

## 第 5 章 要素試験

## 5. 要素試験

### 5.1 釘頭貫通力試験（釘頭のめり込み貫通試験）

#### 5.1.1 試験計画

##### (1) 試験体仕様

表 5-1 に示す面材、釘の組み合わせについて釘頭貫通力試験（釘頭のめり込み貫通試験）を行った。面材は構造用合板 18mm 厚（全層カラマツ、全層ヒノキ）、24mm 厚（全層スギ）、MDF 18mm 厚、パーティクルボード 18mm 厚（密度 0.7 相当）とし、釘は JIS で規格される CNZ65, 75 のほかに昨年度開発した釘頭が大きい仕様の釘、C マーク金物用の釘 ZN80 を対象とした。

表 5-1 試験体仕様

No.	面材	接合具（釘）	頭部径 (mm)
1	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ65	7.14
2	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75	7.92
3	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10
4	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30
5	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10
6	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	ZN80	11.13
7	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ65	7.14
8	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75	7.92
9	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10
10	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30
11	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10
12	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	ZN80	11.13
13	構造用合板 全層スギ24mm厚	CNZ75	7.92
14	構造用合板 全層スギ24mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30
15	構造用合板 全層スギ24mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10
16	構造用合板 全層スギ24mm厚	ZN80	11.13
17	MDF 18mm厚	CNZ65	7.14
18	MDF 18mm厚	CNZ75	7.92
19	MDF 18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10
20	MDF 18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30
21	MDF 18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10
22	MDF 18mm厚	ZN80	11.13
23	パーティクルボード 18mm厚	CNZ65	7.14
24	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75	7.92
25	パーティクルボード 18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10
26	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30
27	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10
28	パーティクルボード 18mm厚	ZN80	11.13

## (2) 試験方法

試験方法は基本的に ASTM D1037 に準拠し行った。面材は 150mm×150mm の小片とし、中央に釘を打ち付けた（釘頭までめり込むように）。昨年度実施したとき、試験方法は図 5-1 左に示すように反力治具を  $\phi 76$ mm のプレートとしたが、面材の面外曲げ変形成分も含む試験結果となったため、右のスリット幅 17mm の反力治具での試験とした。

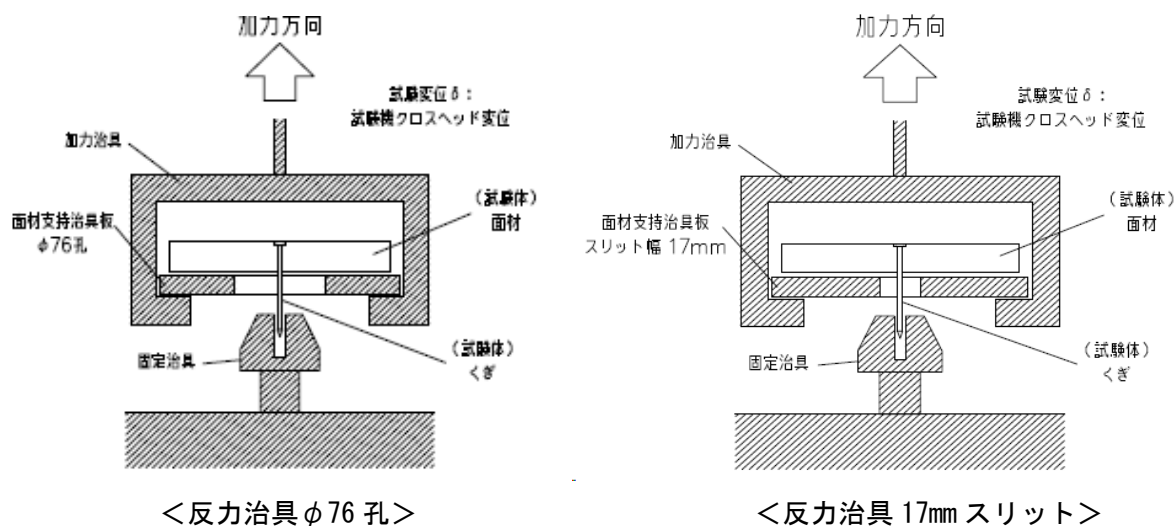


図 5-1 試験概要図

## (3) 評価方法

試験により求めた荷重-変位曲線の包絡線より次の手順に従い各特性値を求めた。

- ①包絡線上の  $0.1P_{max}$  と  $0.4P_{max}$  を結ぶ直線（第Ⅰ直線）を引き、これを剛性直線とする。
- ②第Ⅰ直線と変位の最大値で荷重軸（縦軸）に平行な直線（第Ⅱ直線）と変位軸（横軸）に平行な直線（第Ⅲ直線）と横軸によって囲まれる面積が、荷重変位曲線と横軸と第Ⅱ直線で囲まれる面積と等しくなるように第Ⅲ直線の位置を定める。
- ③第Ⅲ直線を終局耐力直線とし、縦軸との交点における荷重値を[終局荷重]とする。
- ④[終局荷重]の値を、くぎ頭部の支圧面積で除した値をめり込みの試験時終局強度  $P_u$  とする。
- ⑤第Ⅰ直線の傾きを試験剛性  $K$  と定める。

## 5.1.2 試験結果

### (1) 試験結果概要

試験結果概要、完全弾塑性モデルを表 5-2、図 5-2 に示す。最大荷重は、釘頭や面材密度の大きさに依存し高くなることが確認された。

表 5-2 試験結果概要

No.	面材	接合具(釘)	頭部径 (mm)	頭部径 (mm)	面材密度の 平均値(g/cm <sup>3</sup> )	最大荷重時(平均値)		終局耐力 Pu0(kN)	終局変位 $\delta_{Pu0}$ (mm)	剛性 K(kN/mm)	終局強度 Pu(N/mm <sup>2</sup> )	降伏変位 $\delta_v$ (mm)
						Pmax(kN)	$\delta_{Pmax}$ (mm)					
1	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ65	7.14	7.14	0.64	3.12	7.28	2.63	10.02	2.03	83.89	1.87
2	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.64	3.38	6.53	2.85	9.90	2.41	74.72	1.98
3	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10	8.10	0.64	3.75	6.89	3.18	10.27	1.56	74.35	2.46
4	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.64	3.52	7	2.95	9.86	1.51	68.69	2.33
5	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.64	4.07	8.27	3.34	10.27	1.62	61.87	2.91
6	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.64	4.83	7.69	4.22	10.60	2.89	55.89	1.92
7	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ65	7.14	7.14	0.55	2.88	6.09	2.50	10.06	2.90	79.82	0.93
8	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.55	3.30	5.97	2.80	11.04	2.76	73.29	1.42
9	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10	8.10	0.56	3.89	8.81	3.21	11.30	1.48	75.07	2.46
10	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.56	3.47	8.17	2.84	11.26	1.56	66.07	2.44
11	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.56	4.14	8.33	3.40	10.86	1.79	63.03	2.45
12	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.55	5.18	8.17	4.46	11.51	2.84	59	1.82
13	構造用合板 全層スギ24mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.42	1.96	7.28	1.64	11.50	1.54	42.93	1.59
14	構造用合板 全層スギ24mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.42	2.03	7.17	1.80	12.84	0.78	41.93	2.9
15	構造用合板 全層スギ24mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.42	2.46	8.82	1.99	11.92	0.87	36.91	2.47
16	構造用合板 全層スギ24mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.42	3.04	8.52	2.48	12.21	1.70	32.79	1.65
17	MDF 18mm厚	CNZ65	7.14	7.14	0.72	2.68	2.61	2.36	5.66	2.85	75.41	0.92
18	MDF 18mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.72	3.09	2.87	2.74	5.16	2.83	71.83	1.05
19	MDF 18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10	8.10	0.72	3.14	3.55	2.79	7.74	2.10	65.15	1.38
20	MDF 18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.72	3.17	3.25	2.76	6.47	2.10	64.19	1.44
21	MDF 18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.72	3.46	3.73	3.03	7.37	2.04	56.1	1.6
22	MDF 18mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.72	4.56	4.22	3.97	7.66	2.57	52.57	1.72
23	パーティクルボード 18mm厚	CNZ65	7.14	7.14	0.72	2.80	4.53	2.48	7.60	2.43	79.19	1.18
24	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.72	3.19	4.87	2.78	7.64	2.67	72.89	1.31
25	パーティクルボード 18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10	8.10	0.72	3.25	6.14	2.75	8.25	1.69	64.19	1.93
26	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.72	3.07	5.45	2.68	8.59	1.69	62.34	1.74
27	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.72	3.52	5.58	3.06	8.40	1.58	56.8	2.17
28	パーティクルボード 18mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.72	4.10	6	3.65	9.01	1.87	48.26	2.24

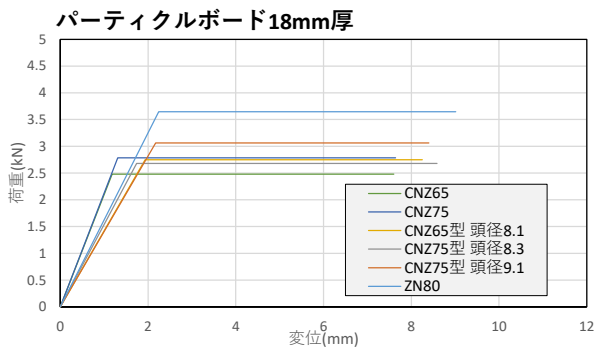
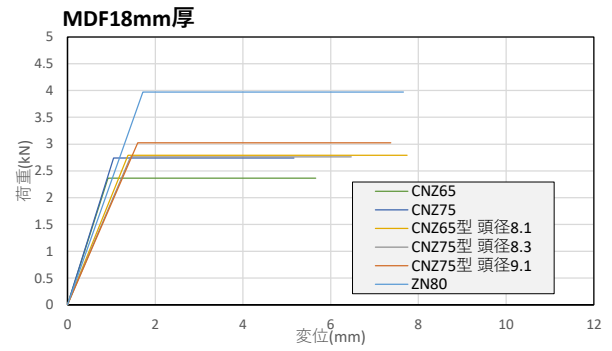
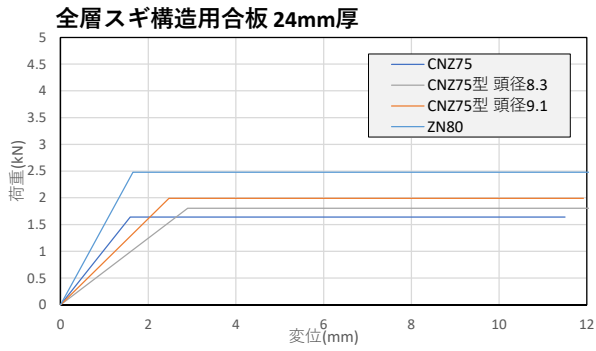
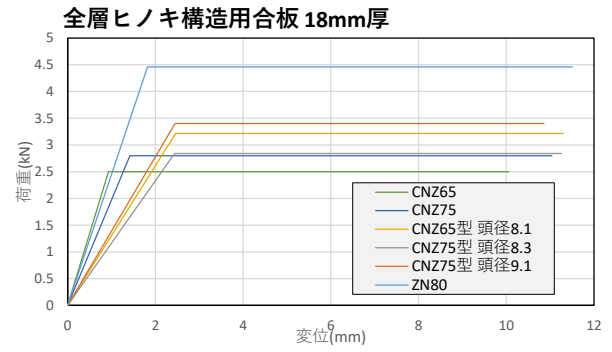
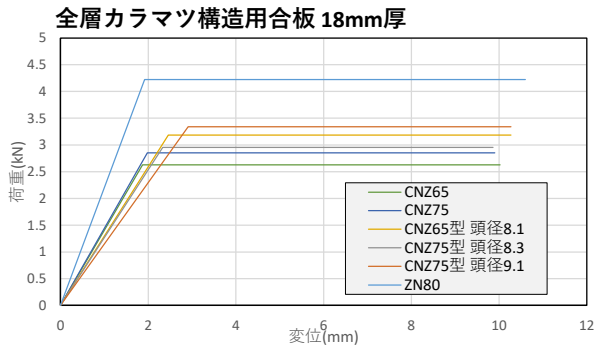
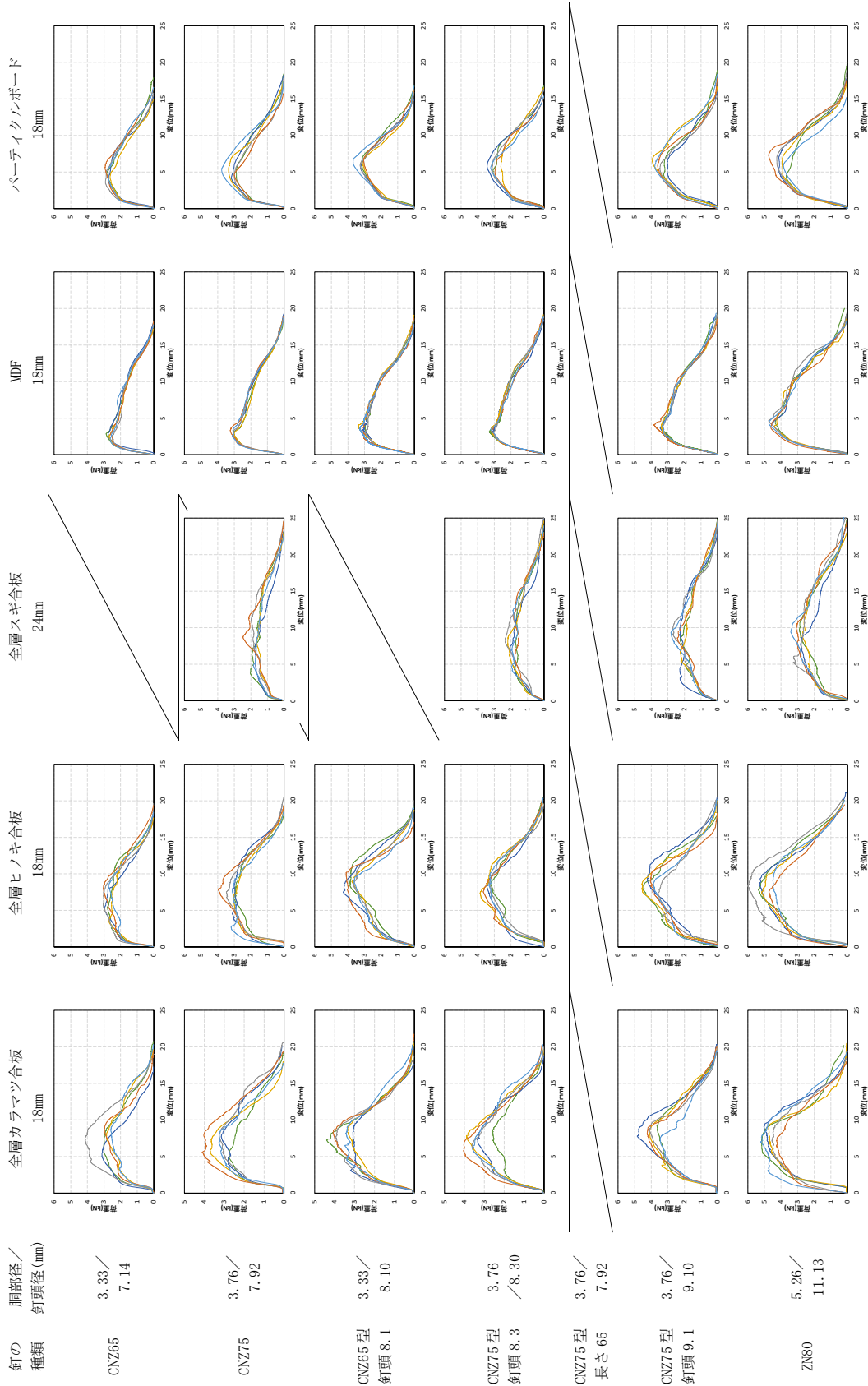


図 5-2 実験結果 (完全弾塑性モデル)

## (2) 荷重変形関係一覧



## 5.2 釘の一面せん断試験

### 5.2.1 前期試験

#### (1) 試験計画

ASTM 準拠の試験方法にて試験を行い、問題なく各仕様の荷重変形関係と破壊性状が得ることを目標とする。釘の引抜けする場合、パンチングアウトする場合のP- $\delta$ を確認する。

試験体仕様は下記項目及び

- ・表.1 に示す7種類の仕様にて試験を行う
- ・No. 1~4 は側材に鋼板 (2.3mm、9.0mm) を用い、釘の引抜けとなるP- $\delta$ を得る。
- ・No. 5, 6 はCNZ75 (L=150) を用い、パンチングアウトとなるP- $\delta$ を得る。
- ・No. 7 はMDF-CNZ75 とし、昨年度の同一仕様 (ロケット型) と比較する。
- ・各試験、テフロンシートの有無をパラメータとし摩擦の影響を確認する。

表 5-3 前期試験の試験体仕様

No.	試験方法概要	接合具 (釘)	側材 (面材)	テフロンシート	目的	n
1		CNZ75	鋼板 2.3mm	なし	引抜ける場合のP- $\delta$ を得る (モードIVの破壊性状)	3
2				あり		3
3		CNZ75	鋼板 9mm	なし	引抜ける場合のP- $\delta$ を得る (モードIIIbの破壊性状)	3
4				あり		3
5		CNZ75 (L=150mm) ※特注	MDF 18mm	なし	パンチングアウトする場合のP- $\delta$ を得る	3
6				あり		3
7		CNZ75	MDF 18mm	なし	昨年度の結果との比較	3

