

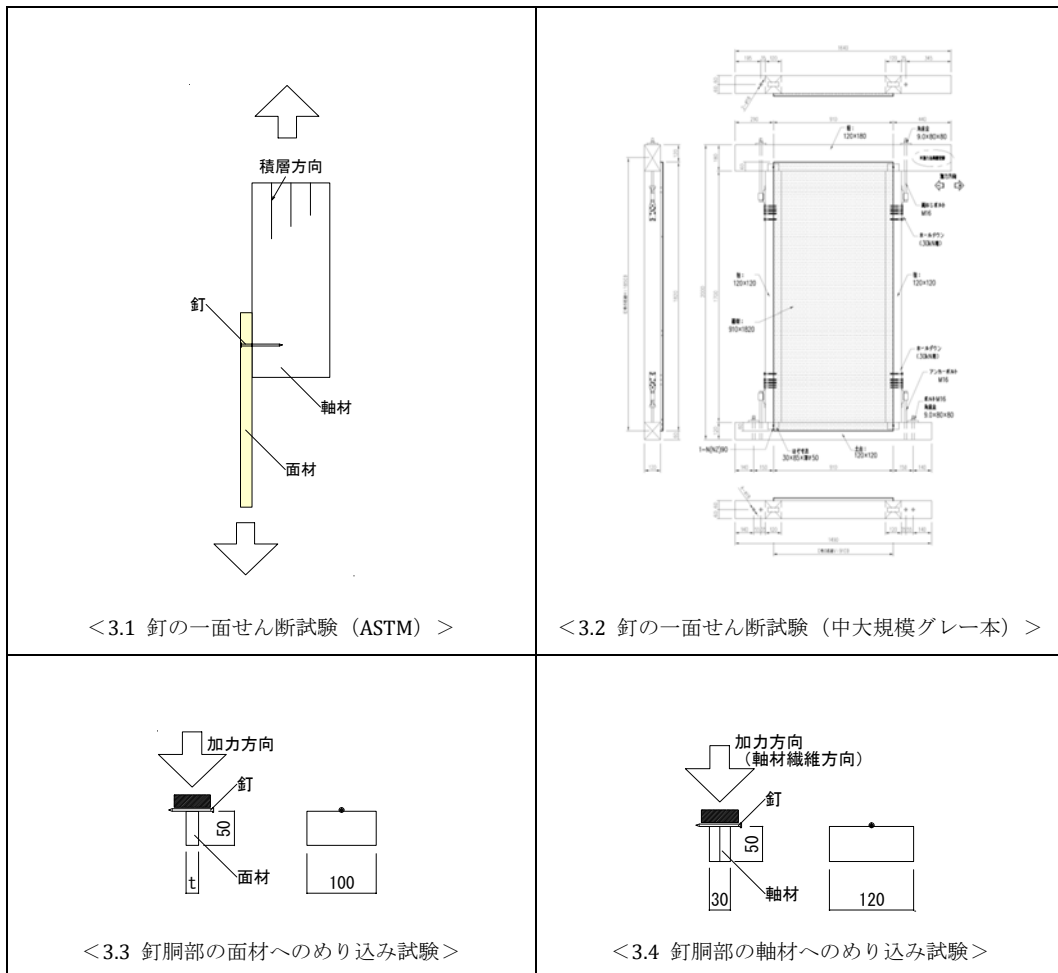
## 第3章 要素試験

### 3. 要素試験

要素試験は、本事業の開発目標である高耐力壁を実現するために、高耐力壁の各部要素を切り出して、それらの組合せにより高耐力壁の構造的性能が解析できるよう、必要な各種データを揃えることを目的に要素試験を実施しそのデータを整理する。

前節で示したようにこれまで耐力壁の標準仕様として軸材の樹種ヒノキとしていたものから、軸材の樹種スギを追加する。耐力壁試験においては軸材の樹種スギとしても十分な性能を確認することができたが、各種要素試験のデータはまだ揃っていない。

本節では、軸材の樹種をスギとした仕様や、過年度に実施した試験で抜けているデータを補足するために図 3-1 に示す各種要素試験を実施する。



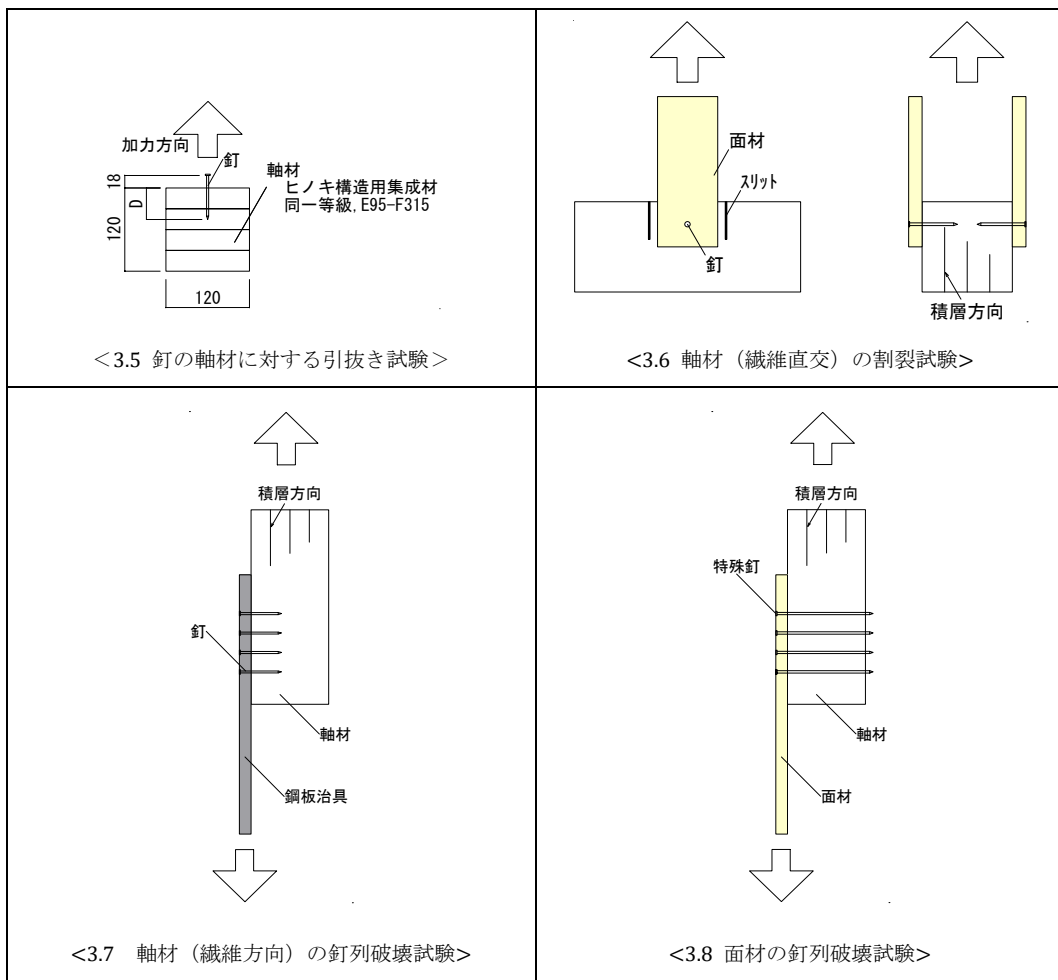


図 3-1 今期実施した要素試験一覧

### 3.1 釘の一面せん断試験（ASTM 準拠）

#### 3.1.1 目的

釘の一面せん断特性は中大規模グレー本等で紹介される通り詳細計算法に用いるための特性値である。中大規模グレー本に示される特性値は面材、接合具の組合せの一例にすぎず、本事業で目標とする換算壁倍率 15 倍で靱性のある仕様の種類を拡充するには、あらゆる組合せで試験を行い整理する必要がある。

これまで軸材の樹種をヒノキとした仕様を主に試験を行い特性、破壊性状を整理してきたが、設計者から軸材の樹種をスギとした仕様も欲しいとの要望もある。

そこで本試験では、軸材の樹種をスギとした釘の一面せん断試験は ASTM1761 を参考にした要素試験で行い、釘の特性値及び破壊性状を整理すること、また過年度までの成果（軸材樹種ヒノキ）との比較することを目的とする。

### 3.1.2 試験計画

#### (1) 試験体仕様

試験体軸仕様を表 3-1 に示す。面材（側材）は構造用合板 18mm 厚（全層カラマツ、全層ヒノキ）、同 24mm 厚（全層スギ）、MDF 18mm 厚、パーティクルボード 18mm 厚とした。軸材（主材）はスギ集成材（同一等級構成構造用集成材、E65-F255）、ヒノキ集成材（同一等級構成構造用集成材、E95-F315）とした。ヒノキ集成材の仕様は釘 5 本で留めつける仕様とした。

表 3-1 試験体仕様一覧

No.	面材（側材）		軸材（主材）	加力方法	釘（接合具）	試験体数
1	構造用合板 18mm 厚 (全層カラマツ)	繊維 平行 方向 (表層)	スギ、 同一等級構成 構造用集成 材、 E65-F225 繊維平行方向	単調載荷	CNZ75 (1 本)	各 6 体
2	構造用合板 18mm 厚 (全層ヒノキ)					
3	構造用合板 24mm 厚 (全層スギ)					
4	MDF 18mm 厚					
5	パーティクルボード 18mm 厚					
6	構造用合板 18mm 厚 (全層カラマツ)	繊維 平行 方向 (表層)	ヒノキ、 同一等級構成 構造用集成 材、 E95-F315、 繊維平行方向	単調載荷	CNZ75 (5 本)	各 6 体
7	構造用合板 24mm 厚 (全層スギ)					
8	MDF 18mm 厚					

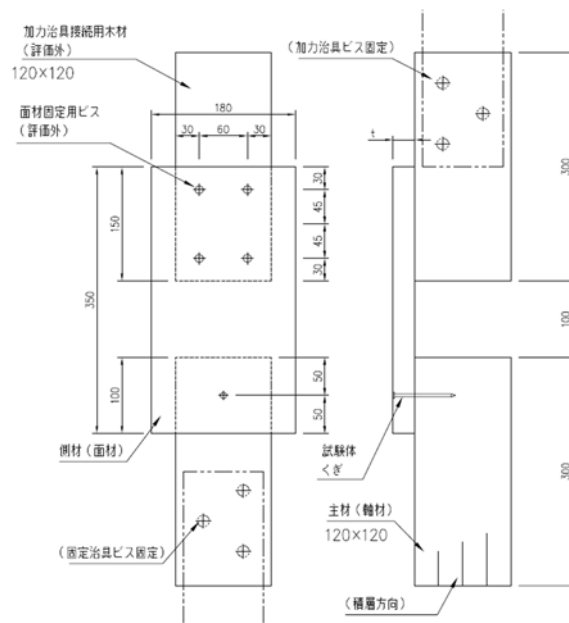


図 3-2 試験体図例（釘 1 本タイプ）

## (2) 計測計画

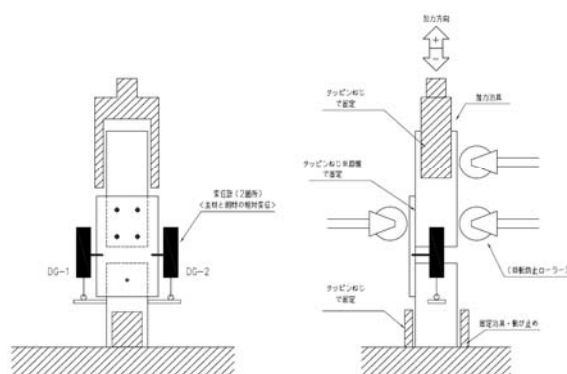


図 3-3 試験方法概要図



図 3-4 試験体設置状況

## (3) 加力計画

一方向単調引張载荷で試験载荷速度は  $0.2\text{mm/sec}$  とする。加力は試験体が十分な破壊に至るまで行う。最大荷重は破壊荷重時の変位が  $30\text{mm}$  以下の場合には、これを最大荷重として扱い、 $30\text{mm}$  を超える場合には、変位が  $30\text{mm}$  以内の最高荷重を最大荷重とする。特性値の算出においては、最大荷重値の  $80\%$  まで低下した時を終局時として評価をする。

## (4) 包絡線の作成及び各特性値の求め方

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）を引く。
- ② 包絡線上の  $0.4P_{\max}$  と  $0.9P_{\max}$  を結ぶ直線（第Ⅱ直線）を引く。
- ③ 包絡線に接するまで第Ⅱ直線を平行移動し、これを第Ⅲ直線とする。
- ④ 第Ⅰ直線と第Ⅲ直線との交点の荷重を降伏耐力  $P_y$  とし、この点から X 軸に平行に直線（第Ⅳ直線）を引く。
- ⑤ 第Ⅳ直線と包絡線との交点の変位を降伏変位  $\delta_y$  とする。
- ⑥ 原点と  $(\delta_y, P_y)$  を結ぶ直線（第Ⅴ直線）を初期剛性  $K$  と定める。
- ⑦ 最大荷重後の  $0.8P_{\max}$  荷重低下域の包絡線上の変位又は  $30\text{mm}$  のいずれか小さい変位を終局変位  $\delta_u$  と定める。
- ⑧ 包絡線と X 軸及び  $\delta_u$  で囲まれる面積を  $S$  とする。
- ⑨ 第Ⅴ直線と  $\delta_u$  と X 軸及び X 軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が  $S$  と等しくなるように X 軸に平行な直線（第Ⅵ直線）を引く。
- ⑩ 第Ⅴ直線を第Ⅵ直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの降伏耐力と定め、これを終局耐力  $P_u$  と読み替える。その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位  $\delta_v$  とする。
- ⑪  $\mu = (\delta_u / \delta_v)$  を塑性率とする。

