.43	7.14	7.85	3.33	1.5	7.7	8.1	8.5	8.5	2.55	-	7.9	8.3	8.7	8.8
						面積比	1.43	1.29	1.17		面積比	1.51	1.35	1.23	製造可能な範囲を超過
						周長比	1.20	1.13	1.08		周長比	1.23	1.16	1.11	製造可能な範囲を超過
CNZ75	7.13	7.92	8.71	3.76	1.7	8.6	9.1	9.6	9.6	2.55	7.9	8.3	8.7	8.8	
						面積比	1.47	1.32	1.20		面積比	1.22	1.10	1.00	
						周長比	1.21	1.15	1.10		周長比	1.11	1.05	1.00	
試作① CNZ65型釘 頭8.1															
試作② CNZ75型釘 頭8.3															
試作③ CNZ75型釘 頭9.1															
⑤ CNZ7	7.13	7.92	8.71	3.76	1.7										

黄色:普及している釘打ち機で施工可能
緑色:普及している釘打ち機では施工困難

2.2 試験結果

引張圧縮万能試験機により、主材を押すことで一方向加力を行った。荷重変形関係の例を図.2に示す。引抜け破壊性状の仕様は最大荷重に達した後、荷重を保持しながら変形が進む傾向にある。各試験体の破壊性状(引抜け破壊の割合)を表.3に示す。

3種類の面材共にほぼ引抜け破壊性状を示したが、構造用合板18mmではCNZ75、CNZ75(頭径8.3mm、9.1mm)で、MDF18mmではCNZ75、CNZ75(頭径8.3mm、9.1mm、長さ65mm)で、パーティクルボード18mmではCNZ75(頭径8.3mm、9.1mm)でパンチングアウトするものがあった。

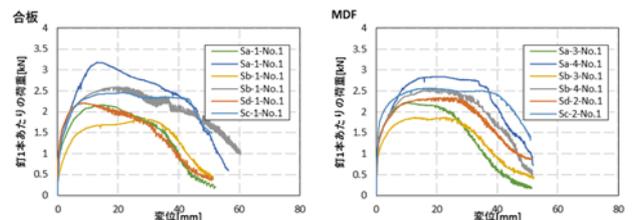


図.2 荷重変形関係の例

表.3 破壊性状の割合

釘の種類	側部径(mm)	釘頭径(mm)	18mm		
			合板	MDF	パーティクルボード
CNZ65	3.33	7.14	Sa-1 △	Sa-3 ○	Sa-5 ○
			22/24=92%	24/24=100%	24/24=100%
CNZ75	3.76	7.92	Sa-2 △	Sa-4 △	Sa-6 ○
			17/24=70%	15/24=63%	24/24=100%
CNZ65型 頭径8.1	3.33	8.10	Sb-1 ○	Sb-3 ○	Sb-5 ○
			24/24=100%	24/24=100%	24/24=100%
CNZ75型 頭径8.3	3.76	8.30	Sb-2 △	Sb-4 △	Sb-6 △
			21/24=88%	17/24=70%	23/24=96%
CNZ75型 長さ65	3.76	7.92	Sd-1 ○	Sd-2 △	Sd-3 ○
			24/24=100%	17/24=70%	24/24=100%
CNZ75型 頭径9.1	3.76	9.10	Sc-1 △	Sc-2 △	Sc-3 △
			17/24=71%	21/24=88%	22/24=92%

○:6体(釘24本)すべてで引抜け破壊した
△:6体(釘24本)1本以上パンチングアウトした。釘の引抜け割合を示す

3. 耐力壁試験

3.1 試験体

各面材共、引抜ける釘仕様を組合せた耐力壁試験体を表.4 に示す。試験の概要図はその 7 を参照されたい。その 7 で報告したように、耐力壁が高耐力になると受け材にビスに沿った割裂が生じることが確認されたため（その 7 No.29 試験体等）、受け材の留付けをビス 1 列打ちから千鳥打ちに変更した。

プレ試験は No.30,32,33,34 とした。No.30 は 18mm 厚合板と CNZ75 の組合せで、No.29 の土台側受け材の留付け方法を変更したものである。No.32 は 18mm 厚 MDF と CNZ65、No.33 はパーティクルボードと CNZ65 を組合せた仕様となっている。No.34 は No.32 の釘の間隔を小さくしたものである。

No.35,36 は、MDF と CNZ75 及び CNZ75(長さ 65mm に切断したもの)の組合せとした。また、縦長の耐力壁の場合、面材の留付け釘については縦方向の釘が効く傾向にあり、横方向の釘は土台側受け材や胴つなぎ材の破壊に影響すると考えられるため、縦方向に比べ釘の間隔を大きくした。No.30,36 は各 3 体、その他の仕様は 1 体ずつ実施した。