主材 (軸材) : ヒノキ、同一等級構成集成材、E95-F315

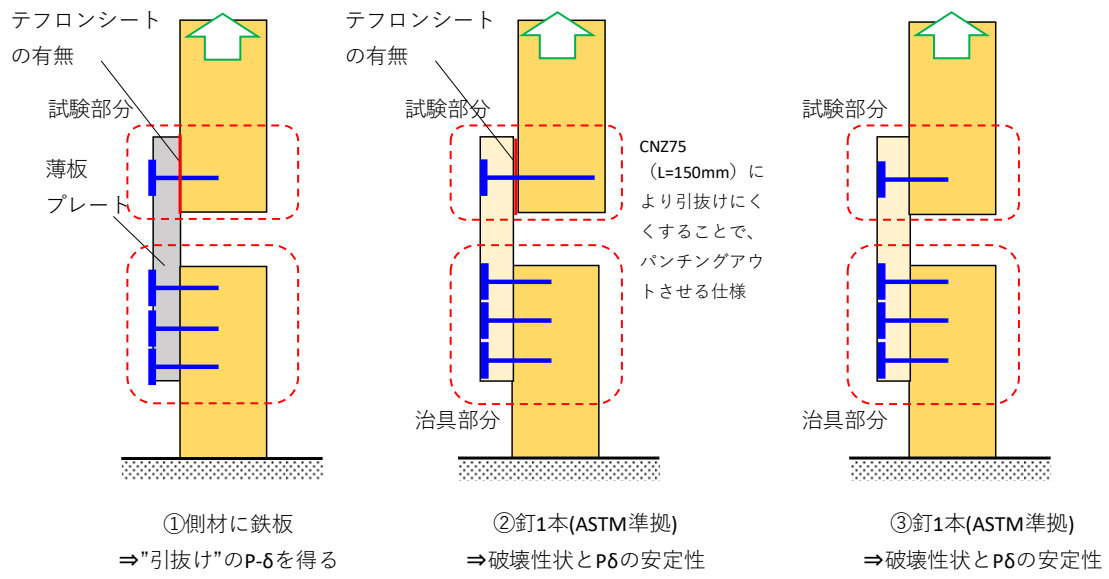


図 5-3 前期試験の試験方法



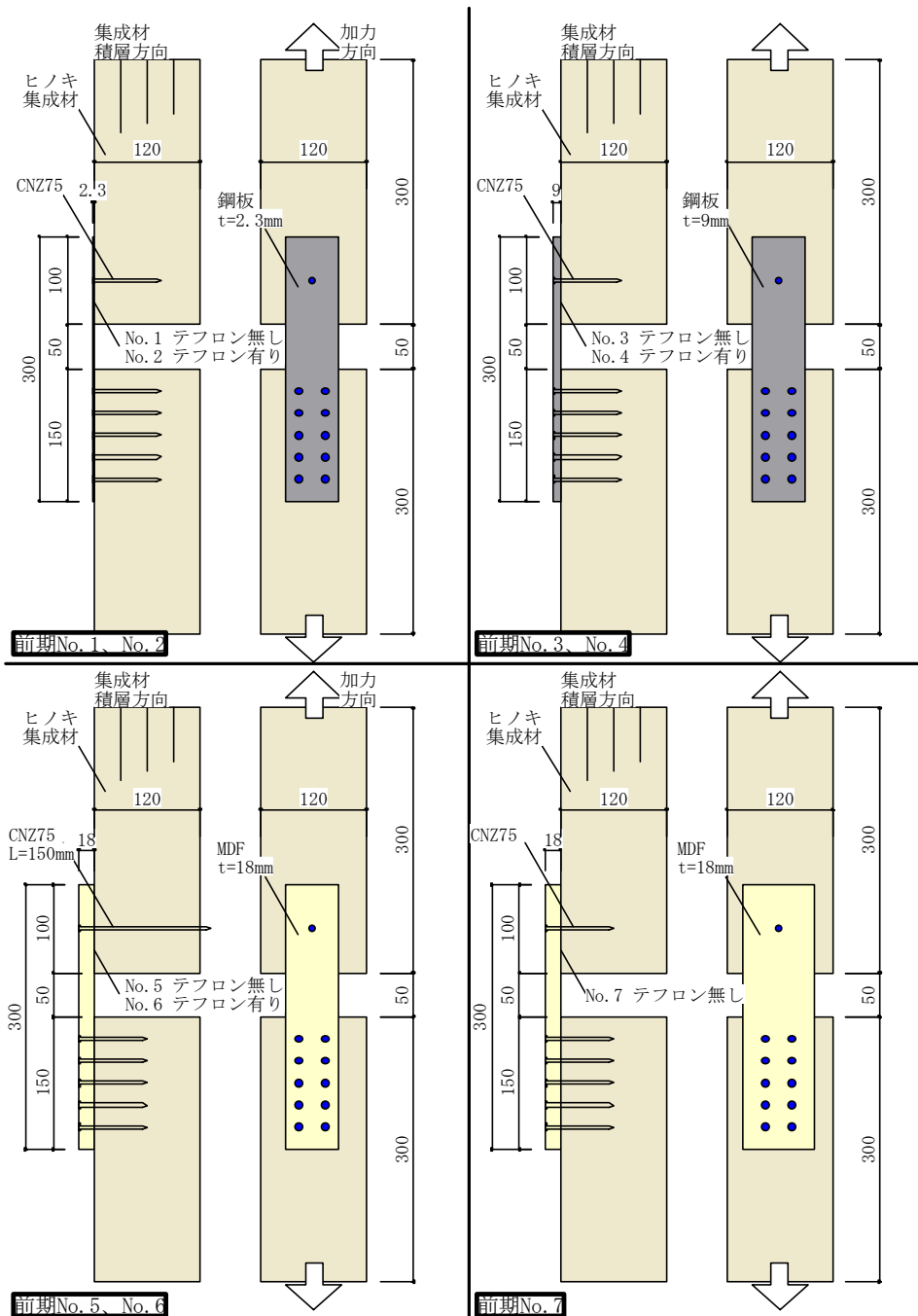


図 5-4 前期試験試験体概要図

(2) 試験結果概要

① 鋼板 2.3mm-CNZ75 (テフロン有り・無し)

表 5-4 密度・含水率

テフロン無し

試験体 記号	側材(鋼板)		主材(軸材)		
	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	記号
1-S_S2-75-1	-	-	12.5	0.45	A-4
1-S_S2-75-2	-	-	10.8	0.46	C-2
1-S_S2-75-3	-	-	12.6	0.45	E-3
平均	-	-	12.0	0.45	

テフロン有り

試験体 記号	側材(鋼板)		主材(軸材)		
	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	記号
2-S_S2-75-t-1	-	-	11.3	0.45	A-2
2-S_S2-75-t-2	-	-	10.8	0.45	C-5
2-S_S2-75-t-3	-	-	13.1	0.45	E-4
平均	-	-	11.7	0.45	

→主材の密度のばらつきはほぼない。含水率は E > A > C。

表 5-5 破壊性状

テフロン無し

No. 1-1	釘の破断
No. 1-2	釘の破断
No. 1-3	釘の引抜け

テフロン有り

No. 2-1	釘の破断
No. 2-2	釘の破断
No. 2-3	釘の引抜け

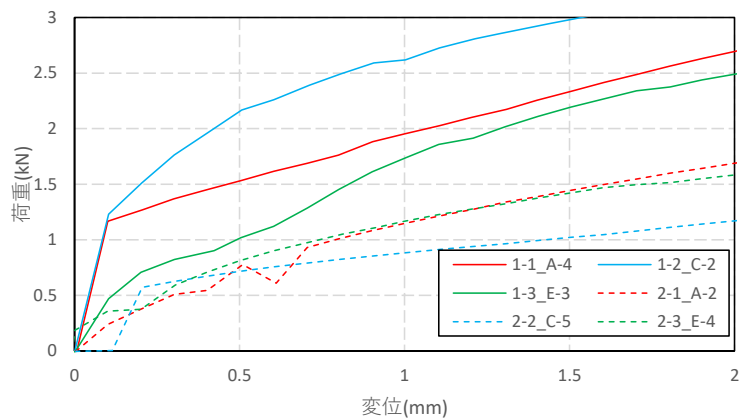
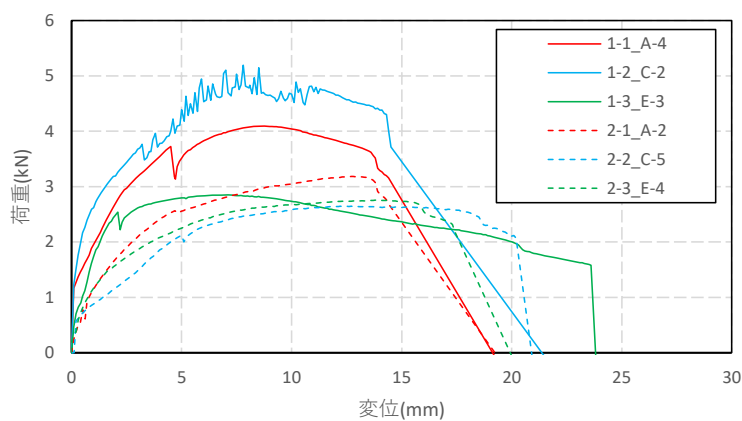


図 5-5 荷重変形関係

② 鋼板 9.0mm—CNZ75

表 5-6 密度・含水率

テフロン無し

試験体 記号	側材(鋼板)		主材(軸材)		
	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	記号
3-S_S9-75-1	-	-	11.6	0.46	A-6
3-S_S9-75-2	-	-	10.5	0.45	C-6
3-S_S9-75-3	-	-	12.2	0.44	E-6
平均	-	-	11.4	0.45	

テフロン有り

試験体 記号	側材(鋼板)		主材(軸材)		
	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	記号
4-S_S9-75-t-1	-	-	11.5	0.45	A-5
4-S_S9-75-t-2	-	-	11.1	0.45	C-4
4-S_S9-75-t-3	-	-	12.9	0.45	E-2
平均	-	-	11.8	0.45	

→主材の密度のばらつきはほぼない。含水率はE > A > Cの順。

表 5-7 破壊性状

テフロン無し

No. 3-1	釘の破断
No. 3-2	釘の破断
No. 3-3	釘の変形、引抜け

テフロン有り

No. 4-1	釘の破断
No. 4-2	釘の破断
No. 4-3	釘の変形、引抜け

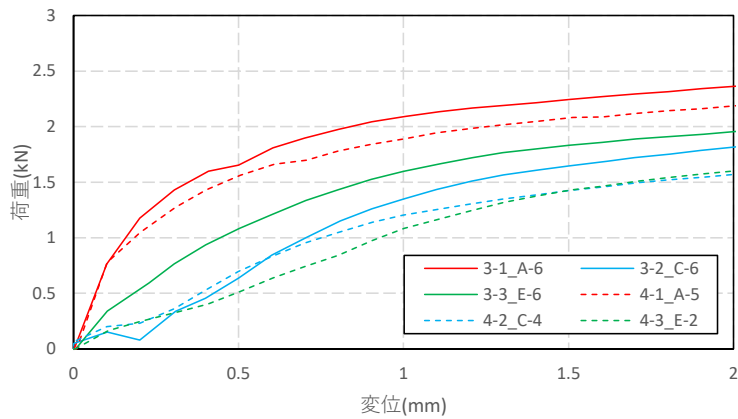
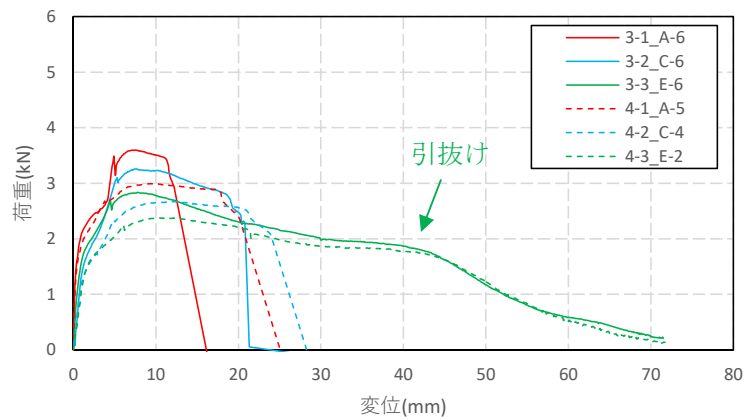


図 5-6 荷重変形関係

③ MDF-CNZ75(L=150mm) (テフロン有り・無し)

表 5-8 密度・含水率

テフロン無し						テフロン有り					
試験体 記号	側材(面材)		主材(軸材)			試験体 記号	側材(面材)		主材(軸材)		
	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	記号		含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	記号
5-S_M18-150-1	-	0.72	11.4	0.44	A-1	6-S_M18-150-t-1	-	0.71	11.9	0.46	A-3
5-S_M18-150-2	-	0.71	10.9	0.45	B-6	6-S_M18-150-t-2	-	0.72	10.4	0.45	B-3
5-S_M18-150-3	-	0.71	13.4	0.45	E-1	6-S_M18-150-t-3	-	0.71	12.0	0.44	E-5
平均	-	0.71	11.9	0.45		平均	-	0.71	11.4	0.45	

→主材の密度のばらつきはほぼない。含水率は E > A > B。

表 5-9 破壊性状

テフロン無し		テフロン有り	
No. 5-1	パンチングアウト	No. 6-1	パンチングアウト
No. 5-2	パンチングアウト	No. 6-2	パンチングアウト
No. 5-3	パンチングアウト	No. 6-3	パンチングアウト

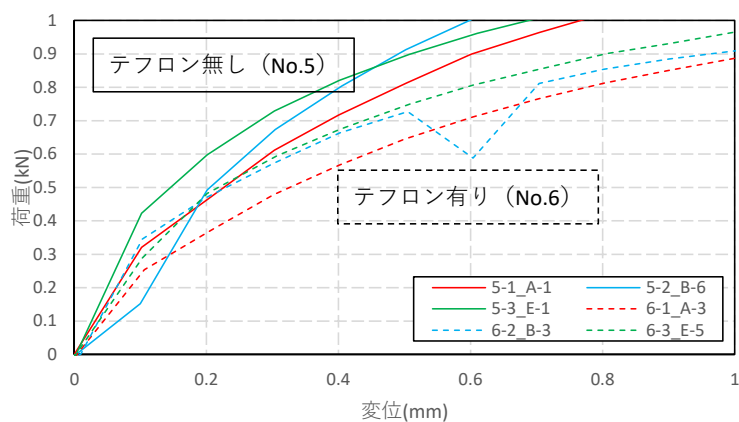
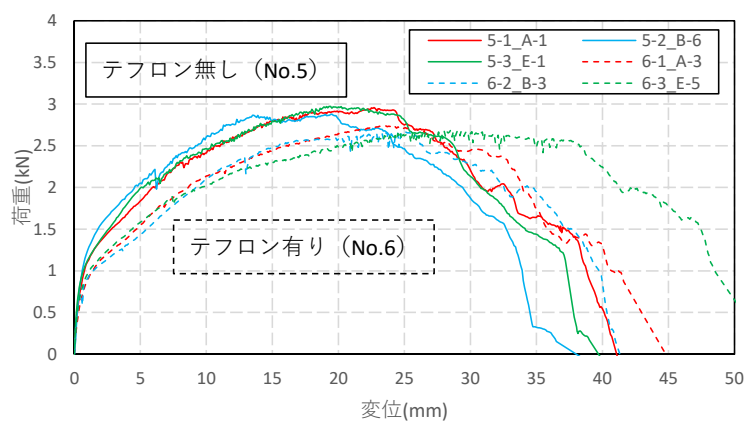


図 5-7 荷重変形関係

④ MDF-CNZ75 (テフロン無し)

表 5-10 密度・含水率

試験体 記号	側材(面材)		主材(軸材)		記号
	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	
7-S_M18-75-1	-	0.71	11.1	0.46	A-7
7-S_M18-75-2	-	0.72	11.4	0.45	B-1
7-S_M18-75-3	-	0.72	12.3	0.44	E-7
平均	-	0.72	11.6	0.45	