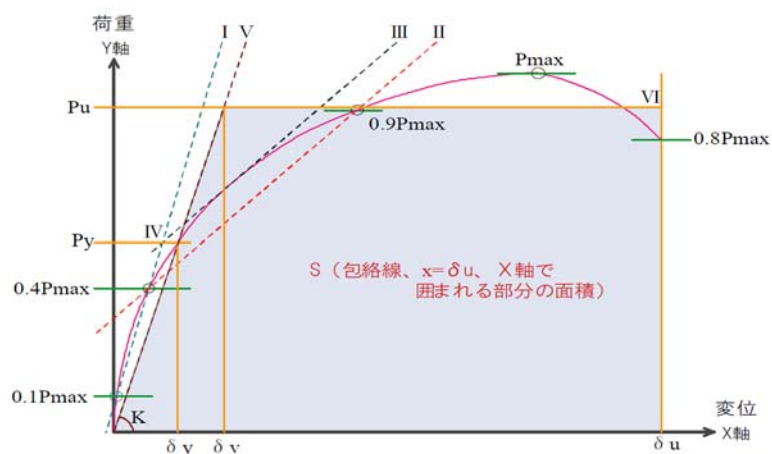


図 3-5 完全弾塑性モデルによる降伏耐力、終局耐力の求め方

短期基準接合耐力は、降伏耐力  $P_y$  又は最大荷重の  $2/3$  の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方の値とした。なお、ばらつき係数は母集団の分布形を正規分布とみなし、統計的処理に基づく信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値をもとに次式より求める。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k \quad (CV: \text{変動係数、} k: \text{定数 } 2.336 \text{ 【試験体数 } n=6 \text{ の時】})$$

### 3.1.3 試験結果

#### (1) 結果概要

試験結果の概要を表 3-2 に示す。釘 1 本の仕様は釘の引抜け破壊となった。釘 5 本の仕様は釘列に沿った割裂及び釘の引抜けとなった。

表 3-2 構造特性値一覧 (6 体平均値)

面材の種類		厚さ t (mm)	軸材 樹種	釘	k kN/cm	$\delta v$ cm	$\delta u$ cm	$\angle Pv$ kN	実施年度	破壊性状
構造用 合板	カラマツ	18	スギ	CNZ75	19.90	0.13	1.40	2.21	2025年	釘の引抜け
	ヒノキ	18	スギ	CNZ75	19.17	0.12	1.57	2.09	2025年	釘の引抜け
	スギ	24	スギ	CNZ75	19.92	0.13	1.74	2.08	2025年	釘の引抜け
MDF		18	スギ	CNZ75	20.19	0.10	1.63	1.87	2025年	釘の引抜け
パーティクルボード		18	スギ	CNZ75	18.57	0.12	1.51	2.00	2025年	釘の引抜け
構造用 合板	カラマツ	18	ヒノキ	CNZ75 (5本)	11.50	0.22	1.85	2.43	2025年	釘の引抜け、軸材の割れ
	スギ	24	ヒノキ	CNZ75 (5本)	12.41	0.20	2.23	2.37	2025年	釘の引抜け、軸材の割れ
MDF		18	ヒノキ	CNZ75 (5本)	9.97	0.24	2.11	2.40	2025年	釘の引抜け、軸材の割れ

## (2) 荷重変形関係

荷重変形関係を図 3-6 に示す。いずれの試験体も  $\delta = 10\text{mm}$  程度で最大荷重を迎え、その後荷重低下する傾向となった。

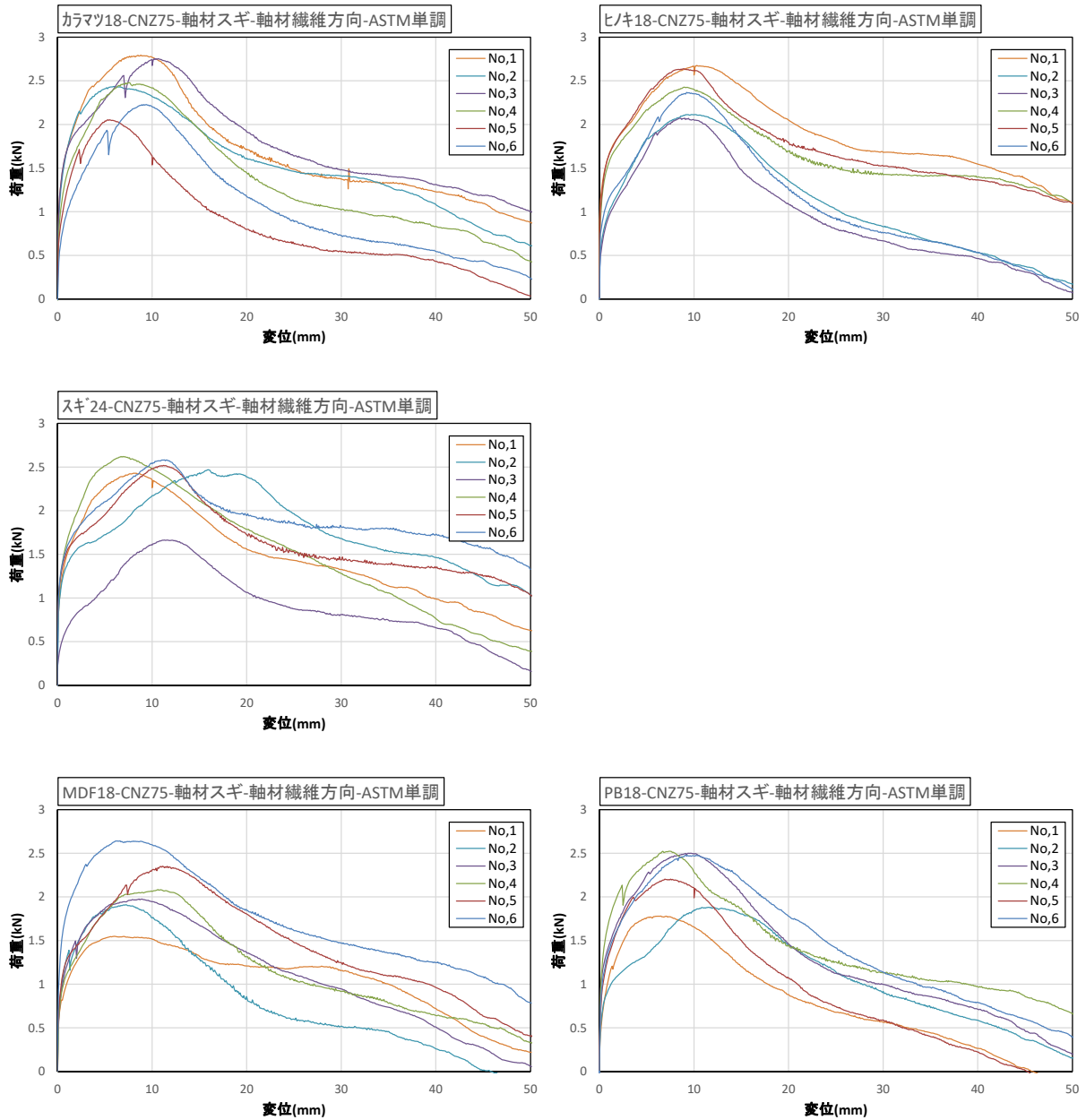


図 3-6 荷重変形関係 (釘 1 本タイプ)

釘 5 本の仕様の荷重変形関係を図 3-7 に示す。  $\delta = 10\text{mm}$  程度で最大荷重を迎え、その後荷重低下する傾向となった。最大荷重以降に荷重が上下しているものは釘の引抜けに伴うものと考えられる。

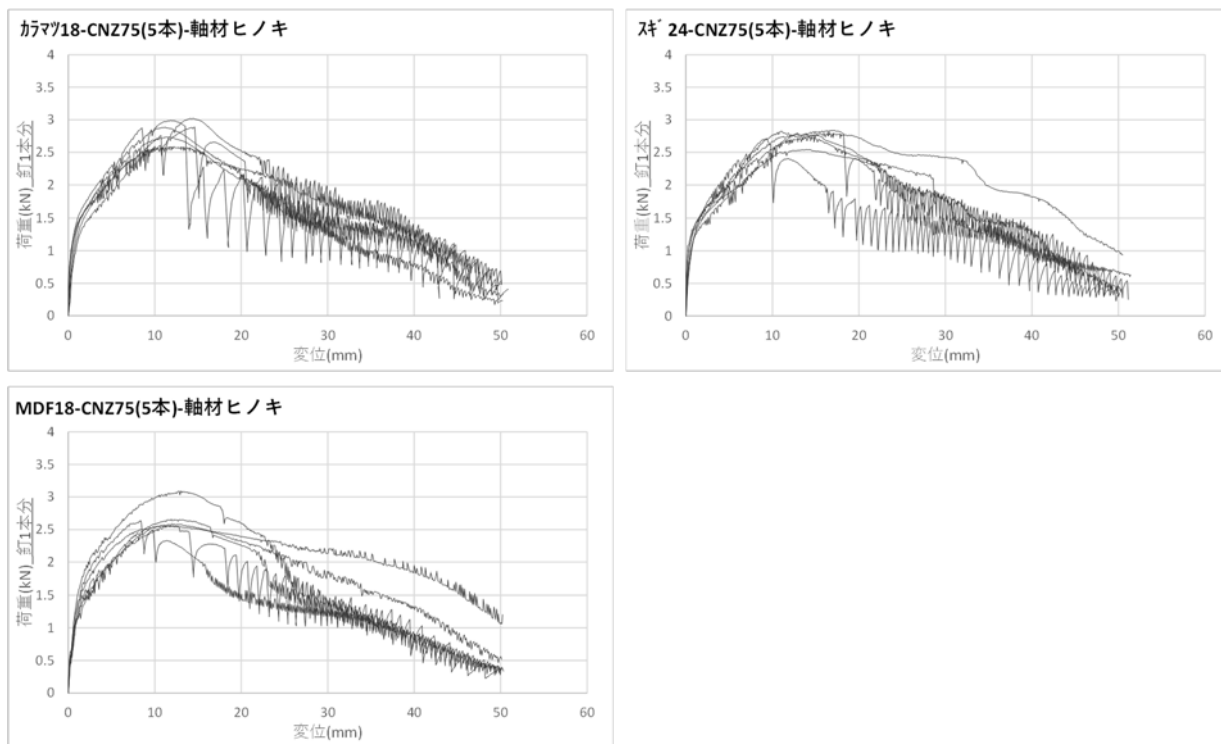


図 3-7 荷重変形関係 (釘 5 本タイプ)

### 3.1.4 考察

#### (1) 軸材の樹種による比較（過年度成果との比較；スギ、ヒノキ）

軸材の樹種（ヒノキ、スギ）の違いによる特性値比較を以下に示す。軸材ヒノキ（過去実施）と比べ、剛性  $K (=Py/\delta y)$  は概ね同等。ただし、やや高くなる試験体もある。また、全体的に耐力は低く、終局変位は小さくなる傾向にある。

## 要素試験 / ①釘の一面せん断試験(ASTM準拠)

### 1) 試験結果

#### ② 特性値

軸材ヒノキ(過去実施)と比べ、剛性  $K (=Py/\delta y)$  がやや高くなる試験もある。また全体的に耐力、終局変位は小さくなる傾向にある。

表. 試験結果(今年度実施分と過年度分の比較)

面材の種類		厚さt (mm)	軸材樹種	特性値(6体平均)			
				k (kN/cm)	$\delta v$ (cm)	$\delta u$ (cm)	$\Delta Pv$ (kN)
構造用合板	全層カラマツ	18	ヒノキ	12.43	0.21	2.05	2.59
			スギ	19.90	0.13	1.40	2.21
	全層ヒノキ	18	ヒノキ	16.72	0.15	2.45	2.19
			スギ	19.17	0.13	1.57	2.09
	全層スギ	24	ヒノキ	9.00	0.34	2.61	2.47
			スギ	19.92	0.13	1.74	2.08
MDF		18	ヒノキ	15.22	0.19	2.95	2.72
			スギ	20.19	0.10	1.63	1.87
パーティクルボード		18	ヒノキ	21.18	0.15	2.31	2.92
			スギ	18.57	0.12	1.51	2.00