表.4 試験体仕様

No.	面材	接合具
30	合板カラマツ18mm両面	CNZ75@100×2列千鳥
32	MDF18mm両面	CNZ65@100×2列千鳥
33	パーティクルボード18mm両面	CNZ65@100×2列千鳥
34	MDF18mm両面	CNZ65@75 ×2列千鳥
35	MDF18mm両面	材:CNZ75@150×2列千鳥 コ:CNZ75@150×1列
36	MDF18mm両面	CNZ75(L=65)@150×2列千鳥 コ:CNZ75(L=65)@150×1列

MDF、パーティクルボード：密度0.70程度
合板カラマツ：全層カラマツ、特類2級

3.2 包絡線、破壊性状

包絡線を図 3 に示す。No.30 は主に釘頭のめり込みが生じ、1/30rad からはパンチングアウトや釘の破断も見られたが靱性のある荷重変形曲線となった。No.32,33 は主に釘の破断が見られた。No.35 はパンチングアウトが見られたが靱性のある結果となった。No.36 は主に釘の引抜けが生じ靱性のある結果となり、釘を短くしたことで引抜けやすくなることが確認された。いずれも土台側受け材で破壊は生じず、受け材留付け方法の改良は有効であることが確認された。目標である相当壁倍率 20 倍はほぼすべての仕様で満足した。

3.3 構造特性

構造特性値（真のせん断変形角評価）を表.6 に示す。

主に釘の破断が生じた No.33,34 の短期基準せん断耐力は $0.2Pu\sqrt{2}\mu^{-1}$ で決定した。その他の試験体では P_y や $P_{1/150}$ で決定された。

4. まとめ

一面せん断試験で釘の引き抜け率 100%の面材と釘の組

合せ仕様の No.32 及び No.33 は、1/30rad を超えたあたりで釘の破断が生じて脆性的な破壊性状となっているが、そこに至るまでには釘の引き抜けが確認されている。MDF やパーティクルボードの 18mm に対して CNZ65 を用いた場合、釘の材料強度や胴径のばらつきが釘破断の有無に関係している可能性が考えられる。

一方、一面せん断試験で釘の引き抜け率が 63~70%の面材と釘の組合せ仕様の No.30、No.35、No.36 は一部の釘でパンチングアウトが確認されたが、いずれの試験体も靱性に富んだ結果となった。特に CNZ75（長さ 65mm）の No.36 の破壊性状は目標としていた釘の引き抜けとなっている。厚物面材ではパンチングアウトするまでに層間変形角を稼ぐことができ、靱性のある荷重変形関係になったと考えられる。

【まとめ】

厚さ 18mm の厚物面材（構造用合板、MDF、パーティクルボード）と釘仕様の組合せをパラメータとした釘の一面せん断試験の結果に基づき、靱性に富んだ耐力壁の面材と釘仕様の組合せの試験体仕様を設定し、目標とした耐力と靱性を概ね満足することを耐力壁面内せん断試験により確認することができた。ただし、耐力壁試験の一部で釘の破断が確認されており、これに関しては一面せん断試験で用いた釘がバラ釘であったのに対し耐力壁試験の釘は連結釘であったことも影響していると考えている（僅かに釘各部の寸法に違いがある）。破壊性状の推測の精度の向上は今後の課題である。

なお、厚物の MDF やパーティクルボード、釘頭の大きい釘などを用い各種試験を行って概ね良好な結果を得たが、厚物面材としての構造用規格や釘頭の大きい釘の規格は現時点で整備されていない。今後、高耐力の耐力壁仕様を一般化するためには各種規格の整備が望まれる。

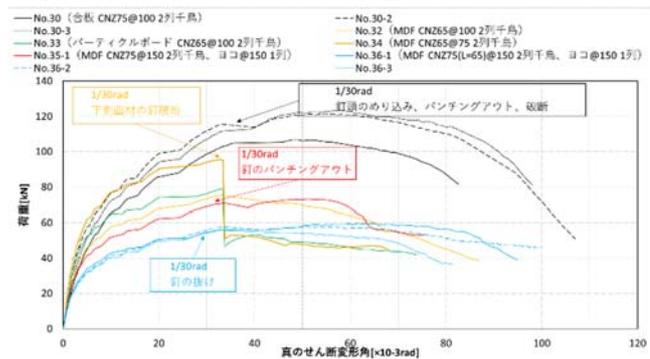


図.3 荷重変形関係

なお、本事業は、「林野庁の令和 3 年度 木材製品の消費拡大対策事業」のうち、「CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業」として一般社団法人 木を活かす建築推進協議会が実施したものである。

参考文献

- 1) 大橋好光 他：非住宅・中大規模木造用の高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討(その 1~8)、日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1、2020.9、pp327-334

- *1 えびす建築研究所
- *2 えびす建築研究所、博士(工学)
- *3 東京都市大学名誉教授・工博

- *1 Ebisu Building Laboratory Co.
- *2 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr.Eng.
- *3 Prof. Emeritus, Tokyo City Univ.,Dr.Eng.