→主材の密度のばらつきはほぼない。含水率はE > A > B。

表 5-11 破壊性状

テフロン無し

No. 7-1	釘の引抜け
No. 7-2	釘の引抜け
No. 7-3	釘の引抜け

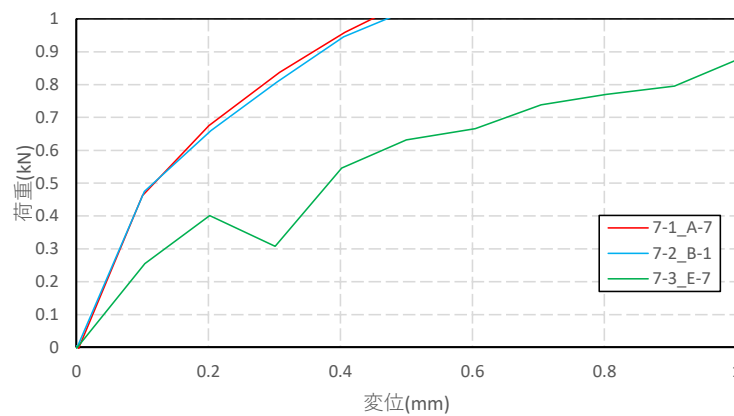
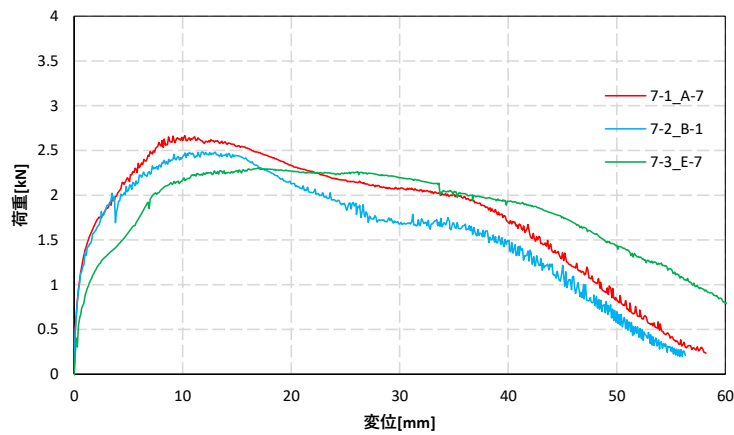


図 5-8 荷重変形関係

### (3) まとめ・考察

#### ■試験方法（ロケット型、ASTM）による比較

前期試験の ASTM 準拠の試験方法と昨年度実施したロケット型試験による試験方法の違いによる比較を行った。

その結果、荷重 1kN 程度までの剛性及び最大荷重はロケット型試験の方が高いことがわかった。

表 5-12 密度・含水率

<ロケット型>							<ASTM 準拠>					
試験体 記号	側材(1)		主材(軸材)		側材(2)		試験体 記号	側材(面材)		主材(軸材)		記号
	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>		含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	含水率%	密度g/cm <sup>3</sup>	
Sa-4-1	-	0.71	12.1	0.41	-	0.71	7-S_M18-75-1	-	0.71	11.1	0.46	A-7
Sa-4-2	-	0.72	13.3	0.43	-	0.72	7-S_M18-75-2	-	0.72	11.4	0.45	B-1
Sa-4-3	-	0.72	13.4	0.44	-	0.72	7-S_M18-75-3	-	0.72	12.3	0.44	E-7
Sa-4-4	-	0.72	11.1	0.45	-	0.72	平均	-	0.72	11.6	0.45	
Sa-4-5	-	0.72	13.0	0.45	-	0.72						
Sa-4-6	-	0.73	12.3	0.46	-	0.73						
平均	-	0.72	12.5	0.44	-	0.72						

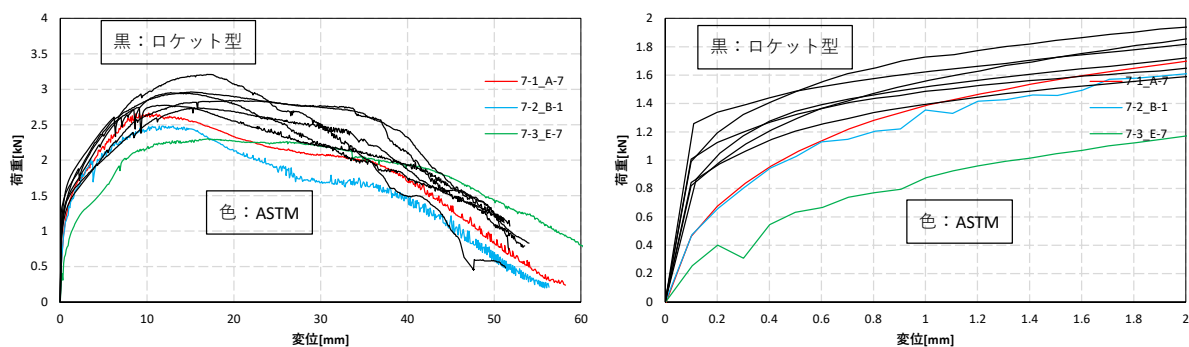
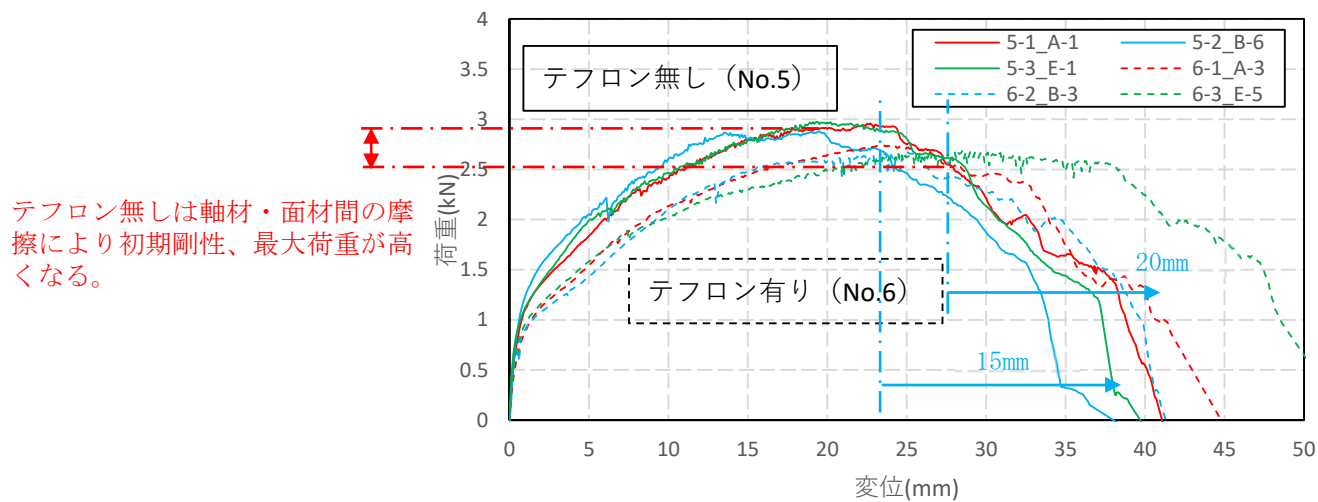


図 5-9 荷重変形関係

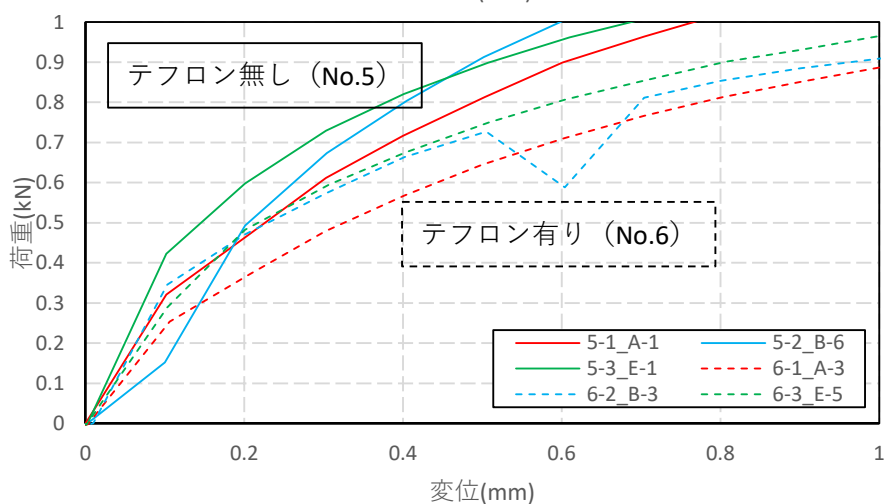
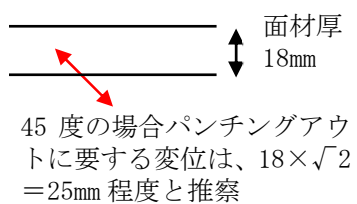
## ■テフロンの有無について

前期試験のNo. 5、No. 6の試験についてテフロンシートの有無による試験結果への影響を以下のように分析する。

- ・テフロンが無い場合は軸材・面材間の摩擦により初期剛性、最大荷重が高くなる傾向にある。
- ・テフロンが有る場合は引抜けやすくなることで、最大変位が大きくなる傾向にある。



テフロン無しは軸材・面材間の摩擦により初期剛性、最大荷重が高くなる。



## 5.2.2 後期試験

### (1) 試験計画

前期試験を行った結果、ASTM に準拠した試験方法（試験方法①、②、③）により破壊性状を明確に分類できることが確認できた。

実態の構造特性、及び破壊性状を把握するため、後期試験では試験方法③（テフロン無し）で実施する。試験体仕様は昨年度実施した面材・釘の組み合わせとし、ASTM 準拠の試験方法で再度試験を行い整理することを目的とする。

主材：同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×120

試験体には、長さ 4m（×19 本）の集成材から 300mm を切り出して使用する。

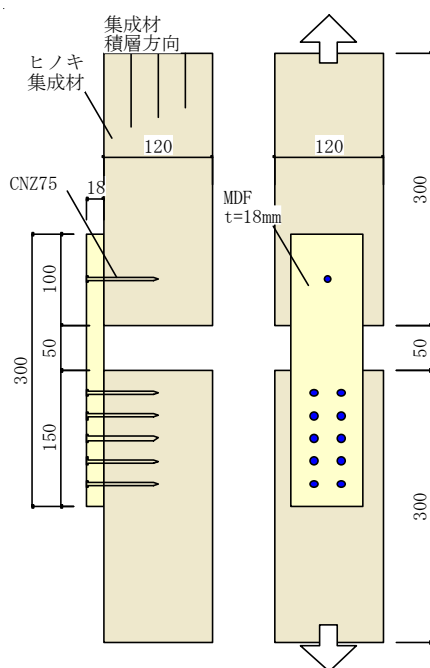


図 5-10 試験概要図



側材（面材）と接合具（釘）の組み合わせは下表による。

表 5-13 釘の一面せん断試験の試験仕様（側材と接合具）

No.	面材種類	釘種類	試験体数
1	構造用合板（全層カラマツ） 18mm	CNZ65	6
2		CNZ75	6
3		CNZ65 型頭径 8.1	6
4		CNZ75 型頭径 8.3	6
5		CNZ75 型長さ 65	6
6		CNZ75 型頭径 9.1	6
7		ZN80	6
8	構造用合板（全層ヒノキ） 18mm	CNZ65	6
9		CNZ75	6
10		CNZ65 型頭径 8.1	6
11		CNZ75 型頭径 8.3	6
12		CNZ75 型長さ 65	6
13		CNZ75 型頭径 9.1	6
14		ZN80	6
15	構造用合板（全層スギ） 24mm	CNZ65	
16		CNZ75	6
17		CNZ65 型頭径 8.1	
18		CNZ75 型頭径 8.3	6
19		CNZ75 型長さ 65	
20	MDF 18mm	CNZ75 型頭径 9.1	6
21		ZN80	6
22		CNZ65	6
23		CNZ75	6
24		CNZ65 型頭径 8.1	6
25		CNZ75 型頭径 8.3	6
26		CNZ75 型長さ 65	6
27	パーティクルボード 18mm	CNZ75 型頭径 9.1	6
28		CNZ65	6
29		CNZ75	6
30		CNZ65 型頭径 8.1	6
31		CNZ75 型頭径 8.3	6
32		CNZ75 型長さ 65	6
33		CNZ75 型頭径 9.1	6
34	鋼板 2.3mm	CNZ75	3
35	鋼板 9.0mm	CNZ75	3

24mm と CNZ65 タイプ及び長さ 65mm のものは、実用の観点からは対象外とした。

## (2) 試験結果

### ① 結果概要

試験結果の概要について表 5-14、表 5-15、図 5-11 に示す。破壊性状は概ね引抜ける結果となったが、全層スギ 24mm 合板や ZN80 釘を用いた仕様ではパンチングアウトが目立つ結果となった。これまで実施してきたロケット型試験（釘 4 本）では各釘の破壊性状がまちまちであったが、ASTM 規格に準拠した試験（釘 1 本）ではそれが解消され破壊性状を整理しやすいことが確認された。

表 5-14 後期試験の破壊性状分類（引抜け破壊の割合）

釘の種類	胴部径 (mm)	釘頭径 (mm)	合板 (カラマツ)		合板 (ヒノキ)		合板 (スギ)	
			18mm	18mm	18mm	18mm	24mm	24mm
CNZ65	3.33	7.14	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	△ 1/6 = 17%	△ 1/6 = 17%
CNZ75	3.76	7.92	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	△ 4/6 = 67%	△ 4/6 = 67%
CNZ65型 頭径8.1	3.33	8.10	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%
CNZ75型 頭径8.3	3.76	8.30	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%
CNZ75型 長さ65	3.76	7.92	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%
CNZ75型 頭径9.1	3.76	9.10	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%
ZN80	5.26	11.13	○ 6/6 = 100%	△ 4/6 = 67%	△ 4/6 = 67%	△ 4/6 = 67%	× 0/6 = 0%	× 0/6 = 0%
釘の種類	胴部径 (mm)	釘頭径 (mm)	MDF		パーティクルボード*			
			18mm	18mm	18mm	18mm		
CNZ65	3.33	7.14	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%		
CNZ75	3.76	7.92	△ 5/6 = 83%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%		
CNZ65型 頭径8.1	3.33	8.10	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%		
CNZ75型 頭径8.3	3.76	8.30	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%		
CNZ75型 長さ65	3.76	7.92	○ 4/6 = 67%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%		
CNZ75型 頭径9.1	3.76	9.10	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%	○ 6/6 = 100%		
ZN80	5.26	11.13	× 0/6 = 0%	× 0/6 = 0%	× 0/6 = 0%	× 0/6 = 0%		

○：6体すべてで引抜け破壊した  
 △：6体のうち1体以上パンチングアウトした。釘の引抜け割合を示す  
 ×：6体すべてでパンチングアウトした

表 5-15 試験結果概要

No.	面材	接合具 (釘)	頭部径 (mm)	頭部径 (mm)	面材密度の 平均値(g/cm <sup>3</sup> )	軸材密度の 平均値(g/cm <sup>3</sup> )	軸材含水率の 平均値(%)	最大荷重時 (平均値)		終局耐力 Pu0(kN)	終局変位 $\delta_{Pu0}$ (mm)	剛性 K(kN/cm)	降伏変位 $\delta_v$ (mm)
								Pmax(kN)	$\delta_{Pmax}$ (mm)				
1	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ65	7.14	7.14	0.61	0.46	11.3	2.32	9.21	2.06	21.18	15.50	1.41
2	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.61	0.46	11.8	3.15	13.41	2.59	20.54	12.43	2.14
3	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10	8.10	0.61	0.46	11.1	1.98	11.96	1.79	21.12	10.18	1.92
4	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.61	0.46	11.6	2.49	14.32	2.25	22.29	13.42	2.13
5	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型長さ65	7.92	7.92	0.61	0.46	11.7	2.29	13.52	2.08	22.65	11.30	1.96
6	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.61	0.46	12.1	2.58	13.33	2.33	23.58	11.29	2.24
7	構造用合板 全層カラマツ18mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.61	0.46	11.1	5.07	25.46	4.53	29.91	13.53	3.61
8	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ65	7.14	7.14	0.53	0.46	11.9	2.46	10.68	2.19	24.50	16.72	1.47
9	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.53	0.46	11.9	3.11	14.66	2.68	28.70	16.00	1.73
10	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10	8.10	0.53	0.46	11.4	1.92	10.75	1.73	27.22	16.30	1.2
11	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.53	0.45	11.4	2.40	11.71	2.17	28.97	14.74	1.48
12	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75型長さ65	7.92	7.92	0.53	0.46	11.7	2.43	11.68	2.22	27.95	15.92	1.6
13	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.53	0.46	11.6	2.45	12.92	2.24	29.29	16.52	1.39
14	構造用合板 全層ヒノキ18mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.53	0.46	11.3	5.34	28.13	4.75	29.72	17.85	2.83
15	構造用合板 全層スギ24mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.41	0.46	11.5	2.91	16.34	2.47	26.06	9.00	3.39
16	構造用合板 全層スギ24mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.41	0.46	11.8	2.45	15.16	2.18	27.71	11.96	1.91
17	構造用合板 全層スギ24mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.41	0.45	11.6	2.33	13.75	2.13	30.00	12.36	1.9
18	構造用合板 全層スギ24mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.41	0.46	11.8	4.71	21.58	4.28	30.00	18.76	2.37
19	MDF 18mm厚	CNZ65	7.14	7.14	0.71	0.46	11.3	2.28	12.36	2.05	27.55	13.78	1.53
20	MDF 18mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.72	0.46	10.9	3.06	15.08	2.72	29.53	15.22	1.91
21	MDF 18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10	8.10	0.72	0.46	11.2	1.96	16.24	1.77	28.73	12.08	1.72
22	MDF 18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.72	0.46	11.5	2.43	16.41	2.22	28.74	15.00	1.75
23	MDF 18mm厚	CNZ75型長さ65	7.92	7.92	0.72	0.46	11.1	2.27	16.27	2.09	27.59	14.24	1.74
24	MDF 18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.72	0.46	11.3	2.24	16.91	2.06	29.09	14.11	1.59
25	MDF 18mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.72	0.46	11.3	4.36	20.86	3.92	25.98	22.93	1.96
26	パーティクルボード 18mm厚	CNZ65	7.14	7.14	0.71	0.46	11.0	2.43	12.49	2.13	26.06	15.94	1.43
27	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75	7.92	7.92	0.71	0.47	11.4	3.36	11.69	2.92	23.10	21.18	1.5
28	パーティクルボード 18mm厚	CNZ65型 頭径8.1	8.10	8.10	0.71	0.46	11.3	2.08	15.18	1.87	24.55	13.80	1.87
29	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型 頭径8.3	8.30	8.30	0.71	0.46	11.0	2.56	13.89	2.30	29.78	17.21	1.38
30	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型長さ65	7.92	7.92	0.71	0.47	11.0	2.52	11.28	2.28	28.60	21.93	1.13
31	パーティクルボード 18mm厚	CNZ75型 頭径9.1	9.10	9.10	0.71	0.47	11.5	2.58	11.06	2.34	27.14	17.76	1.35
32	パーティクルボード 18mm厚	ZN80	11.13	11.13	0.71	0.46	11.6	5.26	20.34	4.81	29.14	22.94	2.33