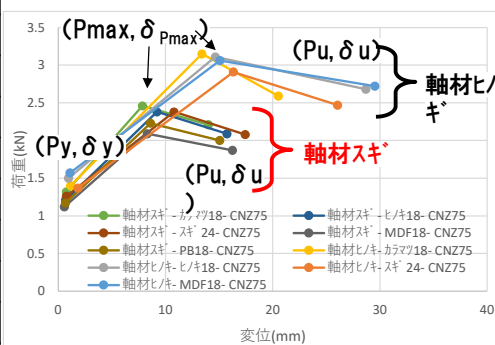


図. 特定の荷重変位関係

## (2) 釘本数による比較（1本、5本）

面材を留めつける釘本数（1本、5本）による特性への影響を確認する。釘1本仕様は2023年度に実施した試験結果を用いる。

荷重変形関係の比較を図3-8に、特性値の比較を表3-3に示す。

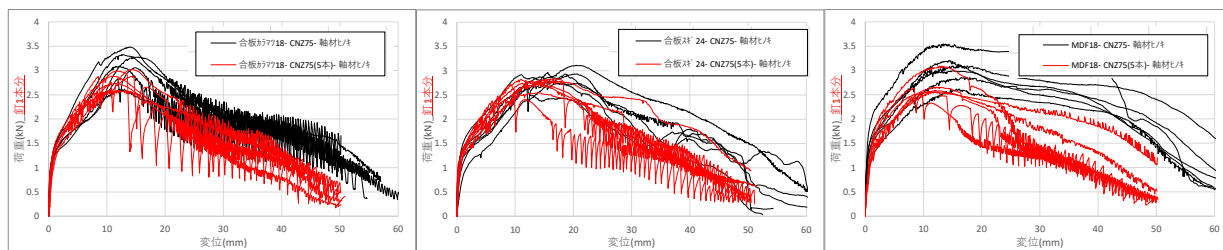


図 3-8 荷重変形関係

表 3-3 特性値一覧

面材の種類		厚さ t (mm)	軸材樹種	釘	k (kN/cm)	$\delta v$ (cm)	$\delta u$ (cm)	$\angle Pv$ (kN)	実施年度	破壊性状
構造用合板	カラマツ	18	ヒノキ	CNZ75	12.43	0.21	2.05	2.59	2023年	釘の引抜け
	スギ	24	ヒノキ	CNZ75	9.00	0.34	2.61	2.47	2023年	釘の引抜け
MDF		18	ヒノキ	CNZ75	15.22	0.19	2.95	2.72	2023年	釘の引抜け
構造用合板	カラマツ	18	ヒノキ	CNZ75 (5本)	11.50	0.22	1.85	2.43	2025年	釘の引抜け、軸材の割れ
	スギ	24	ヒノキ	CNZ75 (5本)	12.41	0.20	2.23	2.37	2025年	釘の引抜け、軸材の割れ
MDF		18	ヒノキ	CNZ75 (5本)	9.97	0.24	2.11	2.40	2025年	釘の引抜け、軸材の割れ

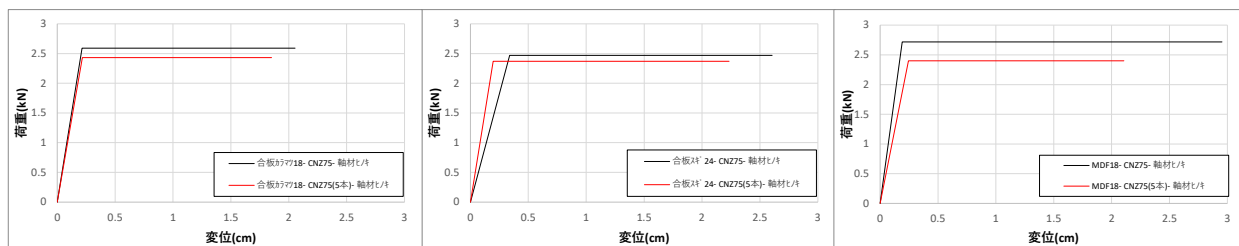


図 3-9 特性値一覧

### 3.2 釘の一面せん断試験（2025年グレー本準拠）

#### 3.2.1 目的

2025年グレー本の「面材くぎ等1本あたりの一面せん断特性を算定するための試験」に準拠した試験を行い、各面材と釘、軸材の組合せによる釘の一面せん断性能算定を行う。

#### 3.2.2 試験計画

##### (1) 試験体仕様

試験体仕様を表 3-4、試験体図を図 3-10 に示す。面材は構造用合（全層カラマツ）18mm、MDF 18mm、面材釘は CNZ75@100mm とする。

表 3-4 試験体仕様

No.	面材（側材）	柱・桁	釘（接合具）	試験体数
0	軸組フレームのみ	スギ、 同一等級構成構造用 集成材 E65-F255	—	1 体
1	構造用合板 18mm 厚 (全層カラマツ)		CNZ75@100mm 1 列打ち	3 体
2	MDF 18mm 厚		3 体	

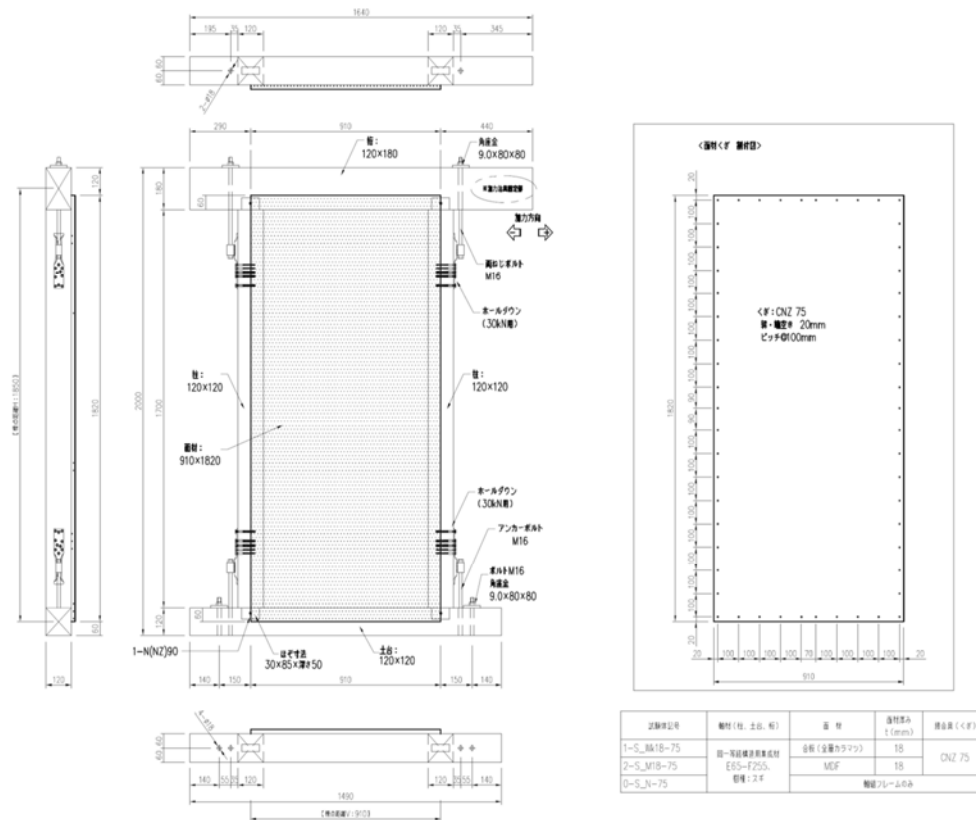


図 3-10 試験体図

## (2) 計測・加力方法

加力は200kN自動コントロール式加力試験機(ロードセル容量:±100kN、ヒステリシス:±0.05%R0)を使用し、柱脚固定方式により次の順序で行った。

- (1) 加力は正負交番漸増繰返し加力とし、繰返し履歴は見掛けのせん断変形角が、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad.の正負変形時に行った。
- (2) 繰返し加力は履歴の同一変形角において3回ずつ行った。最大耐力に達した後、試験体の見掛けのせん断変形角が1/15rad以上であっても、最大荷重の80%に荷重が低下するまで加力を行った。

### 2-2. 試験体の変位測定

δ変位の測定は、変位の測定は、高感度変位計を使用した。

桁の水平方向変位(δ1)はDG1、土台の水平方向変位(δ2)はDG2、柱の鉛直方向変位(δ3・δ4)はDG3・DG4で測定した。DG1は桁水平軸芯、DG2は土台水平軸芯、DG3・DG4は柱鉛直軸芯で測定した。

### 2-3. せん断変形角の算出

せん断変形角は下式の通りとする。

見かけのせん断変形角  $\gamma = (\delta 1 - \delta 2) / H$

脚部のせん断変形角  $\theta = (\delta 3 - \delta 4) / V$

真のせん断変形角  $\gamma_0 = \gamma - \theta$

δ1: 梁の水平方向変位(mm)…DG1

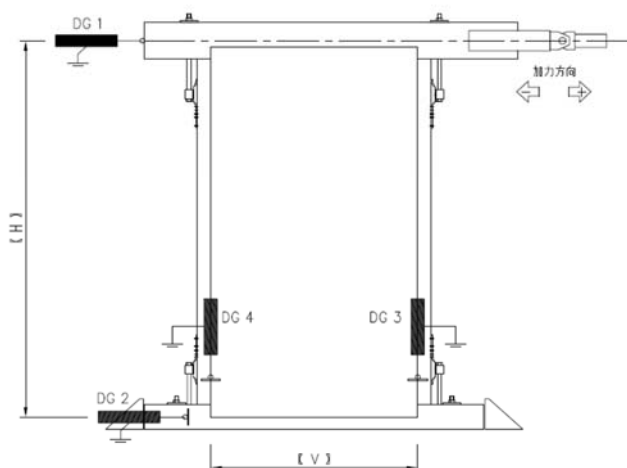
δ2: 土台の水平方向変位(mm)…DG2

H: 変位計DG1とDG2間の距離(mm)

δ3: 加力側柱材脚部の鉛直方向変位(mm)…DG3

δ4: 反加力側柱材脚部の鉛直方向変位(mm)…DG4

V: 変位計DG3とDG4間の距離(mm)



### (3) 釘の一面せん断性能の算出法

#### 3-1. M- $\gamma_0$ 曲線及び各特性値の算定

- ① 各試験体のモーメント ( $M=P \times H$ ) と真のせん断変形角  $\gamma_0$  のM- $\gamma_0$ 曲線より、別途試験した軸組フレームだけの負担分を差し引き、面材釘のM- $\gamma_0$ 曲線を算定する。
- ② 面材釘のM- $\gamma_0$ 曲線から「3-2. 包絡線の作成」をもとに、終局モーメント  $M_u$ 、完全弾塑性降伏変形角  $\gamma_{0v}$ 、終局変形角  $\gamma_{0u}$  を算定する。
- ③ 終局モーメント時の面材自体のせん断変形角  $\gamma_B$  を求め、完全弾塑性降伏変形角  $\gamma_{0v}$ 、終局変形角  $\gamma_{0u}$  より差し引き、面材釘のせん断だけによる変形角を求める (式A)。
- ④ 2025年グレー本 掲載の3.2 面材張り耐力要素の詳細計算法で用いる釘配列諸定数の計算 (1) にある算定式より、釘配列二次モーメント  $I_{xy}$ 、塑性釘配列係数  $Z_{pxy}$  を算出する。
- ⑤ 上記項目を用いて、面材釘1本あたりの1面せん断の各特性値を求める (式B)。  
なお特性値の信頼水準75%の50%下側許容限界値 (以下、50%下限値) の算出に使用するばらつき係数は式Cにより求める。

#### 【式A】

$$\begin{aligned} \gamma_B &= M_u / (l \times h \times t \times G_B) \\ \Gamma_v &= \gamma_{0v} - \gamma_B \\ \Gamma_u &= \gamma_{0u} - \gamma_B \end{aligned}$$

- $\gamma_B$  : 終局モーメント時の面材自体のせん断変形角  
 $l$  : 面材の幅 (cm)  
 $h$  : 面材の高さ (cm)  
 $t$  : 面材の厚さ (cm)  
 $G_B$  : 面材のせん断弾性係数 ( $\text{kN}/\text{cm}^2$ ) ※下記による。

文献値	構造用合板 (18mm)	40
本事業の実験により 求められた値	カラマツ合板 (18mm)	53
	構造用MDF (18mm)	96

- $\Gamma_v$  : 面材釘のせん断だけによる降伏点変形角  
 $\Gamma_u$  : 面材釘のせん断だけによる終局変形角

#### 【式B】

$$\begin{aligned} \Delta P_v &= M_u / (Z_{pxy} \times l \times h) && \rightarrow \Delta P_{v0} (\Delta P_v \text{の} 50\% \text{下限値}) \\ \Delta P_{va} &= \Delta P_{v0} \times \eta \times \alpha \\ \delta_v &= \Gamma_v \times l_{xy} / Z_{pxy} && \rightarrow \text{平均値} \\ \delta_u &= \delta_v \times \Gamma_u / \Gamma_v && \rightarrow \delta_{u0} (\delta_u \text{の} 50\% \text{下限値}) \\ k &= \Delta P_v / \delta_{v0} \end{aligned}$$

- $\Delta P_v$  : 各試験体の面材釘1本あたりの1面せん断耐力 (kN)  
 $\Delta P_{va}$  : 面材釘1本あたりの許容1面せん断耐力 (kN)  
 $\delta_v$  : 面材釘1本あたりの1面せん断降伏変位 (mm)  
 $\delta_u$  : 面材釘1本あたりの1面せん断終局変位 (mm)  
 $k$  : 面材釘1本あたりのせん断剛性 ( $\text{kN}/\text{cm}$ )

- $Z_{pxy}$  : 単位面積当たりの塑性釘配列係数 ( $\text{cm}^2/\text{cm}^2$ ) ※本試験の場合は 0.099  
 $I_{xy}$  : 単位面積当たりの釘配列二次モーメント ( $\text{cm}^2/\text{cm}^2$ ) ※本試験の場合は 3.591  
 $\eta$  : 軸組フレームの耐力を減じるための低減係数  
 ※本試験では予め軸組フレームの負担分を差し引いて評価しているため考慮しない  
 $\alpha$  : 耐力に影響を及ぼす係数  
 ※本試験では、グレー本「4.5.5 評価方法」の【解説】および「3.3 面材張り大壁の詳細計算法」「表3.3.1」の注)より、 $\alpha=0.95$ とした。