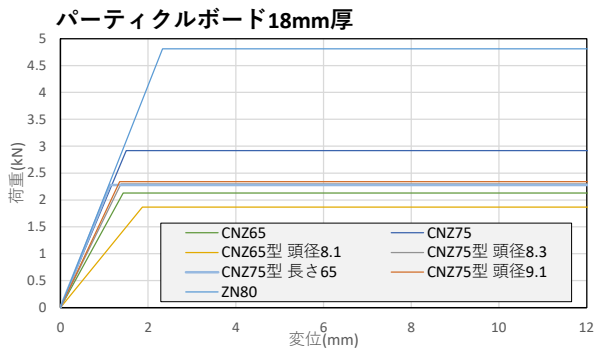
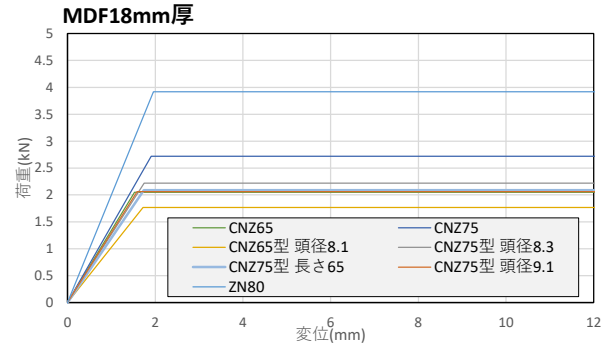
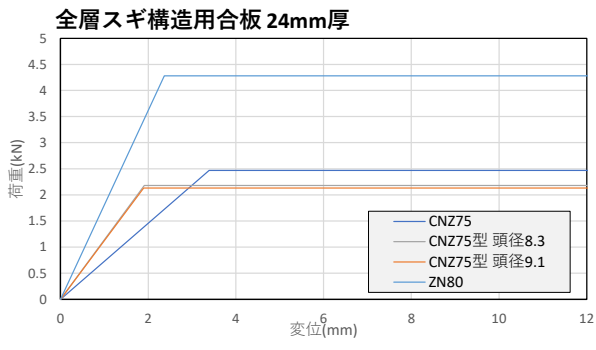
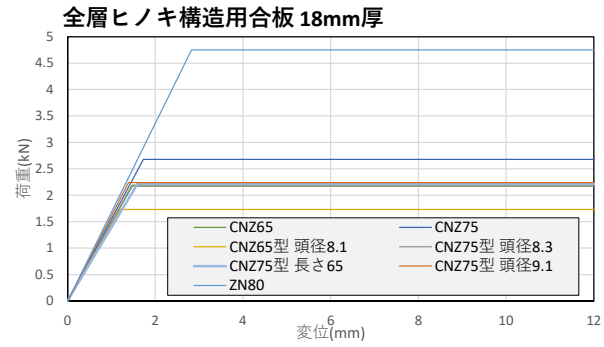
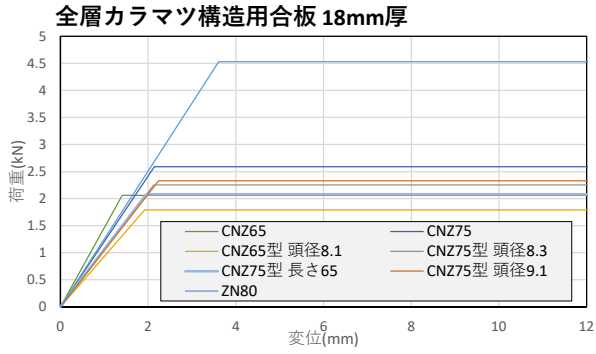


図 5-11 実験結果 (完全弾塑性モデル)

破壊性状の詳細

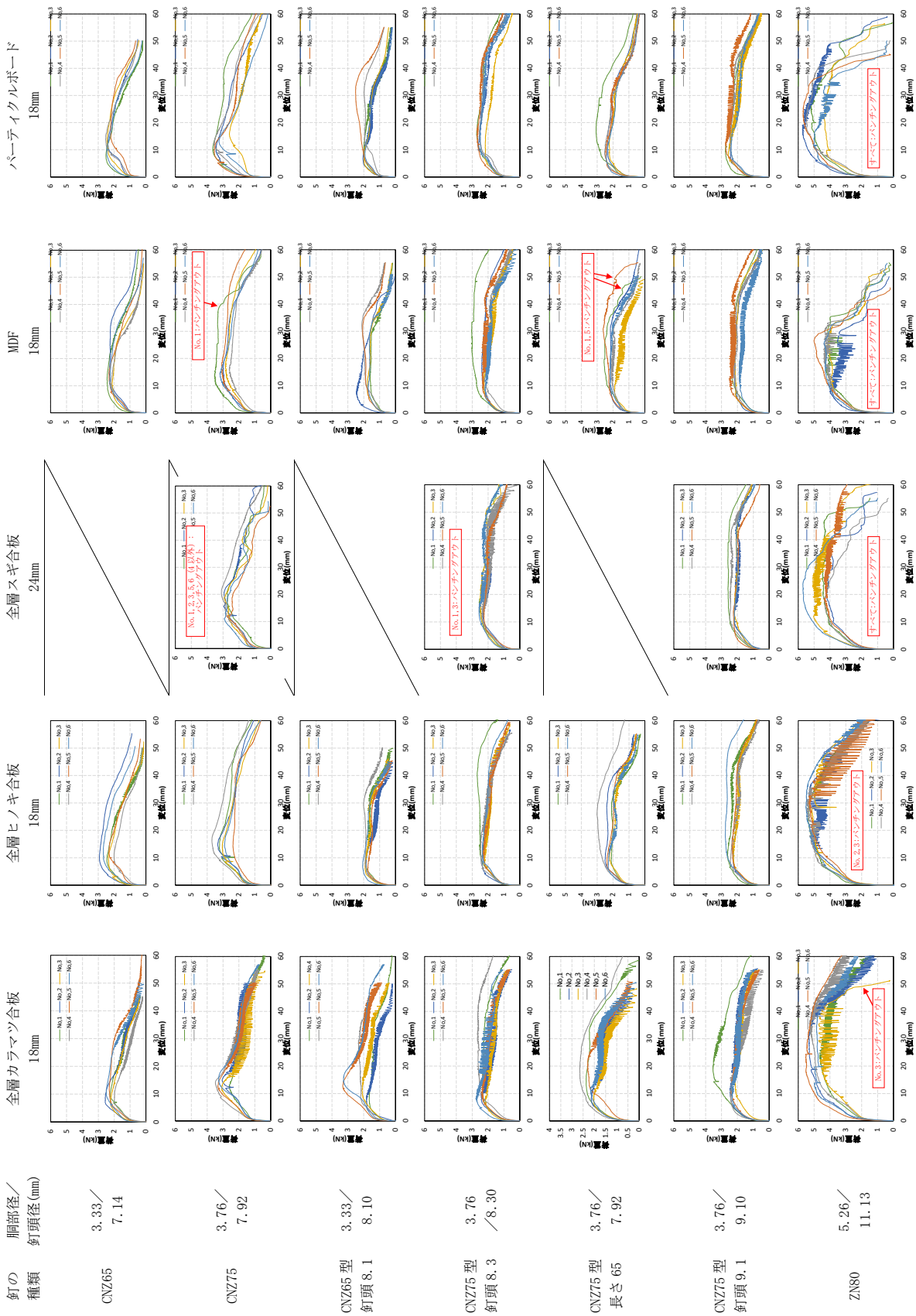
※試験荷重が最大荷重の1割以下程度低下時(加力変位50~60mm程度)を試験終了時とし、その時点での破壊性状を目視判定により記録した。

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
1	1-S_Wk18-65	B	B	B	B	B	B
2	2-S_Wk18-75	B, x	B	B	B, x	B	B
3	3-S_Wk18-6581	B	B	B	B	B	B
4	4-S_Wk18-7583	B	B	B	B	B	B
5	5-S_Wk18-(75)65	B, x	B	B	B	B	B
6	6-S_Wk18-7591	B, x	B	B	B	B	B
7	7-S_Wk18-80	B	B	A	B	B	B
8	8-S_Wh18-65	B	B	B	B	B	B
9	9-S_Wh18-75	B	B	B	B	B	B
10	10-S_Wh18-6581	B	B	B	B	B	B
11	11-S_Wh18-7583	B	B	B	B	B	B
12	12-S_Wh18-(75)65	B	B	B	B	B	B
13	13-S_Wh18-7591	B	B	B	B	B	B
14	14-S_Wh18-80	B	A	A	B	B	B
15	15-S_Ws24-75	A	A	A	B, x	A	A
16	16-S_Ws24-7583	A	B, x	A	B, x	B, x	B, x
17	17-S_Ws24-7591	B, x	B, x	B, x	B, x	B, x	B, x
18	18-S_Ws24-80	A	A	A	A	A	A
19	19-S_M18-65	B	B	B	B	B	B
20	20-S_M18-75	A	B	B, x	B	B, x	B
21	21-S_M18-6581	B	B	B	B	B	B
22	22-S_M18-7583	B, x	B	B	B	B	B
23	23-S_M18-(75)65	A	B	B	B	A	B
24	24-S_M18-7591	B	B	B	B	B	B
25	25-S_M18-80	A	A	A	A	A	A
26	26-S_P18-65	B	B	B	B	B	B
27	27-S_P18-75	B, x	B	B	B	B	B
28	28-S_P18-6581	B	B	B	B	B	B
29	29-S_P18-7583	B	B	B	B	B	B
30	30-S_P18-(75)65	B	B	B	B	B	B
31	31-S_P18-7591	B	B	B	B	B	B
32	32-S_P18-80	A, y	A	A, y	A, y	A, y	A
33	33-S_S2-75-t	z	z	z	z	z	z
34	34-S_S9-75-t	z	z	z	z	z	z

判定基準と記号 一覧

面材からのくぎ頭パンチングアウト	A	試験終了時に容易に釘頭が外れる状態もパンチングアウトと判定
主材からのくぎの引き抜け	B	試験終了時に容易に釘が引き抜ける状態も引き抜けと判定
面材へのくぎ頭めり込み※	x	※面材厚みの3割程度以上までめり込んでいるもの(終局は引き抜けによる)
主材の割れ	y	
くぎの破断	z	

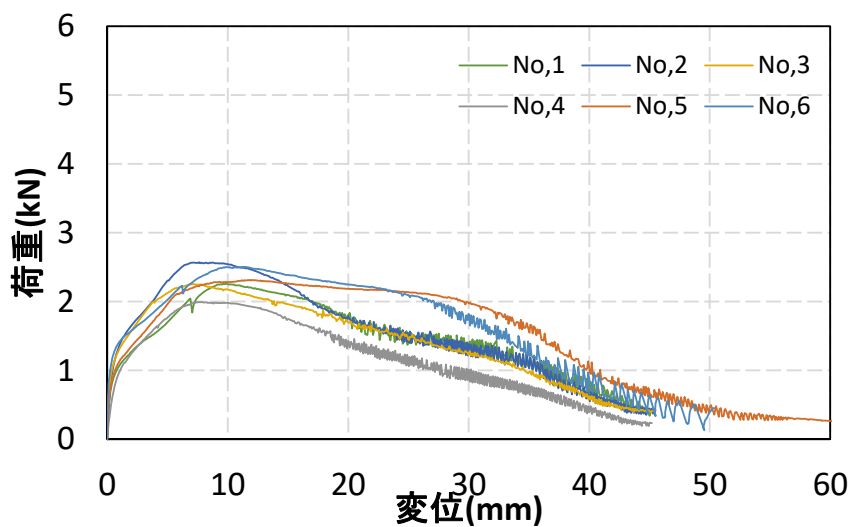
② 荷重変形関係



③ 試験結果詳細

No.1 : 全層カラマツ合板 — CNZ65

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
1	1-S_Wk18-65	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■ 代表的な写真

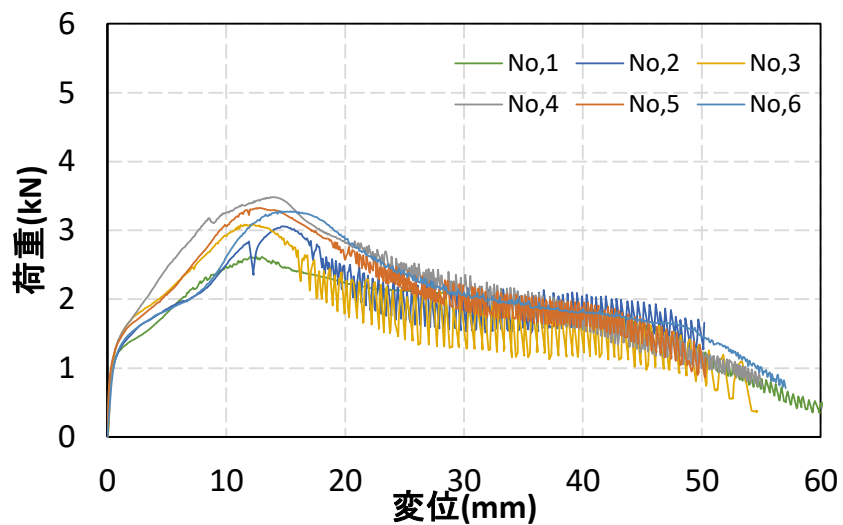


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 2 : 全層カラマツ合板 — CNZ75

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
2	2-S_Wk18-75	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け	引抜け	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け	引抜け

■代表的な写真



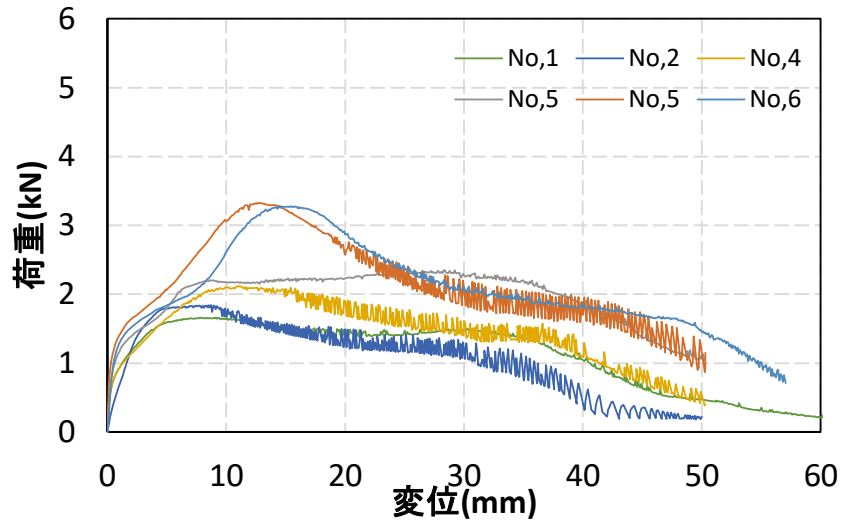
No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)



No. 3 : 全層カラマツ合板 — CNZ65 型釘頭 8.1

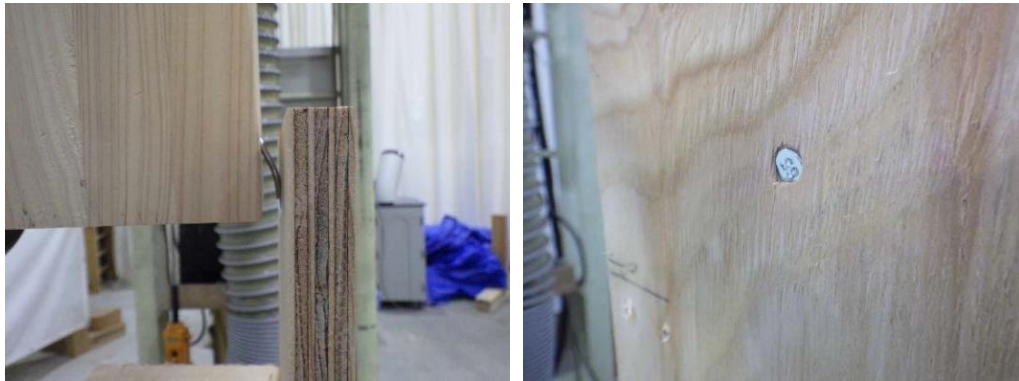
■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
3	3-S_Wk18-6581	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■ 代表的な写真

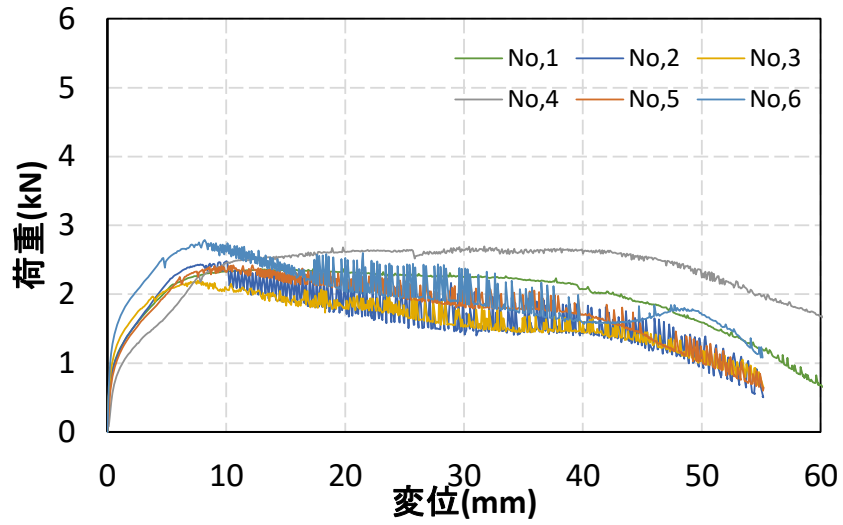


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 4 : 全層カラマツ合板 — CNZ75 型釘頭 8.3

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
4	4-S_Wk18-7583	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■ 代表的な写真

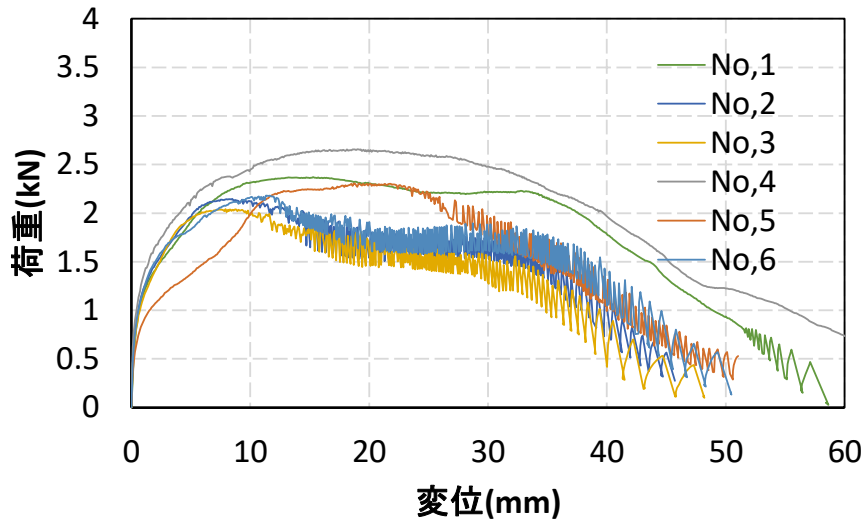


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No.5 : 全層カラマツ合板 — CNZ75 型 長さ 65

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
5	5-S_Wk18-(75)65	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■ 代表的な写真

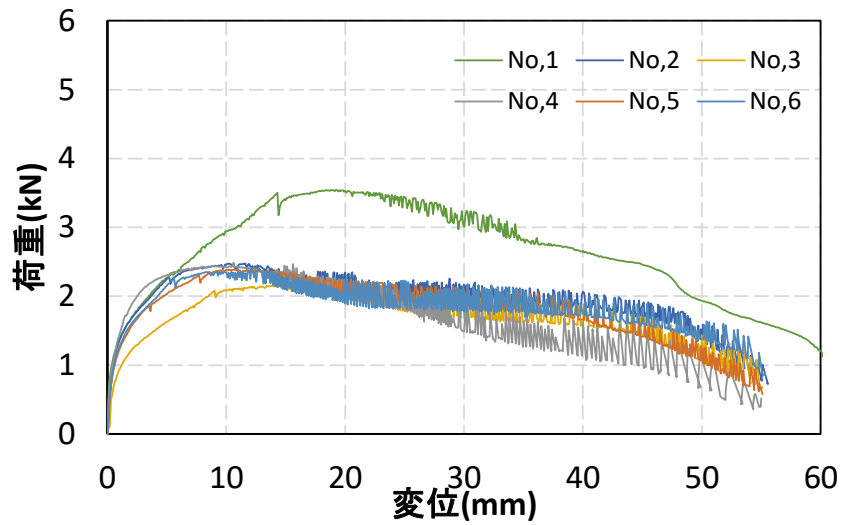


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 6 : 全層カラマツ合板 — CNZ75 型釘頭 9.1

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
6	6-S_Wk18-7591	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■代表的な写真

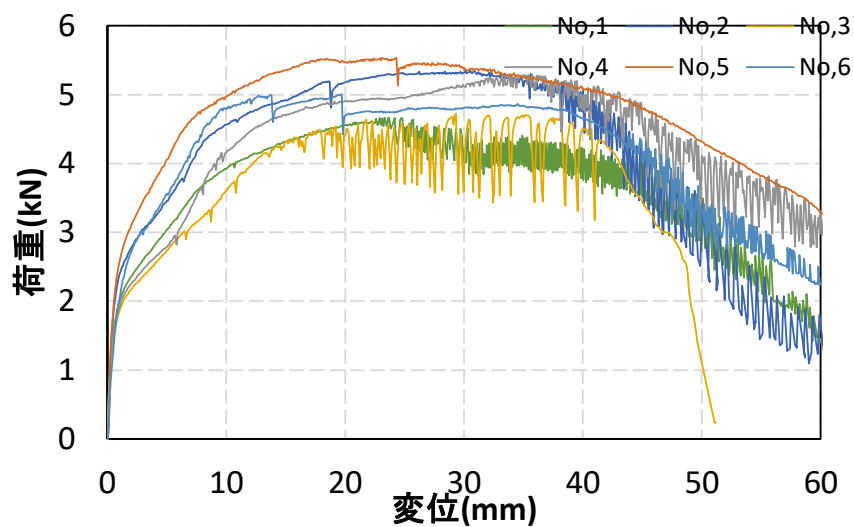


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 7 : 全層カラマツ合板 — ZN80

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
7	7-S_Wk18-80	引抜け	引抜け	パンチングアウト	引抜け	引抜け	引抜け

■代表的な写真



No. 1 引抜け

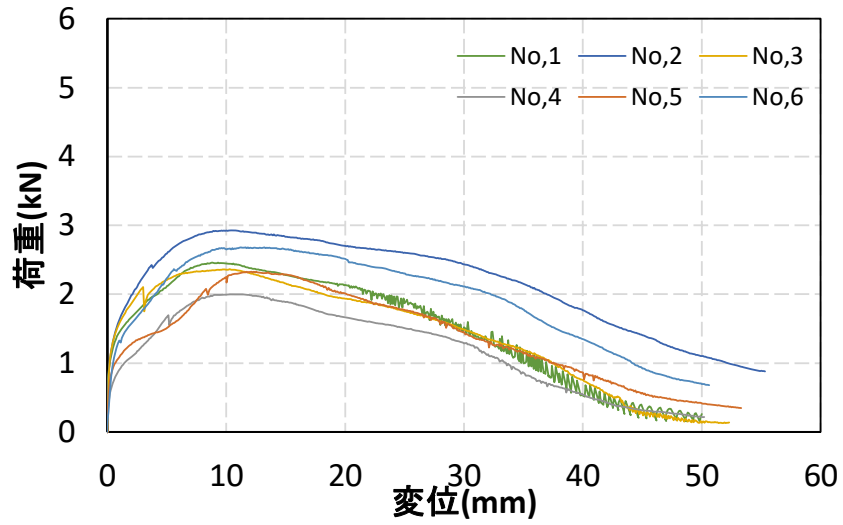
(No. 1, 2, 4, 5, 6 引抜け)



No. 3 パンチング

No. 8 : 全層ヒノキ合板 — CNZ65

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
8	8-S_Wh18-65	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■代表的な写真

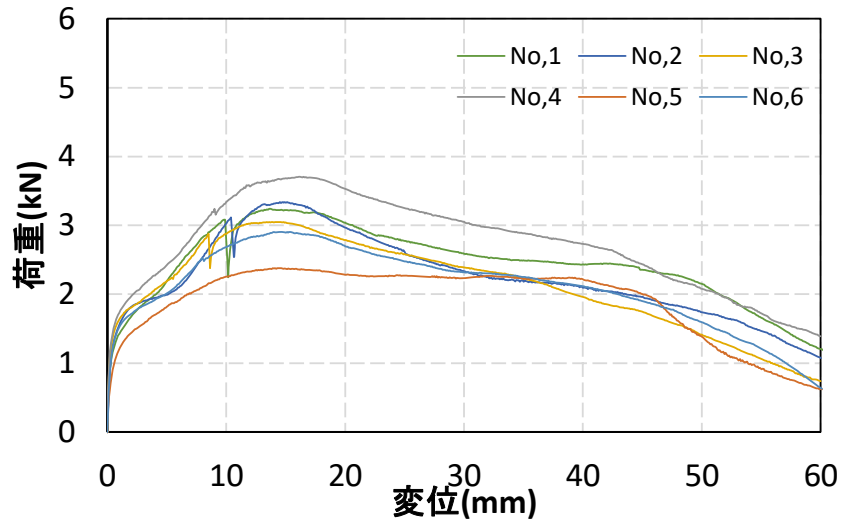


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 9 : 全層ヒノキ合板 — CNZ75

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
9	9-S_Wh18-75	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■代表的な写真

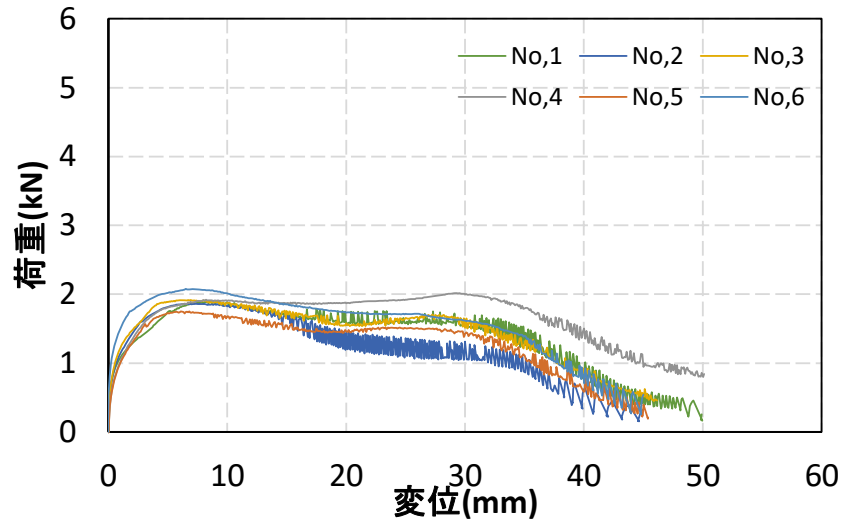


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 10 : 全層ヒノキ合板 — CNZ65 型釘頭 8.1

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
10	10-S_Wh18-6581	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■ 代表的な写真



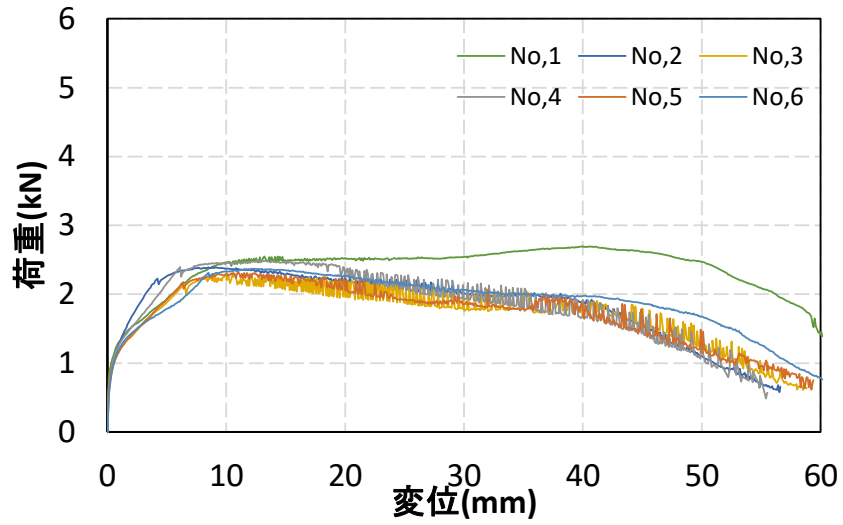
No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)



No. 11 : 全層ヒノキ合板 — CNZ75 型釘頭 8.3

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
11	11-S_Wh18-7583	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■ 代表的な写真

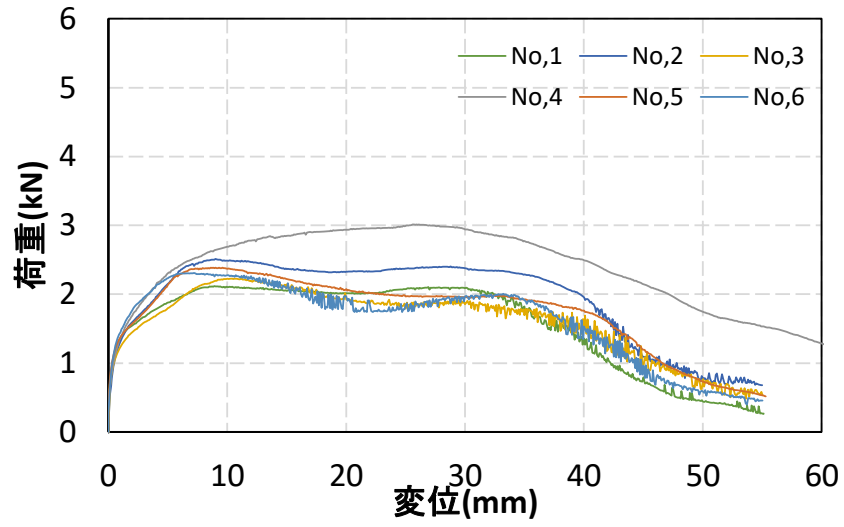


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 12 : 全層ヒノキ合板 — CNZ75 型 長さ 65

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
12	12-S_Wh18-(75)65	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■ 代表的な写真

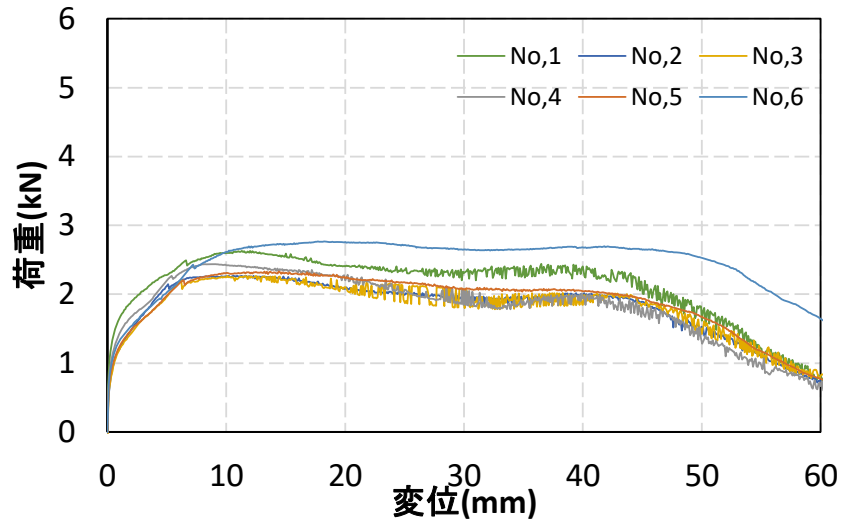


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 13 : 全層ヒノキ合板 — CNZ75 型釘頭 9.1

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
13	13-S_Wh18-7591	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

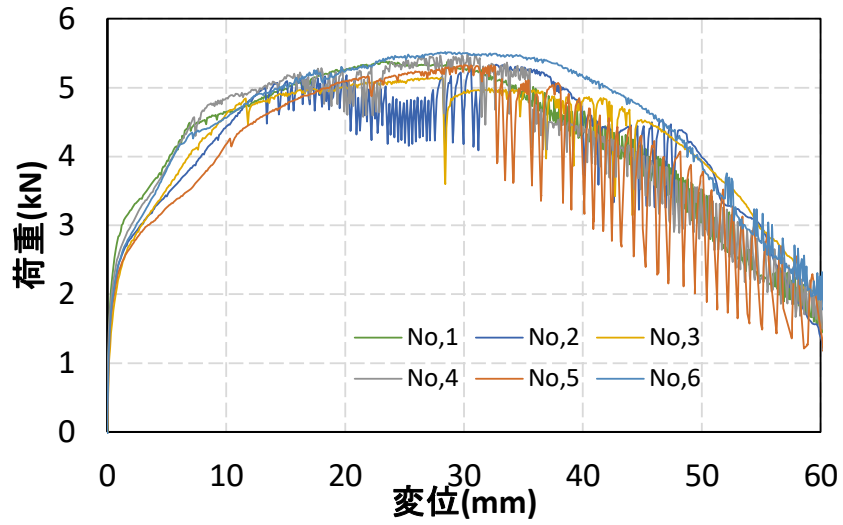
■ 代表的な写真



No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
14	14-S_Wh18-80	引抜け	パンチングアウト	パンチングアウト	引抜け	引抜け	引抜け