#### 【式C】

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k$$

- $CV$  : 変動係数 (標準偏差 / 平均値)  
 $k$  : 信頼水準75%における50%下側許容限界値を求めるための係数  
 【 $n=3$ の時  $k=0.471$ 、 $n=4$ の時  $k=0.383$ 、 $n=5$ の時  $k=0.331$ 、 $n=6$ の時  $k=0.297$ 】

### 3.2.3 試験結果

#### (1) 結果概要（釘の一面せん断特性）

##### ◆釘の一面せん断特性

試験結果を 2025 年グレー本に準拠して求めた釘の一面せん断特性（ $\Delta P_v$  は 50%下限値に  $\alpha=0.95$  を乗じた値、 $\delta v$  は平均値、 $\delta u$  は 50%下限値）を表 3-5 に示す。釘特性を算出する際に用いる面材のせん断弾性係数  $G$  は本事業で確認した実験値を用いる。

算出過程の詳細は 3.10 試験成績書を参照。なお、試験成績書では中大規模グレー本に準拠（ $\delta v$  も 50%下限値）しているため注意されたい。

表 3-5 釘の一面せん断特性（ばらつき、低減係数  $\alpha=0.95$  を考慮）

面材の種類		厚さt (mm)	軸材 樹種	釘種類	k kN/cm	$\delta v$ cm	$\delta u$ cm	$\Delta P_v$ kN
構造用合板	カラマツ	18	スギ	CNZ75	10.25	0.24	2.69	2.46
	MDF	18	スギ	CNZ75	11.00	0.22	2.82	2.42

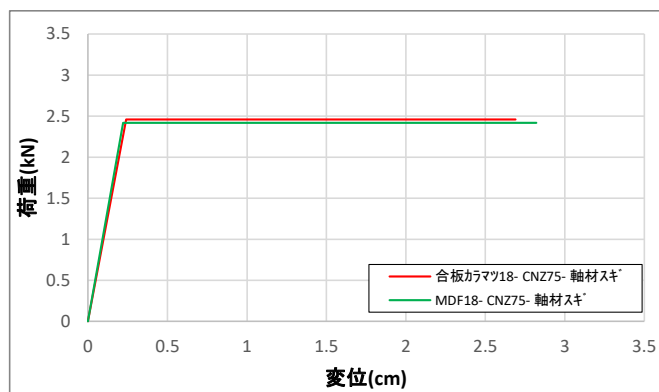
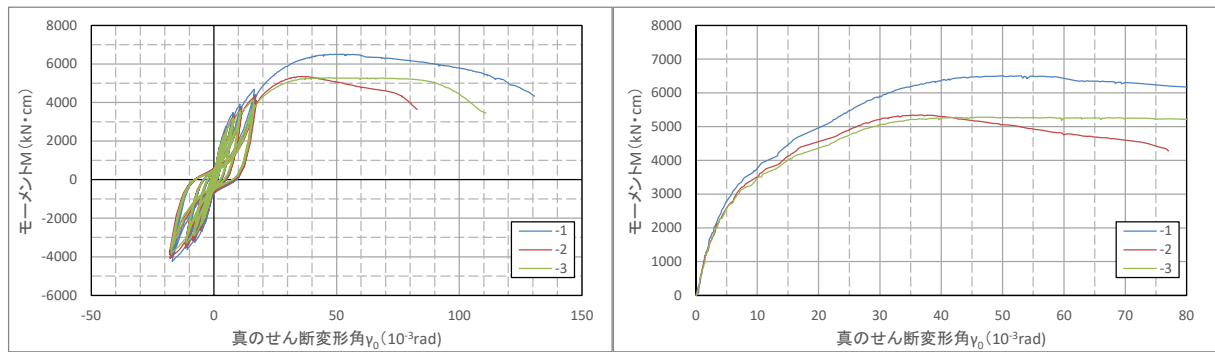


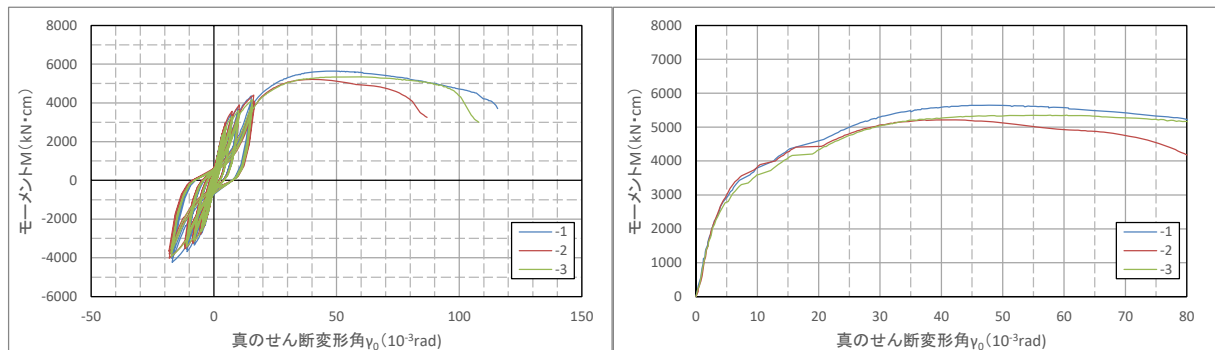
図 3-11 釘の一面せん断特性

◆M- $\gamma$  0 曲線

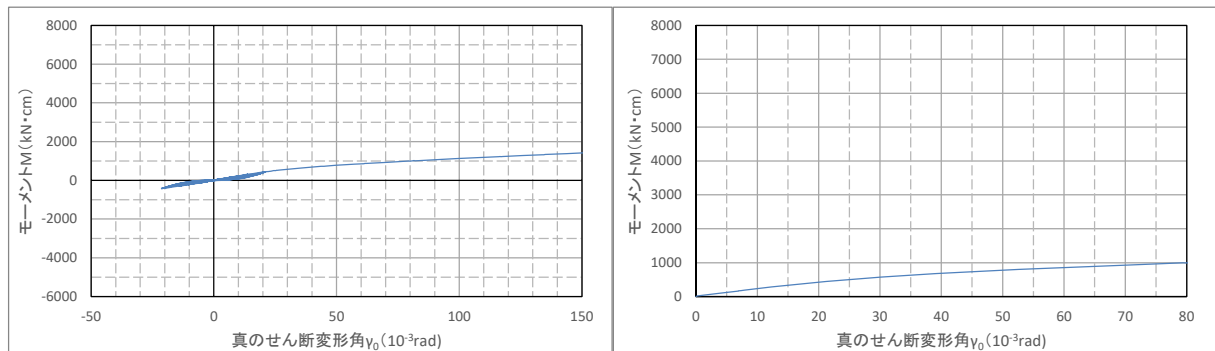
M- $\gamma$  0 曲線及び包絡曲線を図 3-12 に示す。



<試験体 No.1 構造用合板 18mm 全層カラマツ>



<試験体 No.2 MDF 18mm>



<試験体 フレームのみ>

図 3-12 M- $\gamma$  0 曲線 (左図) 及び包絡曲線 (右図)

## (2) 破壊性状

各試験体の破壊性状を以下に示す。加力後の釘の状況については、3.10 試験成績書に示す。

1-S\_Wk18-75-1



試験終了後全体



くぎの引抜け



面材の縁切れ、くぎの引抜け



くぎの引抜け

1-S\_Wk18-75-2



試験終了後全体



くぎの引抜け



面材の縁切れ、くぎの引抜け



くぎの引抜け

1-S\_Wk18-75-3



試験終了後全体



くぎの引抜け



くぎの引抜け



面材の縁切れ、くぎの引抜け

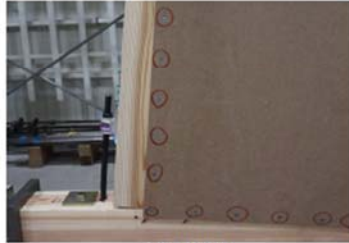
2-S M18-75-1



試験終了後全体



くぎの引抜け



くぎの引抜け



くぎの引抜け

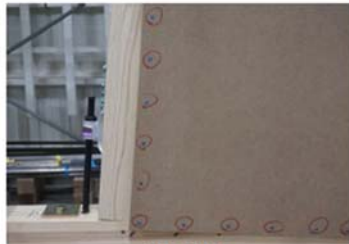
2-S M18-75-2



試験終了後全体



くぎの引抜け



くぎの引抜け



くぎの引抜け

2-S M18-75-3



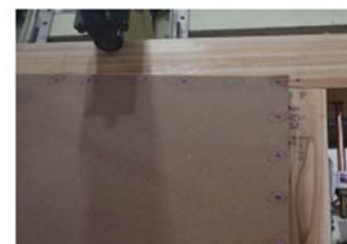
試験終了後全体



くぎの引抜け



くぎの引抜け



くぎの引抜け

### 3.2.4 考察

#### (1) 過年度仕様（軸材ヒノキ）との比較

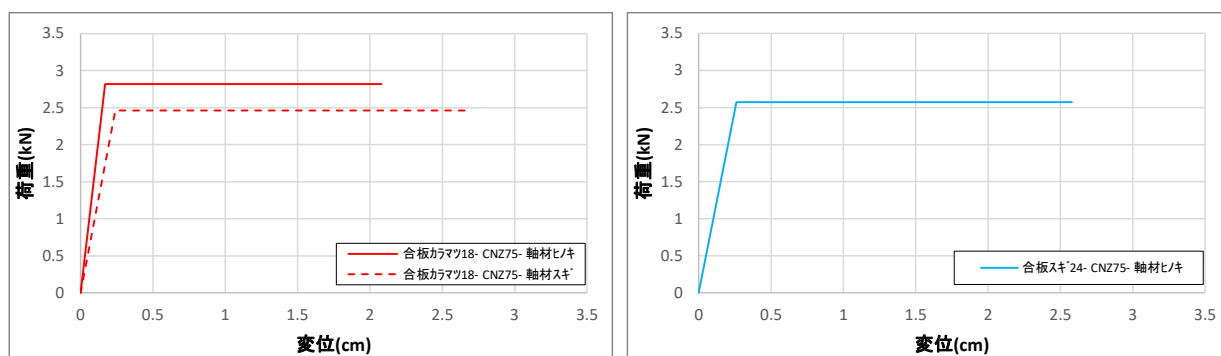
2024年度に実施した軸材樹種ヒノキで試験を実施した結果との比較を表 3-6、図 3-13 に示す。特性値は 2025 年グレー本に準拠した値とする（ $\Delta Pv$  は 50% 下限値に  $\alpha=0.95$  を乗じた値、 $\delta v$  は平均値、 $\delta u$  は 50% 下限値）。

軸材スギの試験体は剛性  $k$ 、 $\Delta Pv$  は低くなるが、 $\delta u$  は大きくなる傾向となった。

表 3-6 算出した釘の一面せん断特性の比較（ばらつき及び低減係数  $\alpha=0.95$  を考慮）

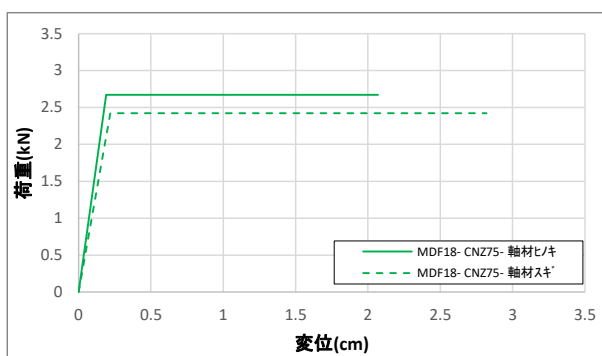
面材の種類		厚さt (mm)	軸材 樹種	釘種類	k kN/cm	$\delta v$ cm	$\delta u$ cm	$\Delta Pv$ kN	実施年度
構造用 合板	全層 カラマツ	18	ヒノキ	CNZ75	16.59	0.17	2.08	2.82	2024年
			スギ	CNZ75	10.25	0.24	2.69	2.46	2025年
	全層 ヒノキ	18	ヒノキ	CNZ75	—	—	—	—	—
			スギ	CNZ75	—	—	—	—	—
全層 スギ	24	ヒノキ	CNZ75	9.88	0.26	2.58	2.57	2024年	
		スギ	CNZ75	—	—	—	—	—	
MDF		18	ヒノキ	CNZ75	14.05	0.19	2.07	2.67	2024年
			スギ	CNZ75	11.00	0.22	2.82	2.42	2025年
パーティクルボード		18	ヒノキ	CNZ75	—	—	—	—	—
			スギ	CNZ75	—	—	—	—	—

面材GはTRS試験で得られた値を用いた



<合板 18mm 全層カラマツ>

<合板 24mm 全層スギ>



<MDF 18mm>

図 3-13 算出した釘の一面せん断特性の比較

### 3.3 釘胴部の軸材へのめり込み試験

#### 3.3.1 目的

釘胴部の軸材へのめり込み特性の把握を目的とする。

#### 3.3.2 試験計画

##### (1) 試験体仕様

試験体仕様を表 3-7 に示す。釘は CNZ75、軸材はヒノキ集成材(同一等級構成構造用集成材、E95-F315)及びスギ集成材(同一等級構成構造用集成材、E65-F255)とする。