■代表的な写真



\_No. 1 引抜け

(No. 1, 4, 5, 6 引抜け)

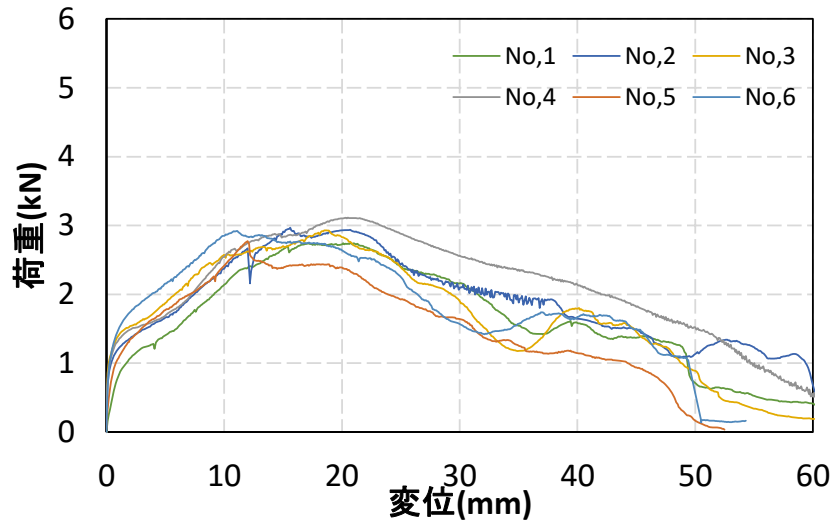


\_No. 2 パンチング

(No. 2, 3 パンチングアウト)

No. 15 : 全層ヒノキ合板 — CNZ75

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
15	15-S_Ws24-75	パンチング アウト	パンチング アウト	パンチング アウト	引抜け, 釘頭めり込み	パンチング アウト	パンチング アウト

■ 代表的な写真

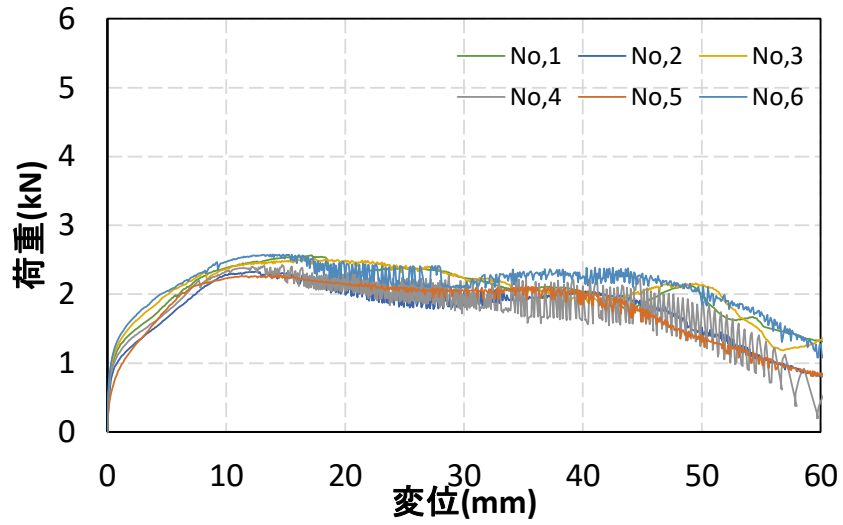


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 16 : 全層ヒノキ合板 — CNZ75 型釘頭 8.3

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
16	16-S_Ws24-7583	パンチングアウト	引抜け, 釘頭めり込み	パンチングアウト	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け, 釘頭めり込み

■ 代表的な写真



No. 2 引抜け

(No. 2, 4, 5, 6 引抜け)

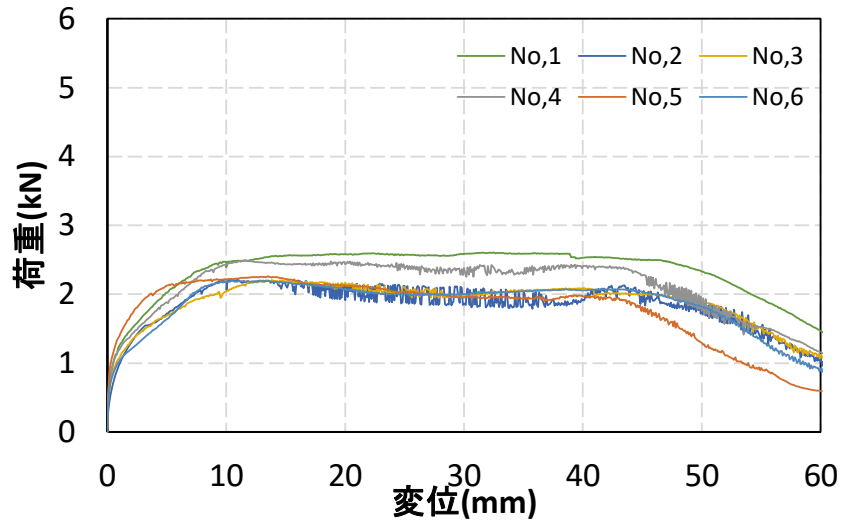


No. 1 パンチング

(No. 1, 3 パンチングアウト)

No. 17 : 全層ヒノキ合板 — CNZ75 型釘頭 9.1

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
17	17-S_Ws24-7591	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け, 釘頭めり込み

■ 代表的な写真

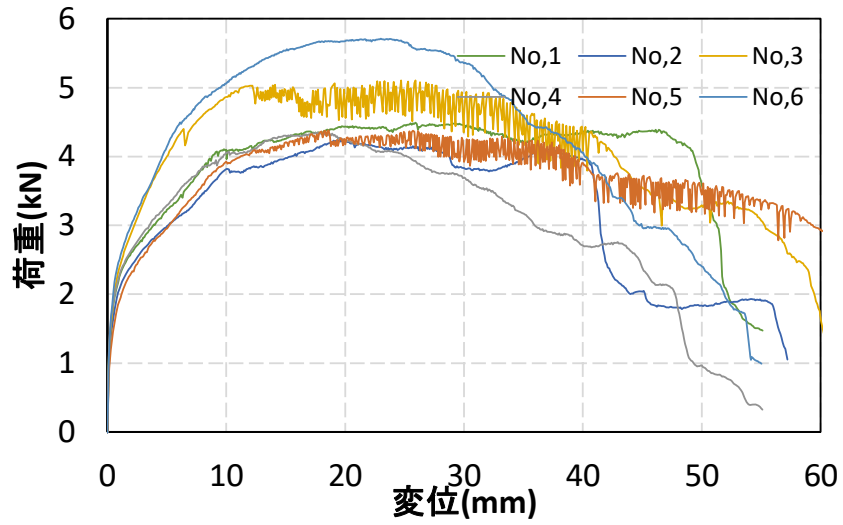


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 18 : 全層ヒノキ合板 — ZN80

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
18	18-S_Ws24-80	パンチングアウト	パンチングアウト	パンチングアウト	パンチングアウト	パンチングアウト	パンチングアウト

■代表的な写真

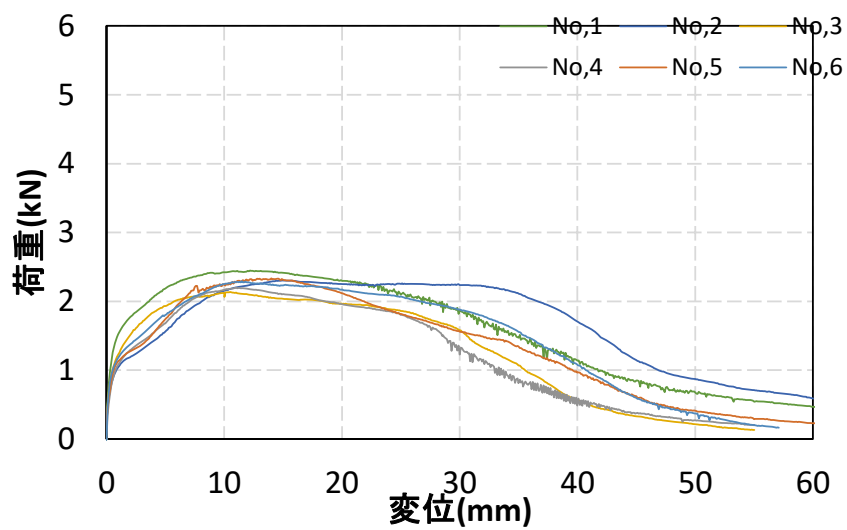


No. 1 パンチング

(No. 2~6 もパンチングアウト)



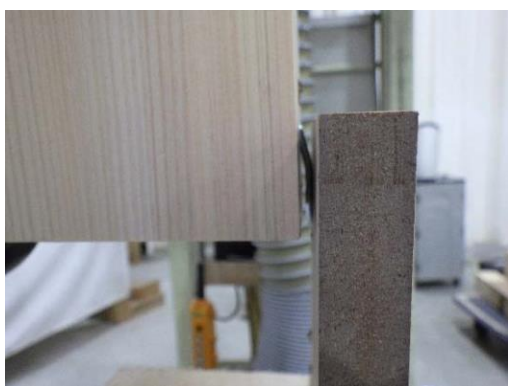
■荷重変形関係



■破壊性状

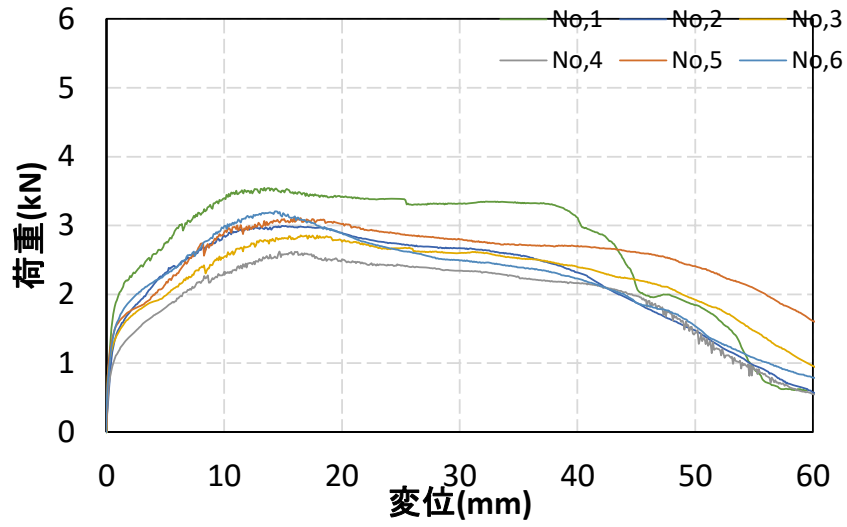
No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
19	19-S_M18-65	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■代表的な写真



No. 1 引抜け

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
20	20-S_M18-75	パンチングアウト	引抜け	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け

■代表的な写真



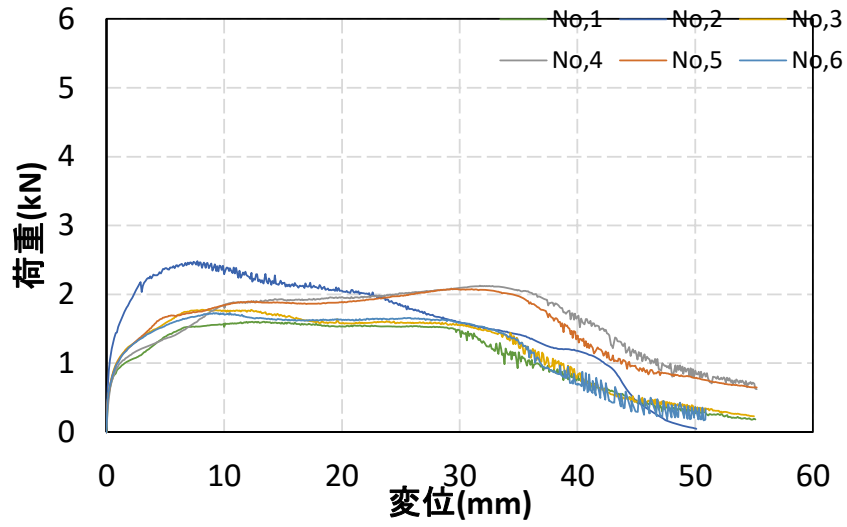
No. 2 引抜け

(No. 2, 3, 4, 5, 6 引抜け)



No. 1 パンチング

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
21	21-S_M18-6581	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

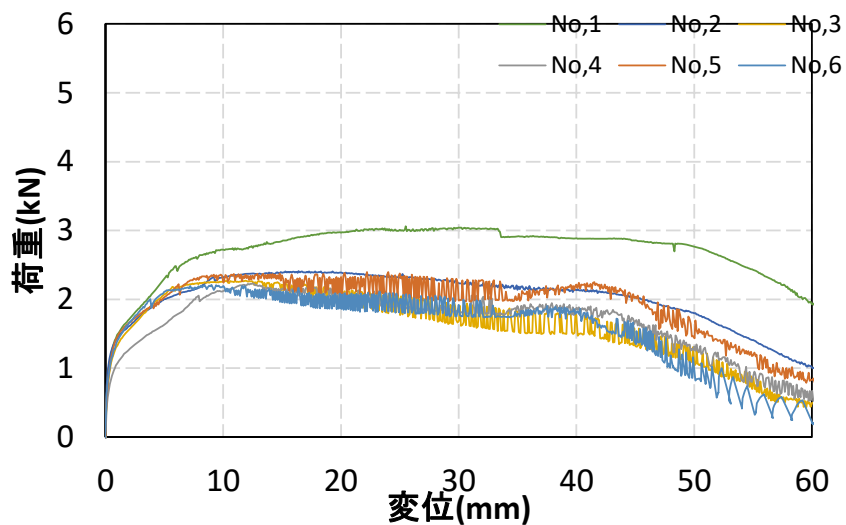
■代表的な写真



No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

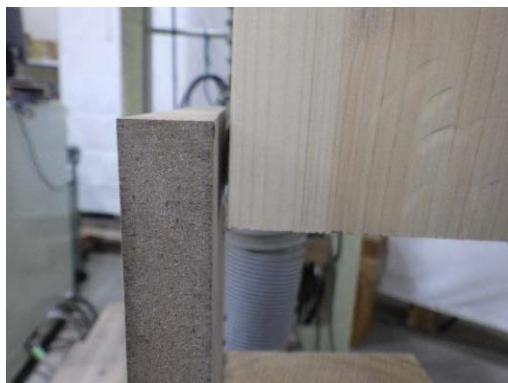
■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
22	22-S_M18-7583	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

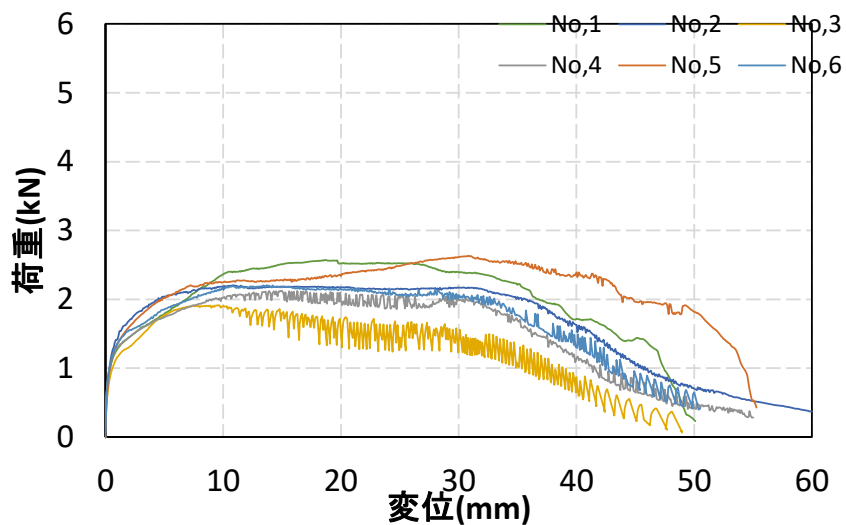
■代表的な写真



No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
23	23-S_M18-(75)65	パンチングアウト	引抜け	引抜け	引抜け	パンチングアウト	引抜け

■ 代表的な写真



No. 2 引抜け

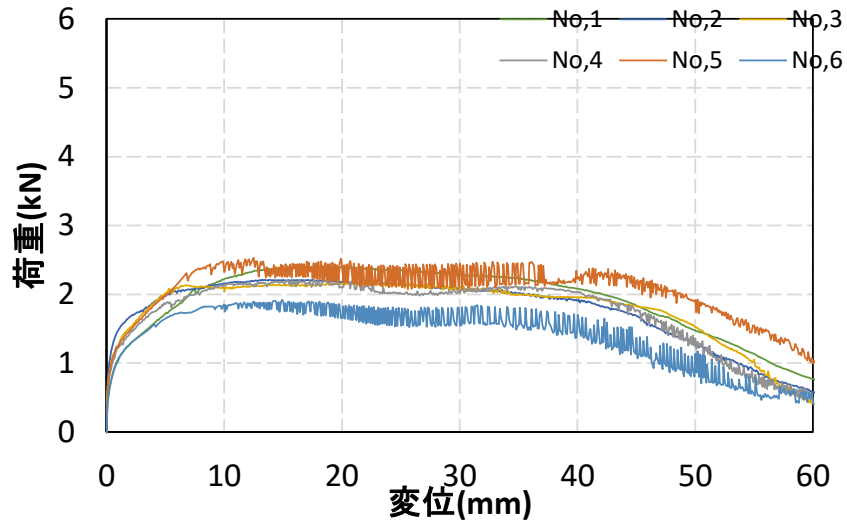
(No. 2, 3, 4, 6 引抜け)