表 3-7 試験体仕様一覧

軸材の種類	寸法 (mm)	釘の種類	試験の 実施状況
ヒノキ集成材	幅 30mm	CNZ75	実施済み
スギ集成材	幅 30mm		○

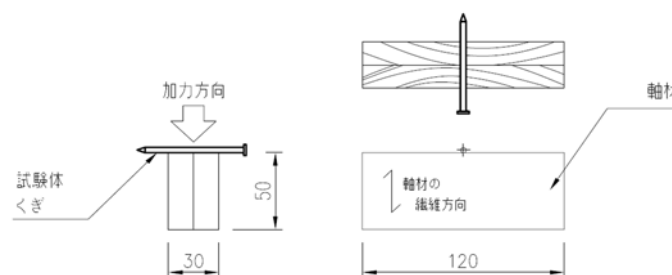


図 3-14 試験体図

##### (2) 計測・加力計画

試験加力は引張圧縮万能試験機により、一方向単調加力により行った。荷重値  $P(\text{kN})$  は加力装置に内蔵されたロードセル(容量;  $\pm 100\text{kN}$ )により計測し、変位  $\delta(\text{mm})$  は加力装置に内蔵された変位計により計測した。(2)試験载荷速度は、CNZ75 の場合  $0.9\text{mm}/\text{min}$  とした。(3)加力は  $\delta$  がくぎの胴部小径(CNZ75 の場合  $3.76\text{mm}$ )に達するか、または最大荷重到達後その 80%に低下するまで行った。

##### (3) 特性値

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  $0.1P_{\text{max}}$  と  $0.4P_{\text{max}}$  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【終局時荷重】とする。
- ④ 【終局時荷重】の値を試験体が面材の場合は(くぎの小径×面材の厚み)、試験体が軸材の場合は(くぎの小径×30mm) で除した値をめりこみの試験終局強度  $P_u$  とする。
- ⑤ 第Ⅰ直線の傾きを試験剛性  $K$  と定める。

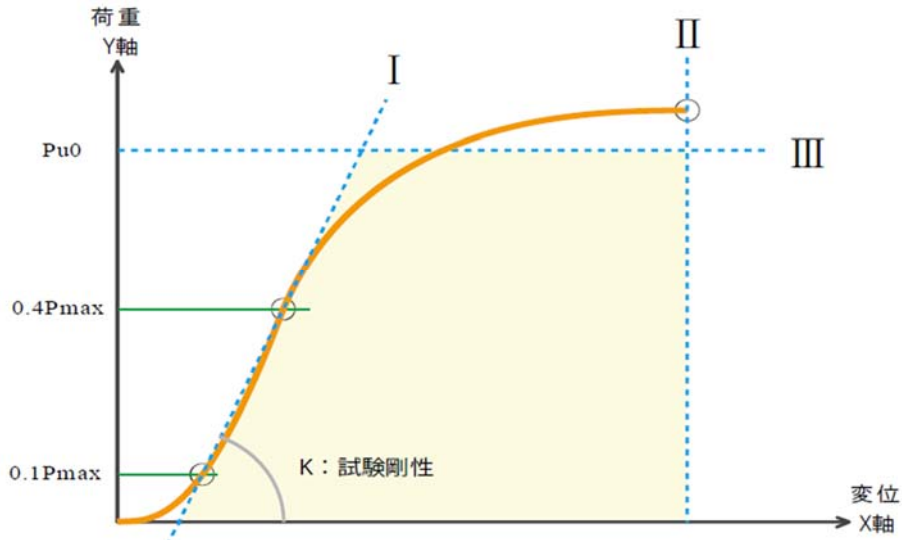


図 3-15 荷重変位曲線からの特性値の求め方

#### 特性値の算定

●めりこみ終局強度 各試験体ごとに試験終局強度の平均値を求めた後、これらの統計量から得られる信頼水準 75%の 95%下側許容限界(以下、5%下限値)および信頼水準 75%の 50%下側許容限界(以下、50%下限値)を求めることとした。

各許容限界 ( TL ) は次式による。

$$TL = \bar{x} - k \cdot s$$

$\bar{x}$  : 平均値、 $s$  : 標準偏差、 $k$  : 定数 (5%下限値の場合 2.336、50%下限値の場合 0.471 (試験体数  $n=6$ ))

●めりこみ基準剛性 各試験体の試験剛性  $K$  の平均値とした。

### 3.3.3 試験結果

#### (1) 結果概要（過年度との比較）

試験結果の概要を表 3-8 に示す。過年度の軸材ヒノキの結果も併せて示す。スギ集成材へのめり込みは、ヒノキ集成材に比べ剛性・耐力ともに低い結果となった。

表 3-8 構造特性値

軸材の種類	寸法 (mm)	釘	使用材料 (6体平均値) (含水率、密度)	試験結果 (6体平均値)			試験の実施状況
				Pmax (N)	$\delta_{Pmax}$ (mm)	初期剛性 K (N/mm)	
ヒノキ集成材	幅 30	CNZ75	8.7%, 0.43g/cm <sup>3</sup>	4842.1	2.81	4976.8	実施済み
スギ集成材	幅 30		10.1%, 0.36g/cm <sup>3</sup>	3786.0	2.61	3275.4	○

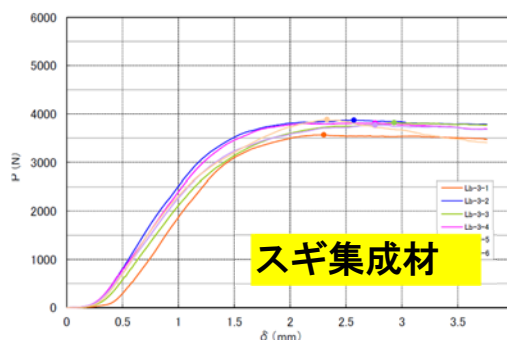
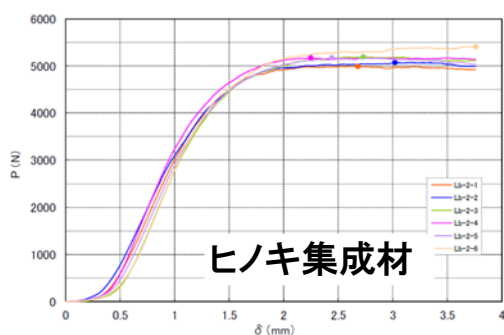


図 3-16 荷重変位曲線

#### (2) 破壊性状

加力後の試験体の状況については、3.10 試験成績書に示す。

### 3.3.4 考察

- ・スギよりヒノキのほうが剛性・耐力が高い結果となった。これは材料密度に依存した結果になったと考えられる。
- ・最大荷重は  $\delta = 3\text{mm}$  程度となっている。これは釘胴部径の 1/2 を過ぎたあたりとわかる。めり込みの見付面積が最大となると荷重も最大となったと考えられる。

### 3.4 釘胴部の面材へのめり込み試験

#### 3.4.1 目的

釘胴部の面材へのめり込み特性の把握を目的とする。

#### 3.4.2 試験計画

##### (1) 試験体仕様

試験体仕様を表 3-9 に示す。釘は CNZ75、面材は構造用合板 18mm（全層ヒノキ）、同 24mm（全層スギ）とする。

表 3-9 試験体仕様一覧

面材の種類		寸法 (mm)	釘の 種類	試験実施 状況
構造用 合板	全層カラマツ	t=18	CNZ75	実施済み
	全層ヒノキ	t=18		○
	全層スギ	t=24		○
MDF		t=18		実施済み
パーティクルボード		t=18		実施済み

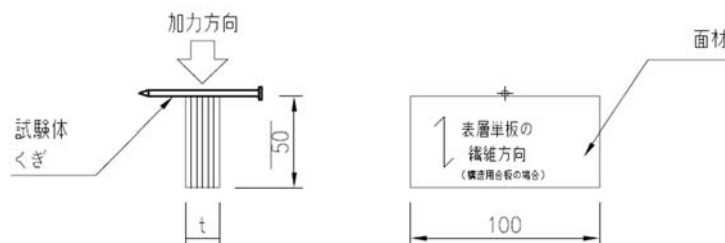


図 3-17 試験体図

##### (2) 計測計画・加力計画・特性値

釘胴部の軸材へのめり込み試験と同じ

### 3.4.3 試験結果

#### (1) 結果概要（過年度との比較）

試験結果を表 3-10 に示す。過年度に実施した仕様も併せて示す。

表 3-10 構造特性値

面材の種類	寸法 (mm)	釘の種類	使用材料 (6体平均値) (密度)	試験結果 (6体平均値)			試験実施 状況
				Pmax (N)	$\delta_{Pmax}$ (mm)	初期剛性 K (N/mm)	
構造用 合板	全層カラマツ	t=18	0.57 g/cm <sup>3</sup>	3875.9	3.62	3476.1	実施済み
	全層ヒノキ	t=18	0.53 g/cm <sup>3</sup>	3424.2	3.76	2288.8	○
	全層スギ	t=24	0.43 g/cm <sup>3</sup>	3098.0	3.75	2222.5	○
MDF	t=18	CNZ75	0.73 g/cm <sup>3</sup>	3598.2	3.76	2237.5	実施済み
パーティクルボード	t=18		0.71g/cm <sup>3</sup>	3546.3	3.66	2585.1	実施済み

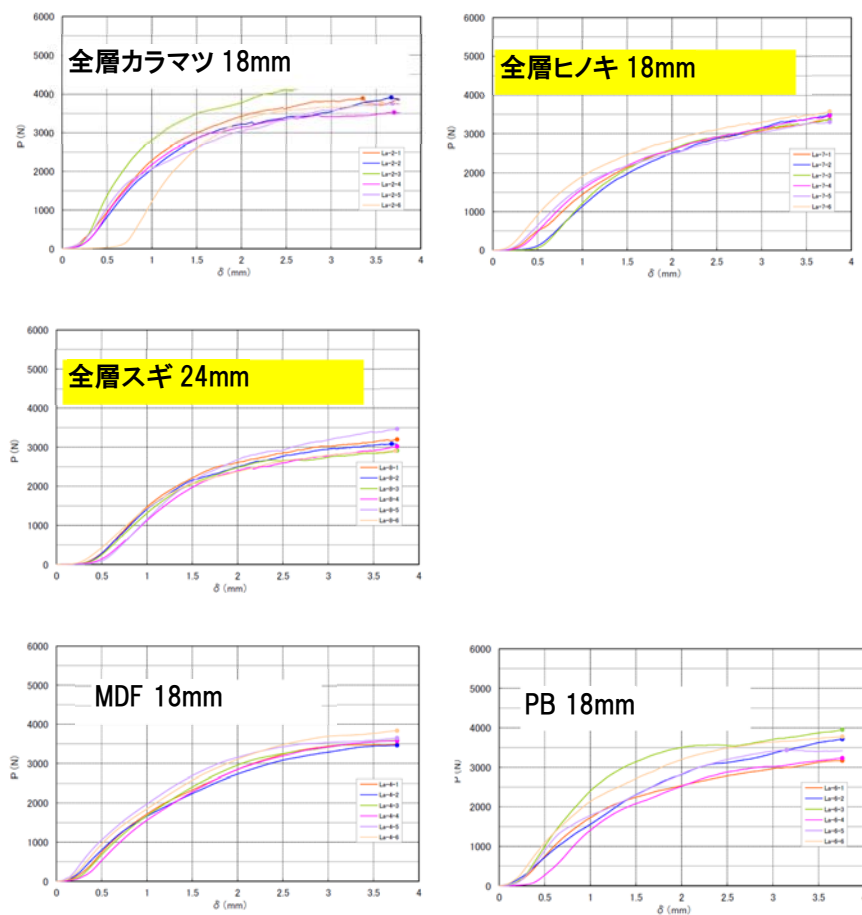


図 3-18 荷重変位曲線

#### (2) 破壊性状

加力後の試験体の状況については、3.10 試験成績書に示す。

#### 3.4.4 考察

- ・ 最大荷重はめり込み変位がおおよそ CNZ75 の胴部径  $d=3.76\text{mm}$  となったときに迎える傾向となった。
- ・ 構造用合板の 3 種類、繊維板の 2 種類の中では材料密度が高いほど剛性・耐力が高い結果となった。ただし、構造用合板と繊維板との比較では必ずしも同様の関係とはならないことが分かった。

### 3.5 釘の引抜き試験

#### 3.5.1 目的

釘(CNZ75)の引抜き抵抗を得る目的で釘の軸材からの引抜き試験を、表 3-11 に示す仕様にて実施する。

#### 3.5.2 試験計画

##### (1) 試験体仕様

試験体は軸材に面材厚さを考慮した打ち込み深さとする。試験体図を図 3-19 に示す。試験体仕様を表 3-11 に示す。

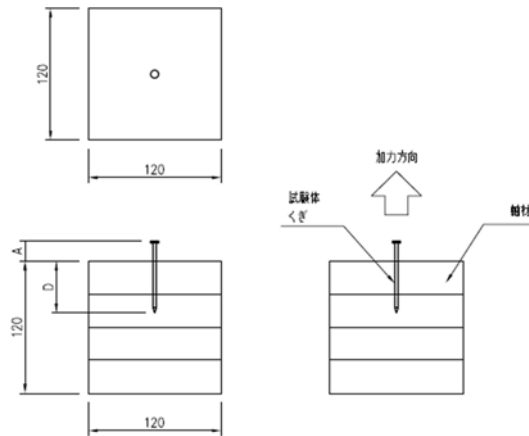


図 3-19 試験体図

表 3-11 試験体仕様

軸材	接合具	想定面材厚さ	打ち込み深さ	実施状況
		A(mm)	D(mm)	
同一等級構成構造用 集成材、E95-F315、 ヒノキ	CNZ75	18	59.9	R4 年度実施済み
		24	53.9	○
18		59.9	○	
24		53.9	○	

## (2) 計測・加力計画

試験載荷速度は、2.5mm/min とし、一方向単調引張加力とする。荷重値 P(N)は加力装置に内蔵されたロードセル (容量;±100kN) により計測し、変位  $\delta$  (mm)は加力装置に内蔵された変位計により計測した。加力は  $\delta$  が 30mm に達するか、または最大荷重到達後その 50%に低下するまで行った。

## (3) 特性値の算定

釘の引抜き抵抗 T(N/mm)は次式による。

$$T=F/D$$

F：引抜きに要した最大荷重(N)、D：釘の打ち込み深さ(mm)

平均値を求めた後、これらの統計量から得られる信頼水準 75%の 95%下側許容限界（以下、5%下限値）及び信頼水準 75%の 50%下側許容限界（以下、50%下限値）を求めることとした。

各許容限界（TL）は次式による。

$$TL = \bar{x} - k \cdot s$$

$\bar{x}$ ：平均値、s：標準偏差、k：定数（5%下限値の場合 2.336、50%下限値の場合 0.471（試験体数 n=6））

### 3.5.3 試験結果

#### (1) 結果概要（過年度との比較）

試験結果及び過年度に実施した仕様との比較を示す。

- ・スギは、打ち込み深さが大きくなっても、引抜き力はあまり変わらない。
- ・ヒノキは打ち込み深さが深くなると、引抜き抵抗が 1.43 倍になるが、スギは 1.06 倍となった。  
→ヒノキは実施年度が異なり、材料ロットも異なるため材料のばらつきの影響もあったと考えられる。

表 3-12 試験結果一覧

軸材	接合具	想定 面材厚さ A(mm)	打ち込み 深さ D(mm)	使用材料 (6体平均値) (含水率、密度)	試験結果(6体平均値)		実施 状況
					最大荷重 Pmax(N)	引抜き抵抗 T(N/mm)	
ヒノキ 集成材	CNZ75	18	59.9	11.8%、0.44g/cm <sup>3</sup>	2515.5	42.0	R4年度 実施済み
		24	53.9	11.2%、0.47g/cm <sup>3</sup>	1571.8	29.2	○
18		59.9	13.8%、0.39g/cm <sup>3</sup>	1305.6	21.8	○	
24		53.9	13.3%、0.39g/cm <sup>3</sup>	1105.7	20.5	○	

※T=Pmax/D

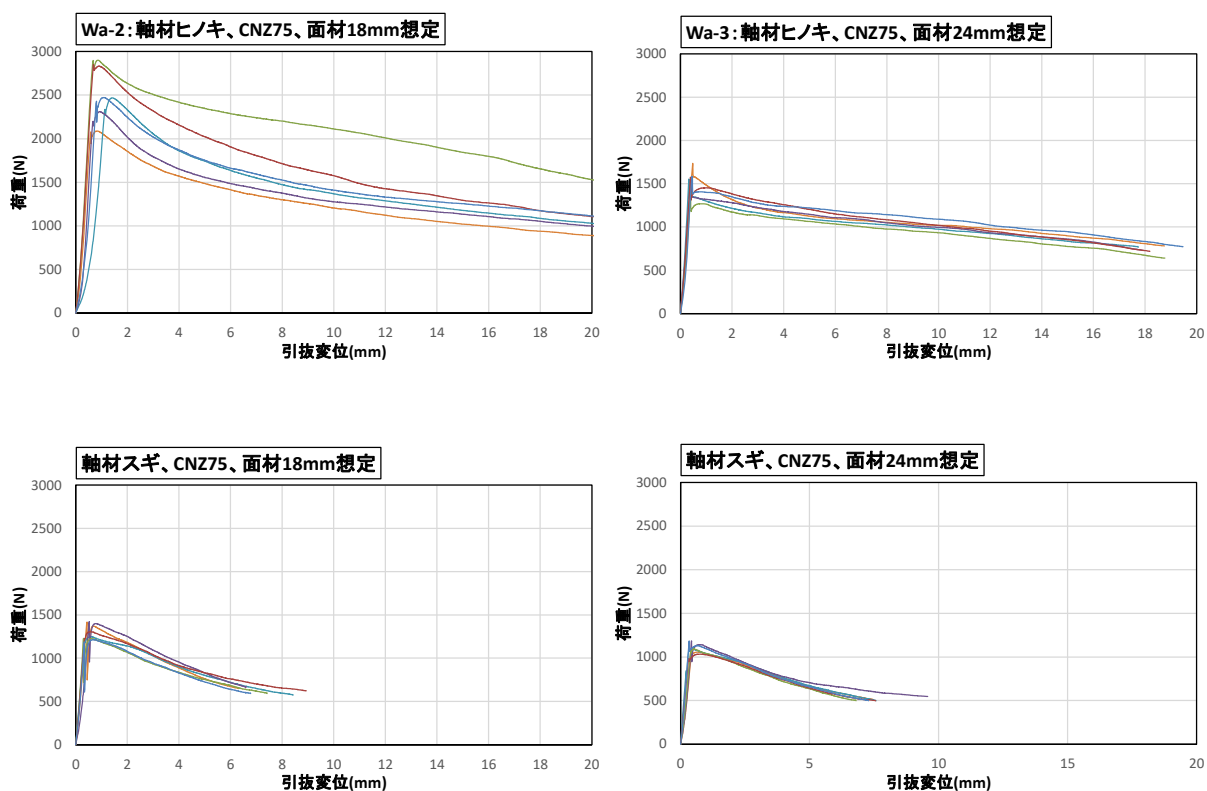


図 3-20 荷重変位関係

### 3. 要素試験

#### 3.6 土台横架材の割裂試験

##### 3.6.1 目的

面材耐力壁において終局時に割裂などの木破が発生することは、脆性的な性状を示す可能性が高く望ましくない。釘の引抜のように延性的な性状を示す終局状態が理想的である。主に住宅に用いられる壁倍率 5 倍以下程度の面材耐力壁では木破による破壊は通常では生じないが、面材に釘を密に配した高強度の面材耐力壁の場合、割裂等の木破のリスクが高い。割裂破壊は木質構造設計規準・同解説<sup>1)</sup>では van der Put の研究<sup>2)</sup>を基にした耐力推定法が提案されているが、これは曲げ降伏しないドリフトピンなどの材を貫通する 2 面せん断の接合部を対象としており、高強度耐力壁の面材釘のような 1 面せん断接合が複数本配置される接合部への適用について疑問が残る。

そこで本試験では、高強度面材耐力壁を想定した密な釘配置および単一の釘配置で土台に釘が打ち込まれた接合部について、繊維直交方向に加力で割裂を起こし、その耐力を検証することと割裂耐力推定法との比較検証を行うことを目的とする。

##### 3.6.2 試験計画

試験体は面材耐力壁における面材—釘接合部を模した試験体で、軸材（ヒノキ同一等級構成集成材 E95-F315）の側面両側から CNZ75 釘で釘打ちした T 字型の試験体（代表例：図 3-1-1）である。試験体は面材種類・釘本数・釘の縁距離・軸材厚み・スリット有無をパラメータとした、計 12 仕様・各 3 体の試験体とした。

面材種類は（構造用合板全層カラマツ 18mm・鋼板 SS400 厚 18mm）の 2 種類とした。

釘本数は 1 面材当たりの本数が（1 本・4 本）の 2 種類とした。ただし、後述の軸材厚みが 30mm の仕様では 2 面せん断接合となるため、2 面材当たり 1 本とした。

釘の縁距離は、釘本数 1 本仕様の場合は（10mm・20mm・30mm）の 3 種類、釘本数 4 本仕様の場合は（30mm 並列打ち・20/40mm 千鳥打ち・30/50mm 千鳥打ち）の 3 種類とした。

軸材の厚みは（30mm・120mm・180mm）の 3 種類とした。なお、軸材厚みが 30mm の仕様では釘 1 本で面材—軸材—面材を貫通する 2 面せん断接合となり、その他では 1 面せん断接合となる。

スリットは、割裂破壊を励起させるために設ける最外部の釘から 50mm の位置に幅 3mm 程度×深さ 60mm のものとし、（有り・無し）の 2 種類とした。

試験体はこれらのパラメータの組合せによるものとし、その名称について「C<sub>⊥</sub>面材種類\_釘本数\_軸材の厚み\_縁距離（\_スリットの有無）」のルールで名付け、例えば構造用合板・釘 1 本・軸材厚 180mm・縁距離 10mm・スリット無しの仕様は「C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_10」とした。

加力は万能試験機を使用し、試験体の軸材を架台に固定した状態で面材を鉛直上向きに一方向単調加力（加力速度 0.2mm/sec）で引っ張った。加力は試験体が十分な破壊に至るまで行った。

[試験体概要]

No.	試験体記号	くぎ本数 (1面材 あたり)	縁距離 (mm)	軸材厚み (mm)	仕様	試験体数
1	C <sub>⊥</sub> _Wk_1_180_10	1	10	180		3
2	C <sub>⊥</sub> _Wk_1_180_20	1	20	180		3
3	C <sub>⊥</sub> _Wk_1_180_30	1	30	180		3
4	C <sub>⊥</sub> _Wk_1_120_30	1	30	120		3
5	C <sub>⊥</sub> _Wk_1_30_10	1	10	30	1本 2面材貫通	3
6	C <sub>⊥</sub> _SS_1_180_30	1	30	180		3
7	C <sub>⊥</sub> _SS_1_30_30	1	30	30	1本 2面材貫通	3
8	C <sub>⊥</sub> _Wk_4_180_30	4	30	180	4本@50 並列	3
9	C <sub>⊥</sub> _Wk_4_180_2040	4	20/40	180	4本@50 千鳥	3
10	C <sub>⊥</sub> _Wk_4_180_3050	4	30/50	180	4本@50 千鳥	3
3-2	C <sub>⊥</sub> _Wk_1_180_30_N	1	30	180	No.3のスリット無	3
2-2	C <sub>⊥</sub> _Wk_1_180_20_N	1	20	180	No.2のスリット無	3

<軸材 (共通)> ヒノキ 同一等級構造用集成材 E95-F315

<面材> (No.6、7以外) 構造用合板 全層カラマツ 18mm  
(No.6、7のみ) SS400 厚み18mm (幅15mm)

<くぎ (共通)> めっき太め鉄丸くぎ CNZ 75 (JIS A 5508)

加力方向に対する軸材の方向：繊維直交

●参考文献

- 1) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説 第4版(2006)
- 2) TACM vander Put et.al: Proceedings of 35<sup>th</sup> Meeting of CIB-W18 (2002)

### 3.6.3 試験結果

#### ① C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_10

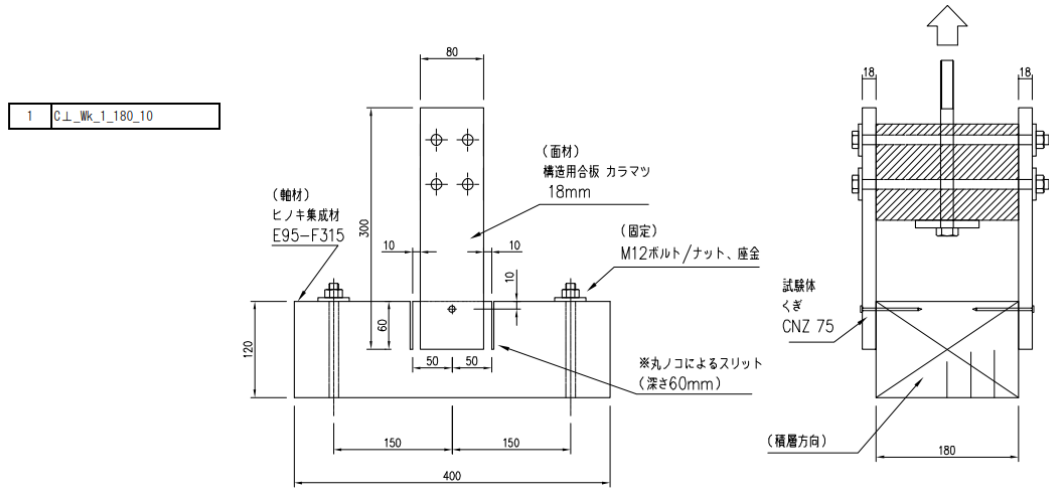


図 3-1-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_10 試験体図

表 3-1-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_10 諸元

試験体記号	縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
			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>
No.1	10	180	-	0.53	11.8	0.43	-	0.55
			-	0.56	13.1	0.46	-	0.56
			-	0.56	13.2	0.46	-	0.56