No. 5 パンチング

(No. 1, 5 パンチングアウト)

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
24	24-S_M18-7591	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

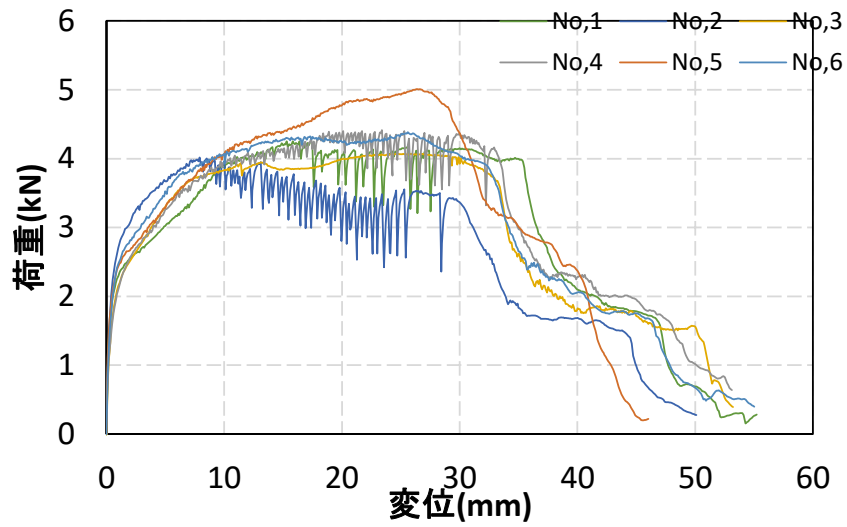
■代表的な写真



No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
25	25-S_M18-80	パンチングアウト	パンチングアウト	パンチングアウト	パンチングアウト	パンチングアウト	パンチングアウト

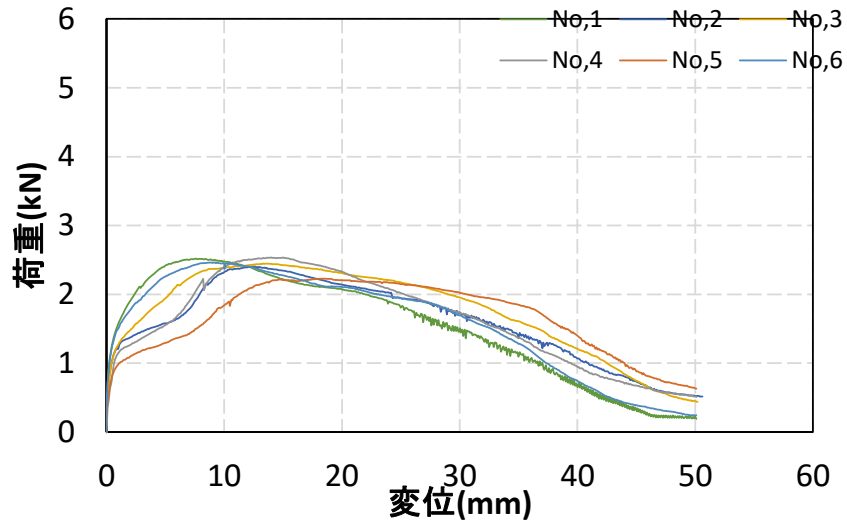
■代表的な写真



No. 1 パンチング

(No. 2~6 もパンチングアウト)

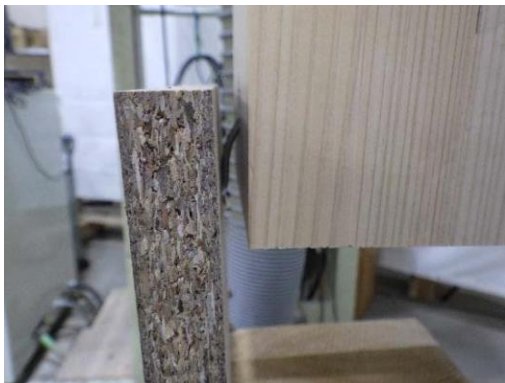
■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
26	26-S_P18-65	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■ 代表的な写真

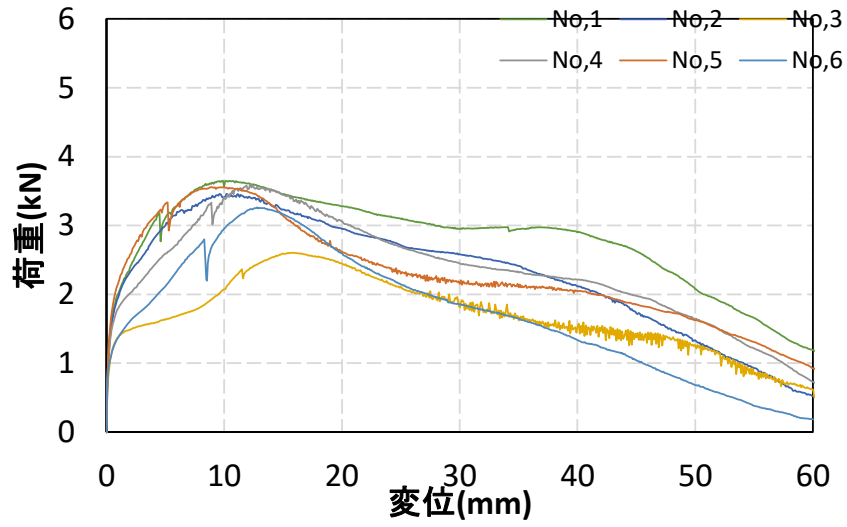


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)



■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
27	27-S_P18-75	引抜け, 釘頭めり込み	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

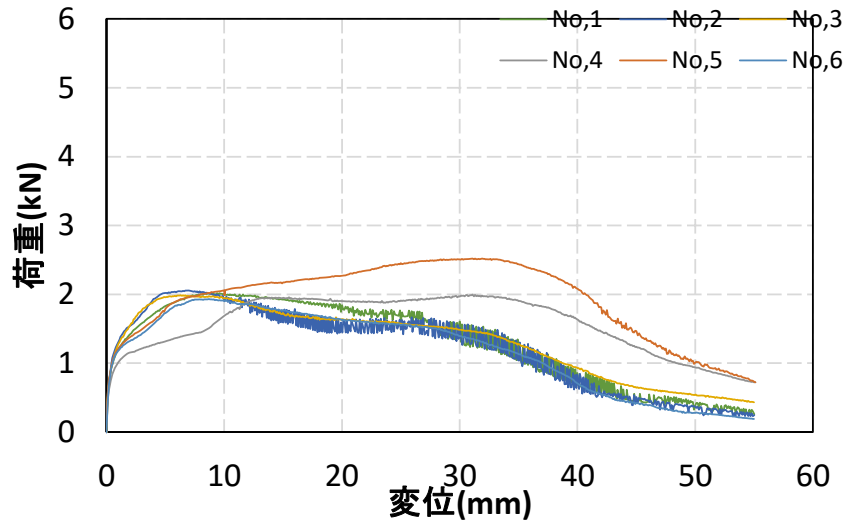
■ 代表的な写真



No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
28	28-S_P18-6581	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

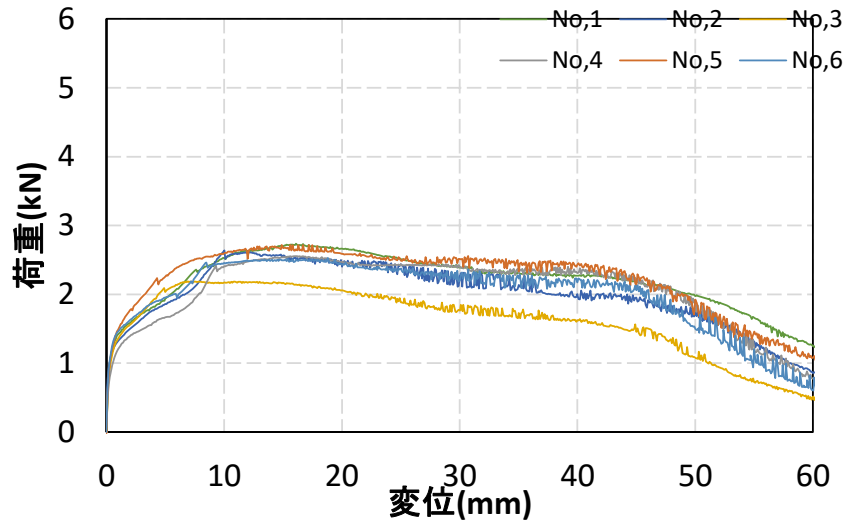
■ 代表的な写真



No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
29	29-S_P18-7583	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■ 代表的な写真

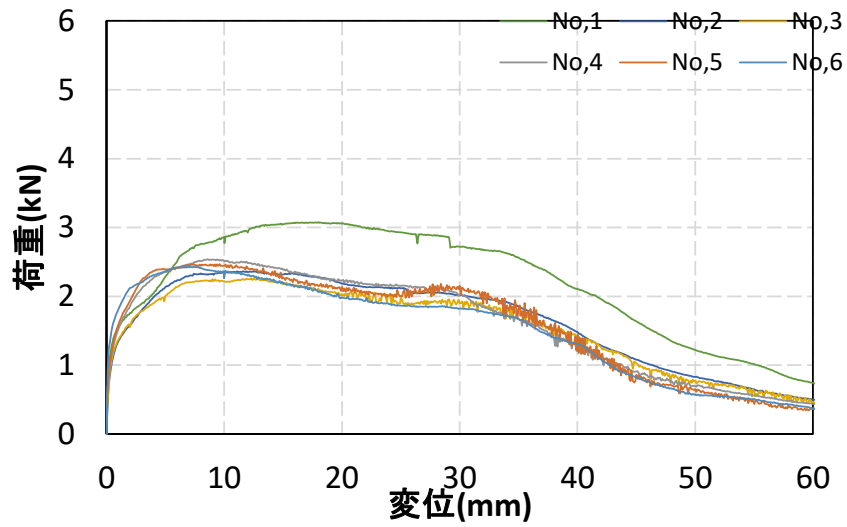


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 30:パーティクルボード — CNZ75 型 長さ 65

■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
30	30-S_P18-(75)65	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

■代表的な写真

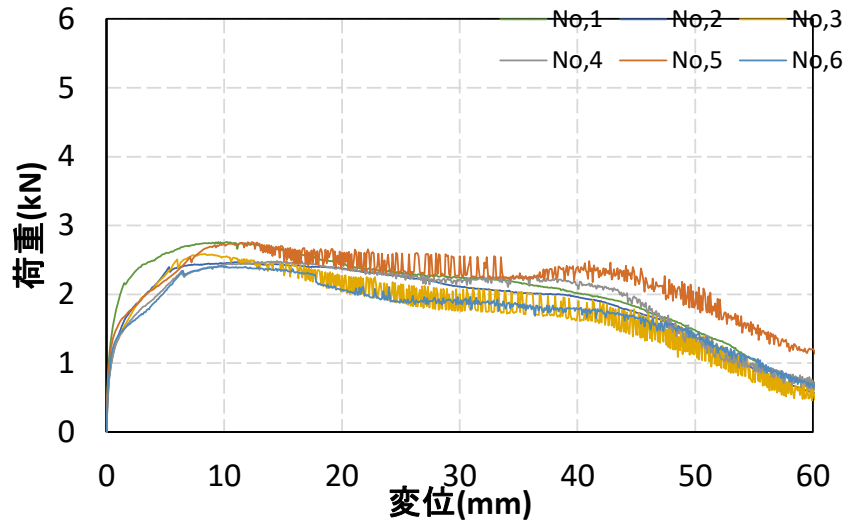


No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

No. 31: パーティクルボード — CNZ75 型釘頭 9.1

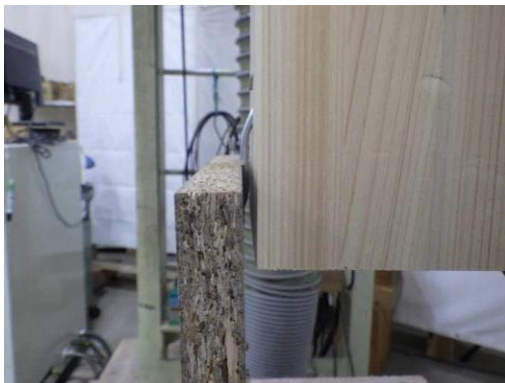
■ 荷重変形関係



■ 破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
31	31-S_P18-7591	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け	引抜け

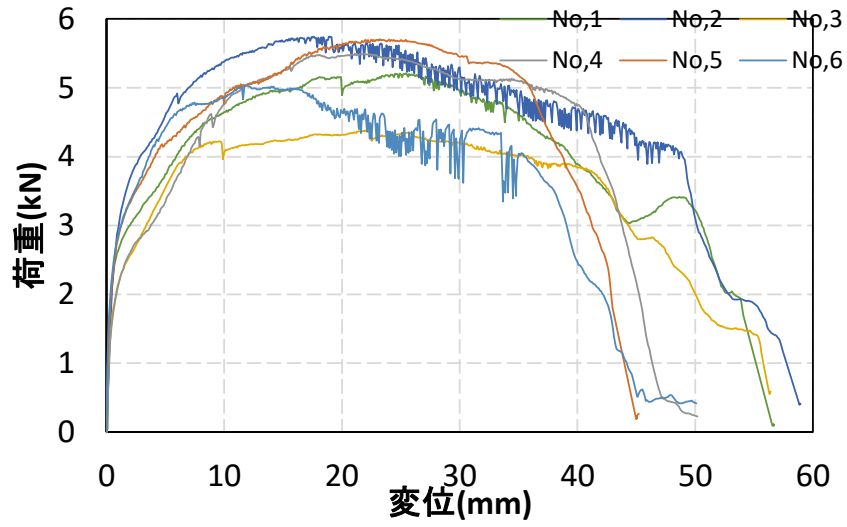
■ 代表的な写真



No. 1 引抜け

(No. 2~6 も引抜け)

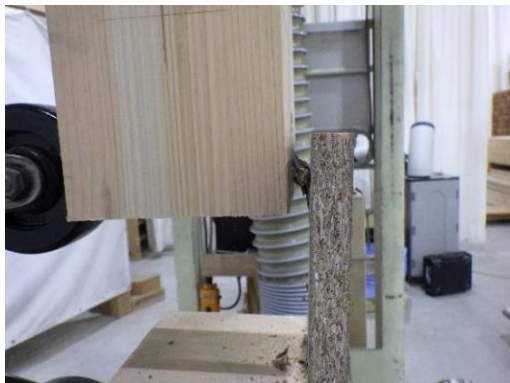
■荷重変形関係



■破壊性状

No.	試験体記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
32	32-S_P18-80	パンチングアウト、主材の割れ	パンチングアウト	パンチングアウト、主材の割れ	パンチングアウト、主材の割れ	パンチングアウト、主材の割れ	パンチングアウト

■代表的な写真



No. 1 パンチング

(No. 2~6 もパンチングアウト)

## 5.3 面材の面内せん断試験

### 5.3.1 試験計画

壁試験、各種要素試験に用いた面材について、面材面内せん断試験を行いその特性を整理する。MDF18mm厚、パーティクルボード18mm厚は昨年度と同じロットの材を使用しているため、面材面内せん断試験は省略した（昨年度実施済み）。

試験方法は ASTM D2719-13: Standard Test Methods for Structural Panels in Shear Through-the-Thickness. ASTM を参考にした。