C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_10

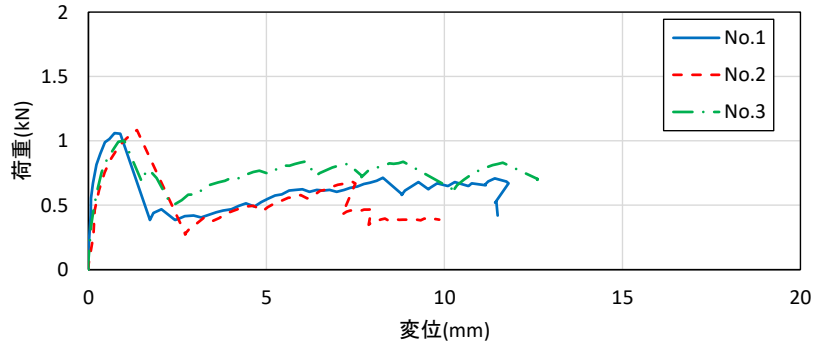


図 3-1-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_10 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-1-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_10 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位	初期剛性	塑性率	構造特性 係数
	P <sub>y</sub>	δ <sub>y</sub>	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3Pmax</sub>	P <sub>max</sub>	δ P <sub>max</sub>	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>	δ <sub>v</sub>	K	μ	D <sub>s</sub>
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	mm	kN/cm	—	—
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_10-1	0.62	0.10	0.71	0.15	1.06	0.74	0.96	1.16	0.16	60.39	7.26	0.27
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_10-2	0.59	0.28	0.72	0.42	1.08	1.36	0.95	1.73	0.45	21.15	3.85	0.39
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_10-3	0.54	0.10	0.67	0.29	1.00	1.01	0.91	1.31	0.33	27.69	4.02	0.38
平均	0.58	0.19	0.70	0.29	1.05	1.03	0.94	1.40	0.31	36.41	5.04	0.35

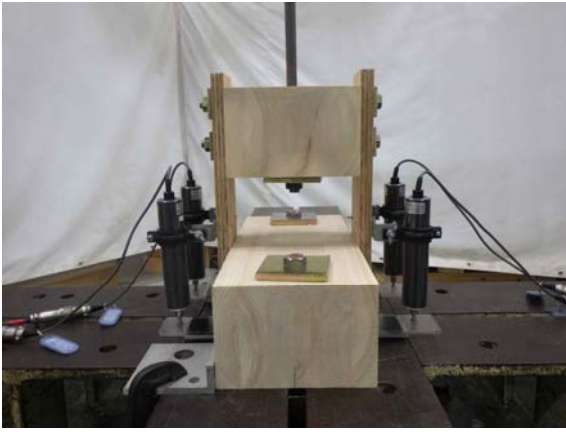


写真 3-1-1 C┘\_Wk\_1\_180\_10-1 加力前



写真 3-1-2 C┘\_Wk\_1\_180\_10-1 加力後



写真 3-1-3 C┘\_Wk\_1\_180\_10-2 加力前



写真 3-1-4 C┘\_Wk\_1\_180\_10-2 加力後



写真 3-1-5 C┘\_Wk\_1\_180\_10-3 加力前



写真 3-1-6 C┘\_Wk\_1\_180\_10-3 加力後

② C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20

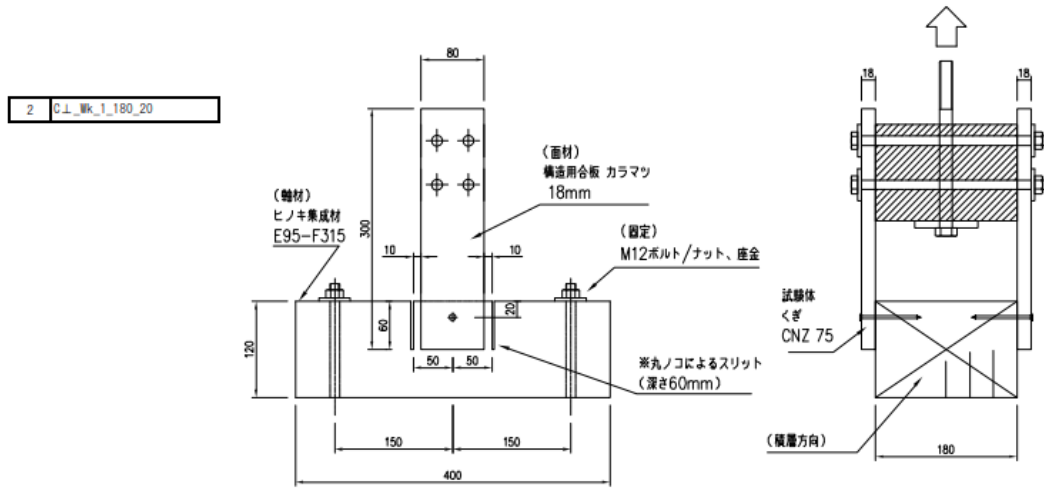


図 3-2-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20 試験体図

表 3-2-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20 諸元

試験体記号	縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
			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>
No.2	20	180	-	0.58	11.7	0.43	-	0.58
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20-2			-	0.58	13.7	0.46	-	0.58
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20-3			-	0.57	12.3	0.47	-	0.57

C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20

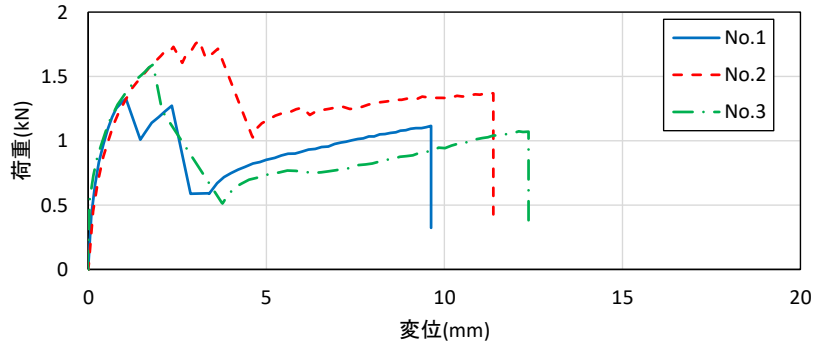


図 3-2-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-2-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位 δv	初期剛性 K	塑性率 μ	構造特性 係数 Ds
	Py	δy	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3P<sub>max</sub></sub>	P <sub>max</sub>	δP <sub>max</sub>	Pu	δu				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20-1	0.68	0.21	0.89	0.35	1.33	1.06	1.18	1.39	0.36	33.04	3.91	0.38
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20-2	0.95	0.51	1.19	0.80	1.78	3.12	1.59	4.05	0.85	18.72	4.76	0.34
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20-3	0.82	0.21	1.06	0.47	1.59	1.82	1.37	2.04	0.35	39.04	5.83	0.31
平均	0.82	0.31	1.05	0.54	1.57	2.00	1.38	2.50	0.52	30.27	4.83	0.34



写真 3-2-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20-1 加力前



写真 3-2-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20-1 加力後



写真 3-2-3 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20-2 加力前

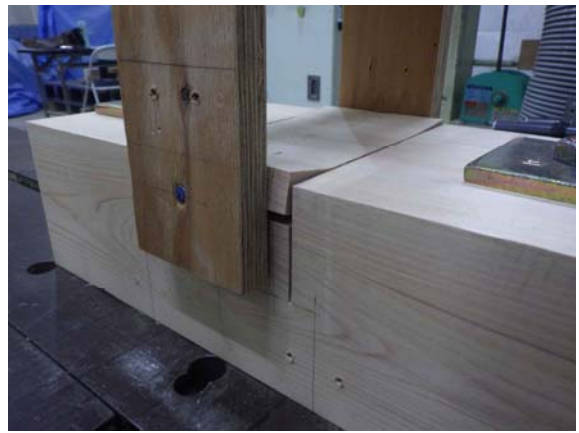


写真 3-2-4 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20-2 加力後



写真 3-2-5 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20-3 加力前



写真 3-2-6 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20-3 加力後

③ C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_30

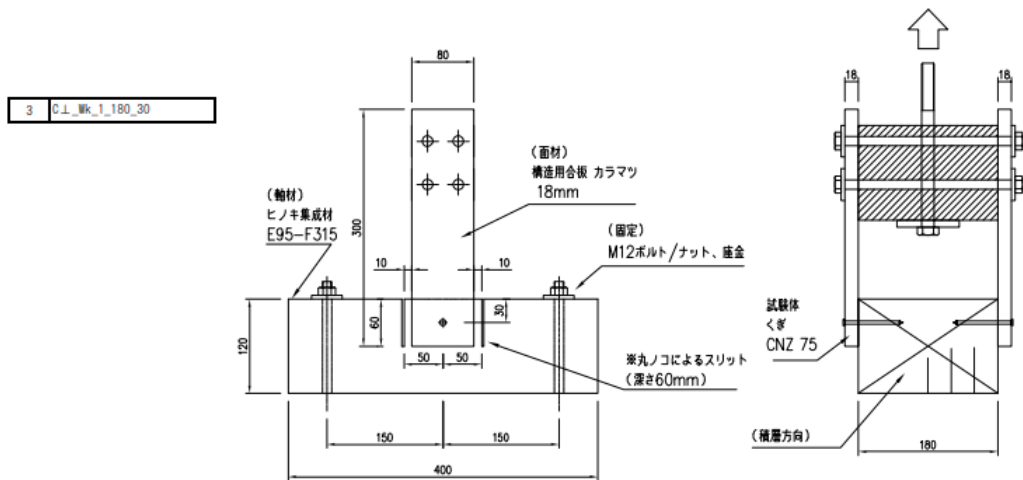


図 3-3-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_30 試験体図

表 3-3-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_30 諸元

試験体記号		縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
				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>
No.3	C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_30-1	30	180	—	0.57	11.9	0.44	—	0.57
	C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_30-2			—	0.56	13.1	0.46	—	0.56
	C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_30-3			—	0.57	13.7	0.47	—	0.57

C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_30

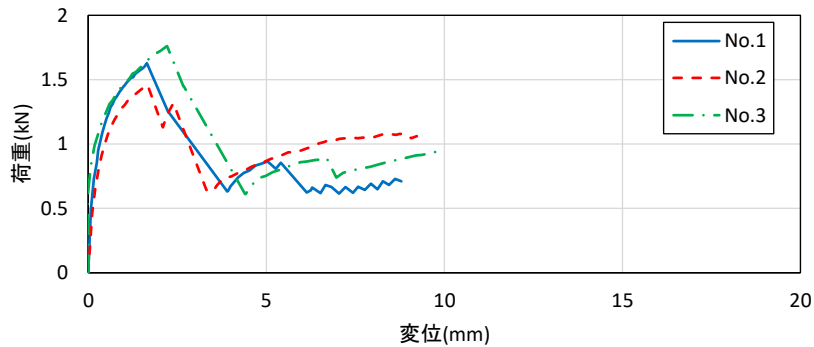


図 3-3-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_30 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-3-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_30 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位 δ <sub>v</sub>	初期剛性 K	塑性率 μ	構造特性 係数 Ds
	P <sub>y</sub>	δ <sub>y</sub>	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3Pmax</sub>	P <sub>max</sub>	δ P <sub>max</sub>	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_30-1	0.91	0.26	1.09	0.39	1.63	1.65	1.45	2.16	0.41	34.98	5.22	0.33
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_30-2	0.81	0.30	0.97	0.44	1.46	1.66	1.30	2.05	0.47	27.59	4.33	0.36
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_30-3	0.99	0.17	1.17	0.38	1.76	2.21	1.53	2.78	0.27	56.72	10.29	0.23
平均	0.90	0.24	1.08	0.40	1.62	1.84	1.42	2.33	0.39	39.77	6.61	0.31

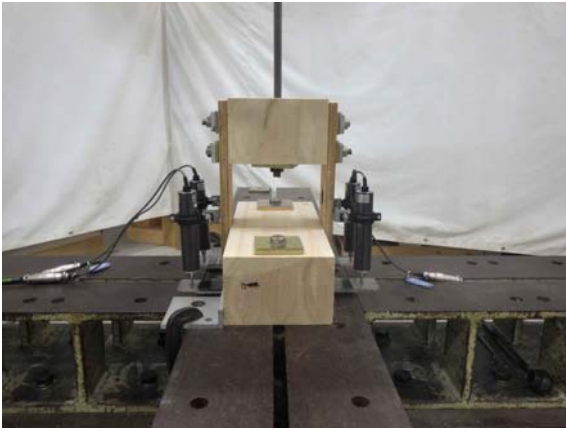


写真 3-3-1 C┘\_Wk\_1\_180\_30-1 加力前

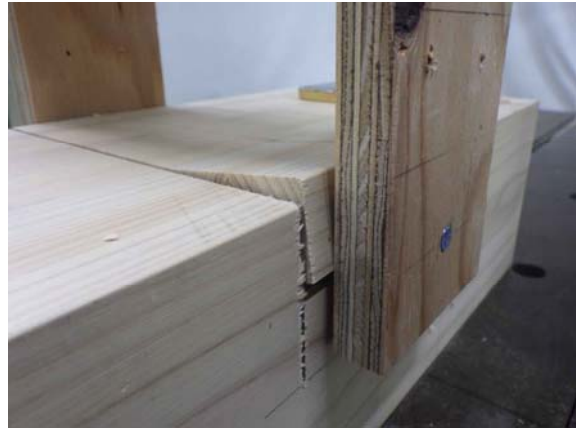


写真 3-3-2 C┘\_Wk\_1\_180\_30-1 加力後



写真 3-3-3 C┘\_Wk\_1\_180\_30-2 加力前



写真 3-3-4 C┘\_Wk\_1\_180\_30-2 加力後



写真 3-3-5 C┘\_Wk\_1\_180\_30-3 加力前



写真 3-3-6 C┘\_Wk\_1\_180\_30-3 加力後

④ C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30

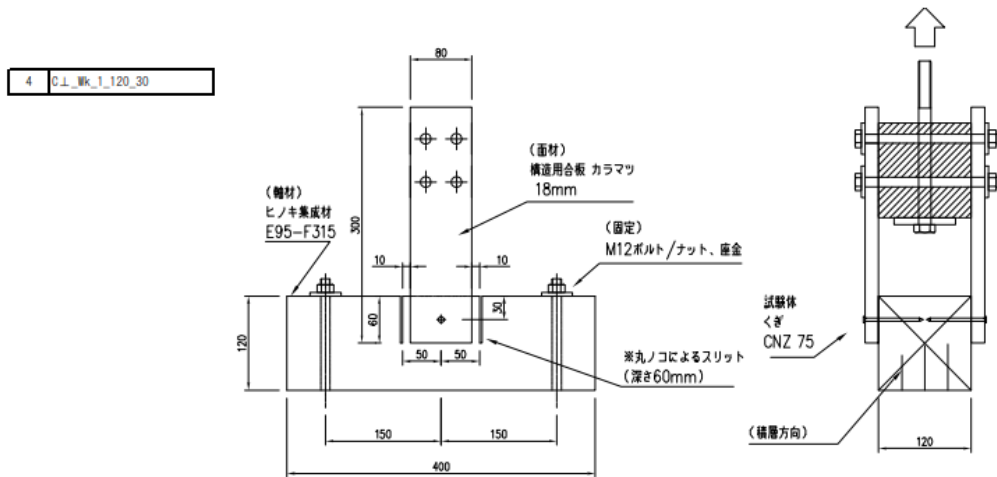


図 3-4-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30 試験体図

表 3-4-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30 諸元

試験体記号		縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
				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>
No.4	C <sub>⊥</sub> Wk_1_120_30-1	30	120	—	0.58	14.1	0.49	—	0.58
	C <sub>⊥</sub> Wk_1_120_30-2			—	0.58	14.8	0.49	—	0.58
	C <sub>⊥</sub> Wk_1_120_30-3			—	0.58	14.4	0.49	—	0.58