表 5-16 試験体一覧

試験体 No.	面材種類
1	構造用合板 全層カラマツ 18mm 厚
2	構造用合板 全層ヒノキ 18mm 厚
3	構造用合板 全層スギ 24mm 厚

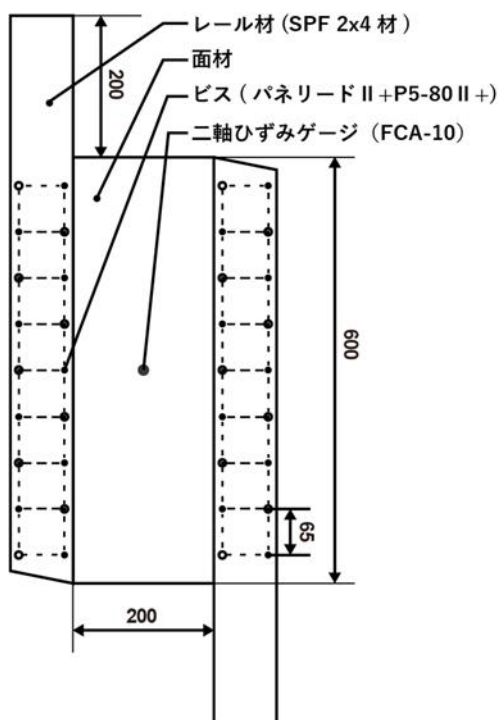


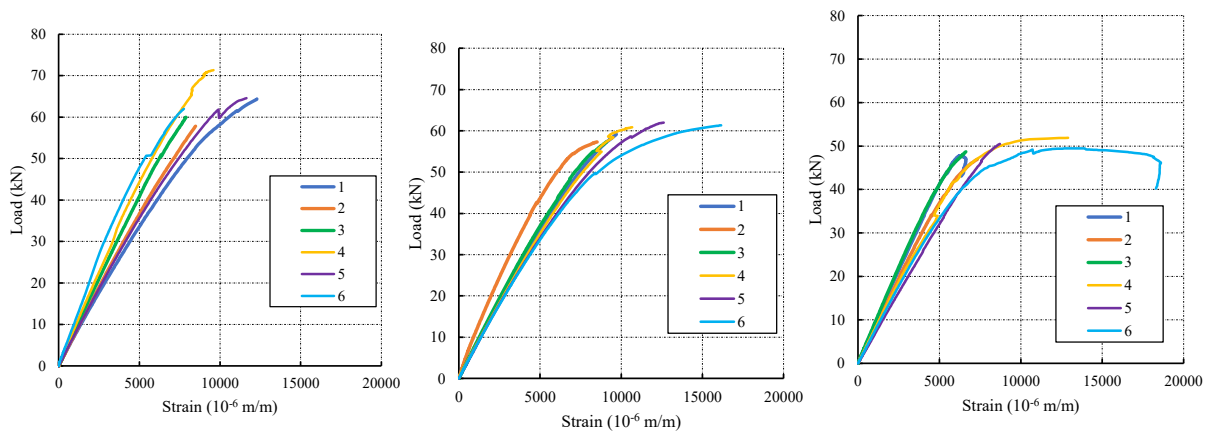
図 5-12 試験体概要図及び試験体設置状況

### 5.3.2 試験結果

構造特性値及び荷重ひずみ曲線を表 5-17、図 5-13 に示す。せん断強度はカラマツ合板 18mm>ヒノキ合板 18mm>スギ合板 24mm の順に高く、せん断剛性はいずれも 0.80kN/mm<sup>2</sup>程度と同等の結果となった。

表 5-17 構造特性値

試験体仕様	番号	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	せん断剛性 (kN/mm <sup>2</sup> )	せん断強さ (N/mm <sup>2</sup> )
カラマツ合板18mm	1	0.58	6.77	0.80	6.15
	2	0.56	5.77	0.69	6.58
	3	0.62	6.18	0.77	5.61
	4	0.61	6.39	0.81	6.62
	5	0.60	5.72	0.67	6.21
	6	0.57	6.43	1.00	6.00
	標準偏差 平均	0.02 0.59	0.41 6.21	0.12 0.79	0.38 6.20
ヒノキ合板18mm	1	0.52	6.32	0.68	5.80
	2	0.52	6.26	0.87	5.36
	3	0.54	6.95	0.71	5.53
	4	0.53	6.87	0.65	5.73
	5	0.51	6.35	0.64	5.87
	6	0.53	6.81	0.63	5.79
	標準偏差 平均	0.01 0.52	0.31 6.59	0.09 0.70	0.19 5.68
スギ合板24mm	1	0.42	7.46	0.63	3.32
	2	0.42	7.28	0.82	3.59
	3	0.39	7.44	0.66	3.43
	4	0.41	7.09	0.52	3.62
	5	0.43	7.85	0.93	3.62
	6	0.40	8.17	1.20	3.43
	標準偏差 平均	0.01 0.41	0.39 7.55	0.25 0.80	0.13 3.50



<全層カラマツ 18mm 厚>

<全層ヒノキ 18mm 合板>

<全層スギ 24mm 合板>

図 5-13 荷重-ひずみ曲線



## 5.4 考察・まとめ

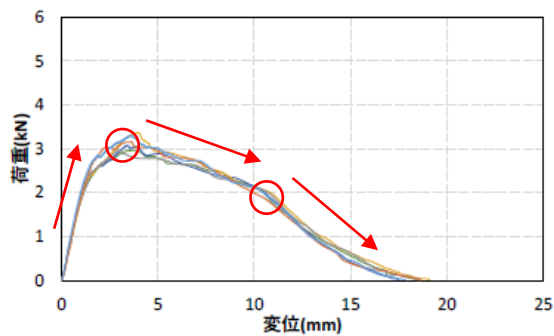
### (1) 釘の一面せん断試験・釘頭貫通力試験の試験結果について

[釘の一面せん断試験]

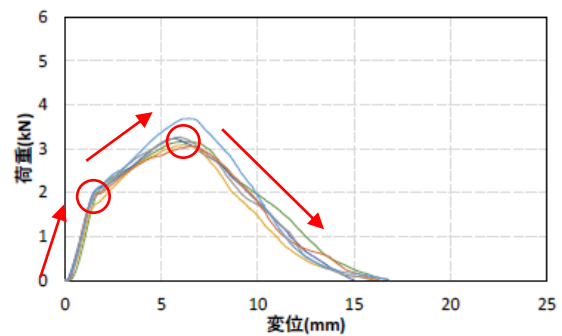
- ・全層スギ合板 24mm 厚や ZN80 釘を用いた仕様はパンチングアウトが多い結果となった。  
→全層スギは面材の密度不足、ZN80 は釘が太く打ち込み長さが深いため引抜けにくいことが要因と考えられる。

[釘頭の貫通力試験]

- ・全層スギ合板 24mm の釘頭貫通力は、他の面材仕様に比べ剛性・耐力ともに低い結果となった。
- ・全層カラマツ合板、全層ヒノキ合板の P- $\delta$  の傾向は、全層カラマツ合板の方がやや耐力が高い結果となった。また、全層ヒノキは6体のばらつきが小さい傾向にある。
- ・MDF とパーティクルボードの P- $\delta$  の傾向もやや異なる。  
MDF は最大荷重までほぼ線形で進み、 $\delta=10\text{mm}$  程度で2段階に荷重低下している。  
パーティクルボードは 2kN で降伏したのち最大荷重を迎え、荷重低下している。



<MDF18mm-CNZ65 型 釘頭 8.1>



<PB18mm-CNZ65 型 釘頭 8.1>

図 5-14 釘頭貫通力試験 MDF・PB の比較

壁試験では両仕様ともほぼ同じ性能だったため、壁試験では釘頭貫通性能に影響の無い範囲で挙動したと思われる。

[一面せん断試験・釘頭貫通力試験]

- ・一面せん断試験でパンチングアウトした ZN80 釘を用いた試験について、最大荷重の関係が以下のようになった。

	全層スギ合板	MDF	パーティクルボード
釘の一面せん断試験	4.71kN	4.36kN	5.26kN
釘頭の貫通力試験	3.04kN	4.56kN	4.10kN

合板、パーティクルボードは貫通力試験に比べ一面せん断試験の最大荷重が高くなった。これは一面せん断試験で釘に作用する力が斜め方向となり、面材の繊維による抵抗が増したためと考えられる。一方でMDFは繊維方向がないため、上記の傾向にはならなかったと思われる。

## (2) 釘の一面せん断試験結果を用いた詳細計算法への適用例

壁試験 No. 43 (全層カラマツ合板 18mm 厚 大壁 CNZ75@100mm 2列千鳥、横方向@200mm 2列千鳥) の仕様について、大壁の詳細計算法に適用した結果を以下に示す。

①釘の一面せん断データ 全層カラマツ-CNZ75	k	12.43 kN/cm	
	$\delta v$	0.214 cm	
	$\delta u$	2.054 cm	
	$\angle Pv$	2.59 kN	
②面材について			
	厚さ t	18 mm	
	面積 (下側) $A_{w下}$	16562 cm <sup>2</sup>	
	面積 (上側) $A_{w上}$	14760.2 cm <sup>2</sup>	
	せん断弾性係数 $G_B$	97 kN/cm <sup>2</sup>	
③釘の配列による $I_{xy}$ 、 $Z_{xy}$ 、 $C_{xy}$			
	$I_{xy下}$	7.7308	
	$Z_{xy下}$	0.1921	
	$C_{xy下}$	1.0260	
	$I_{xy上}$	7.2100	
	$Z_{xy上}$	0.1812	
	$C_{xy上}$	1.0550	
④面材張り大壁の 回転剛性 $K_0$			
	$K_0 = A_w / (1/I_{xy} \cdot k) + (1/G_B \cdot t)$		
	$K_0下 =$	1508480 kN・cm/rad	
	$K_0上 =$	1258228 kN・cm/rad	
	$K_0 = \sum K_{0i} =$	2766708 kN・cm/rad	
⑤変形角1/150rad時の モーメント $K_0/150 (=M_{150})$			
	$K_0/150$	18444.7212 kN・cm	
⑥面材張り大壁の 降伏モーメント $M_y$			
	$M_y = A_w \cdot Z_{xy} \cdot \angle Pv$		
	$M_y下 =$	8240.4 kN・cm	
	$M_y上 =$	6925.7 kN・cm	
	$M_y = \sum M_{yi} =$	15166.0 kN・cm	
⑦面材張り大壁の 終局モーメント $M_u$			
	$M_u = C_{xy} \cdot M_y$		
	$M_u下 =$	8454.6 kN・cm	
	$M_u上 =$	7306.4 kN・cm	
	$M_u = \sum M_{ui} =$	15761.0 kN・cm	
⑧面材張り大壁の 塑性率 $\mu$			
	$\mu = (\delta u \cdot G_B \cdot t + \delta v \cdot I_{xy} \cdot k) / \{ \delta v (G_B \cdot t + I_{xy} \cdot k) \}$		
	$\mu下 =$	9.15	
	$\mu上 =$	9.18	
	$\mu = \min(\mu下, 上) =$	9.15	
⑨面材張り大壁の $0.2\sqrt{2\mu-1} \times M_u$			
	$0.2\sqrt{2\mu-1} \times M_u =$	13110.7 kN・cm	
⑩面材張り大壁の 許容せん断耐力 $P_a$			
	$P_y = 1/H \times M_y =$	41.2 kN	
	$P_{150} = 1/H \times K_0/150 =$	50.1 kN	
	$0.2\sqrt{2\mu-1} \times P_u = 1/H \times 0.2\sqrt{2\mu-1} \times M_u =$	35.6 kN	
	$P_a =$	35.6 kN	
		20.0 倍	

壁試験 No. 45 (全層スギ合板 24mm 厚 真壁 CNZ75@50mm 2列千鳥、横方向@200mm 2列千鳥) の仕様について、大壁の詳細計算法に適用した結果を以下に示す。

①釘の一面せん断データ 全層スギ-CNZ75	k	9 kN/cm		
	$\delta v$	0.339 cm		
	$\delta u$	2.606 cm		
	$\angle Pv$	2.47 kN		
②面材について				
	厚さ t	24 mm		
	面積 (下側) $A_{w下}$	16562 cm <sup>2</sup>		
	面積 (上側) $A_{w上}$	14760.2 cm <sup>2</sup>		
	せん断弾性係数 $G_B$	97 kN/cm <sup>2</sup>		
③釘の配列による $I_{xy}$ 、 $Z_{xy}$ 、 $C_{xy}$				
	$I_{xy下}$	9.6412		
	$Z_{xy下}$	0.2225		
	$C_{xy下}$	1.1999		
	$I_{xy上}$	8.8848		
	$Z_{xy上}$	0.2151		
	$C_{xy上}$	1.2457		
④面材張り大壁の 回転剛性K0				
	$K0 = A_w / (1/I_{xy} \cdot k) + (1/G_B \cdot t)$			
	$K0下 =$	1385464 kN・cm/rad		
	$K0上 =$	1141077 kN・cm/rad		
	$K0 = \sum K0i =$	2526541 kN・cm/rad		
⑤変形角1/150rad時の モーメントK0/150 (=M150)				
	$K0/150$	16843.6057 kN・cm		
⑥面材張り大壁の 降伏モーメントMy				
	$My = A_w \cdot Z_{xy} \cdot \angle Pv$			
	$My下 =$	9100.9 kN・cm		
	$My上 =$	7843.6 kN・cm		
	$My = \sum Myi =$	16944.5 kN・cm		
⑦面材張り大壁の 終局モーメントMu				
	$Mu = C_{xy} \cdot My$			
	$Mu下 =$	10920.3 kN・cm		
	$Mu上 =$	9770.9 kN・cm		
	$Mu = \sum Mu_i =$	20691.2 kN・cm		
⑧面材張り大壁の 塑性率 $\mu$				
	$\mu = (\delta u \cdot G_B \cdot t + \delta v \cdot I_{xy} \cdot k) / \{ \delta v (G_B \cdot t + I_{xy} \cdot k) \}$			
	$\mu下 =$	7.45		
	$\mu上 =$	7.47		
	$\mu = \min(\mu下, 上) =$	7.45		
⑨面材張り大壁の $0.2\sqrt{2\mu-1} \times Mu$				
	$0.2\sqrt{2\mu-1} \times Mu =$	15425.1 kN・cm		
⑩面材張り大壁の 許容せん断耐力Pa				
	$P_y = 1/H \times My =$	46.0 kN		
	$P_{150} = 1/H \times K0/150 =$	45.8 kN		
	$0.2\sqrt{2\mu-1} \times P_u = 1/H \times 0.2\sqrt{2\mu-1} \times Mu =$	41.9 kN		
	$P_a =$	41.9 kN		
		23.5 倍		

釘の一面せん断試験により得られた釘の特性値を用い詳細計算法に適用した結果、実験結果に比べ高い耐力となった。

そこで、耐力壁試験の結果に収束するように釘の特性値を変化させて得られた釘の特性値と、釘の一面せん断試験により得られた釘の特性値を比較すると以下ようになった。

釘の一面せん断試験の釘特性値より逆算により得られた釘特性値の方が剛性耐力ともに低い結果となった。

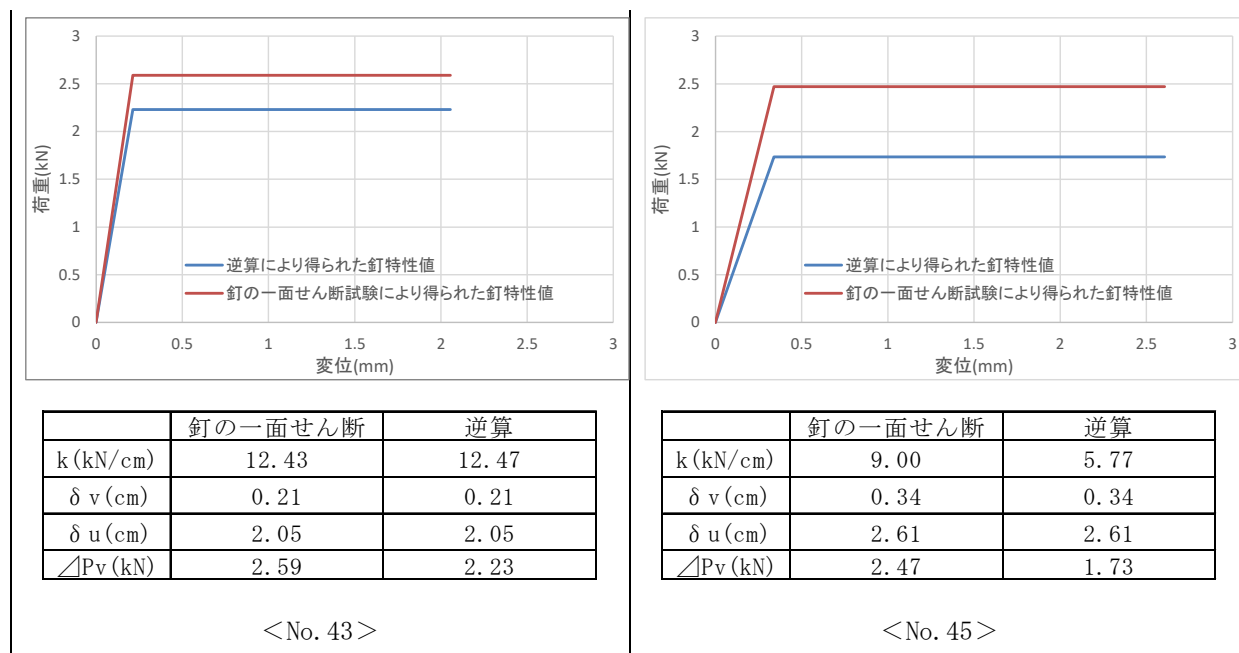


図 5-15 算出法による釘特性値の比較

## 5.5 次年度以降に向けての開発の方向性

### ①釘の一面せん断試験による釘特性値

樹種が異なる場合や面材厚が異なる場合における釘一面せん断試験の実施及びデータの整理

### ②グレー本に準拠した耐力壁試験による釘特性値

釘特性値を求めるためのグレー本に準拠した耐力壁試験実施し、釘の一面せん断試験により得られる釘特性値との比較及び検討の実施

### ③面材の面内せん断試験

面材厚を変化させた場合の面材の面内せん断試験の実施及びデータの整理

### ④その他要素試験

釘種類や樹種、面材厚を変化させた場合の釘頭貫通力試験、側面抵抗試験、釘の引抜け試験の実施及びデータの整理

### ⑤各種実験データを用いた詳細計算等による検討

各種データを用いた耐力壁特性を算出する詳細計算法への適用及び計算手法の検討