C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30

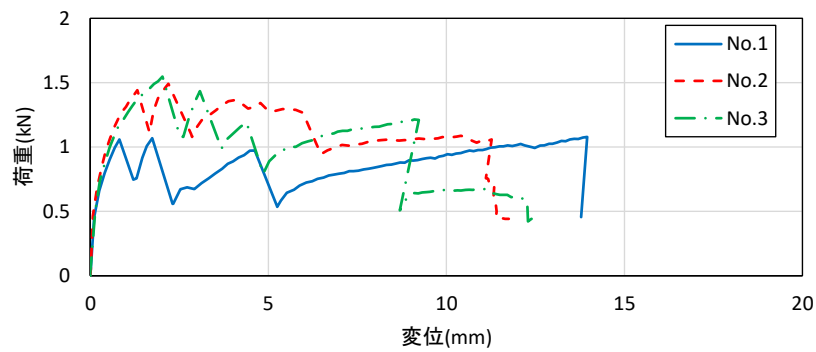


図 3-4-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-4-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位 δ <sub>v</sub>	初期剛性 K	塑性率 μ	構造特性 係数 D <sub>s</sub>
	P <sub>y</sub>	δ <sub>y</sub>	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3Pmax</sub>	P <sub>max</sub>	δ P <sub>max</sub>	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>⊥</sub> Wk_1_120_30-1	0.54	0.17	0.71	0.31	1.07	1.74	0.91	1.98	0.29	31.77	6.83	0.28
C <sub>⊥</sub> Wk_1_120_30-2	0.78	0.26	0.99	0.46	1.49	2.19	1.30	2.68	0.44	30.00	6.09	0.30
C <sub>⊥</sub> Wk_1_120_30-3	0.83	0.37	1.03	0.59	1.55	2.03	1.35	2.35	0.59	22.43	3.98	0.38
平均	0.72	0.27	0.91	0.45	1.37	1.99	1.19	2.34	0.44	28.07	5.63	0.32

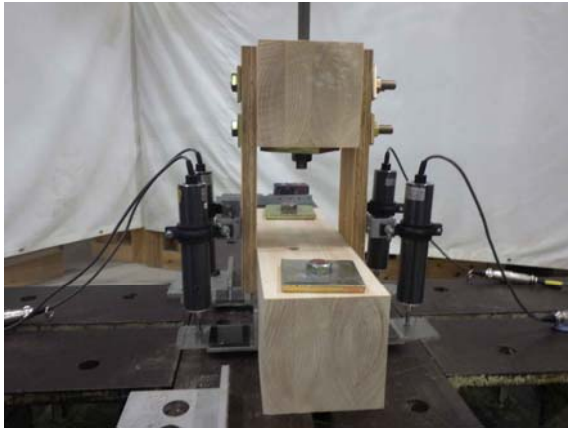


写真 3-4-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30-1 加力前



写真 3-4-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30-1 加力後



写真 3-4-3 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30-2 加力前



写真 3-4-4 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30-2 加力後



写真 3-4-5 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30-3 加力前



写真 3-4-6 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30-3 加力後

⑤ C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_30\_10

5 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_30\_10

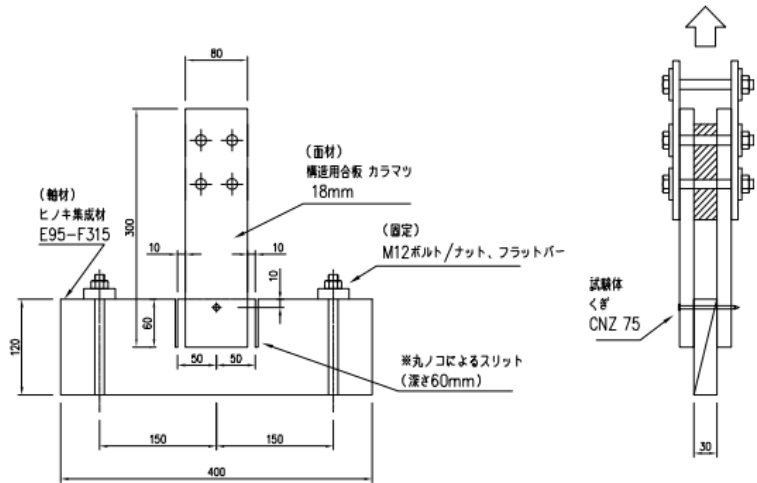


図 3-5-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_30\_10 試験体図

表 3-5-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_30\_10 諸元

試験体記号	縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
			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>
No.5	10	30	-	0.57	13.2	0.41	-	0.57
C <sub>⊥</sub> Wk_1_30_10-1			-	0.57	13.7	0.42	-	0.57
C <sub>⊥</sub> Wk_1_30_10-2			-	0.58	14.3	0.42	-	0.59

C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_30\_10

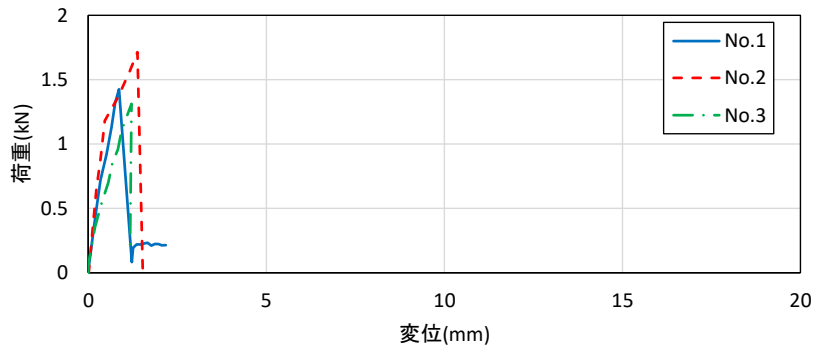


図 3-5-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_30\_10 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-5-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_30\_10 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位 δv	初期剛性 K	塑性率 μ	構造特性 係数 Ds
	Py	δy	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3P<sub>max</sub></sub>	P <sub>max</sub>	δP <sub>max</sub>	Pu	δu				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>⊥</sub> Wk_1_30_10-1	0.68	0.32	0.95	0.53	1.43	0.86	1.19	0.95	0.56	21.24	1.70	0.65
C <sub>⊥</sub> Wk_1_30_10-2	1.11	0.44	1.14	0.45	1.71	1.38	1.46	1.41	0.57	25.38	2.46	0.51
C <sub>⊥</sub> Wk_1_30_10-3	0.61	0.45	0.88	0.71	1.31	1.22	1.17	1.22	0.87	13.46	1.39	0.75
平均	0.80	0.40	0.99	0.56	1.48	1.15	1.27	1.19	0.67	20.03	1.85	0.64

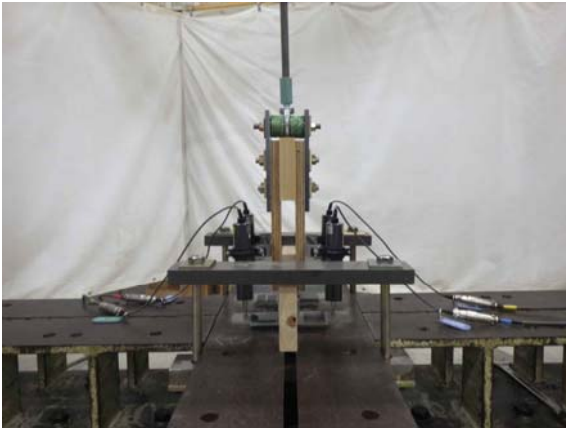


写真 3-5-1 C1\_Wk\_1\_30\_10-1 加力前



写真 3-5-2 C1\_Wk\_1\_30\_10-1 加力後



写真 3-5-3 C1\_Wk\_1\_30\_10-2 加力前



写真 3-5-4 C1\_Wk\_1\_30\_10-2 加力後



写真 3-5-5 C1\_Wk\_1\_30\_10-3 加力前



写真 3-5-6 C1\_Wk\_1\_30\_10-3 加力後

⑥ C<sub>⊥</sub>SS\_1\_180\_30

6 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_180\_30

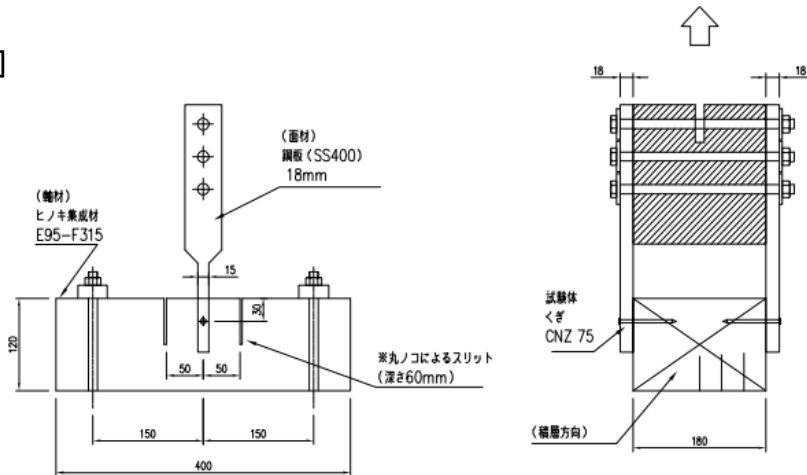


図 3-6-1 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_180\_30 試験体図

表 3-6-1 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_180\_30 諸元

試験体記号		縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
				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>
No.6	C <sub>⊥</sub> SS_1_180_30-1	30	180	-	-	13.1	0.46	-	-
	C <sub>⊥</sub> SS_1_180_30-2			-	-	13.9	0.46	-	-
	C <sub>⊥</sub> SS_1_180_30-3			-	-	13.1	0.47	-	-

C<sub>⊥</sub>SS\_1\_180\_30

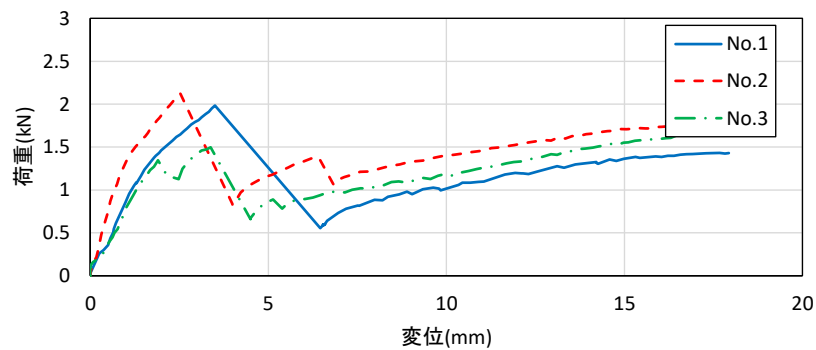


図 3-6-2 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_180\_30 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-6-2 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_180\_30 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位	初期剛性	塑性率	構造特性 係数
	P <sub>y</sub>	δ <sub>y</sub>	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3P<sub>max</sub></sub>	P <sub>max</sub>	δ P <sub>max</sub>	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>⊥</sub> SS_1_180_30-1	1.18	1.44	1.32	1.69	1.98	3.50	1.74	4.32	2.13	8.19	2.03	0.57
C <sub>⊥</sub> SS_1_180_30-2	1.15	0.81	1.42	1.12	2.12	2.52	1.82	3.00	1.28	14.20	2.34	0.52
C <sub>⊥</sub> SS_1_180_30-3	-	-	1.00	1.29	1.50	3.38	-	-	-	-	-	-
平均	1.17	1.13	1.25	1.37	1.87	3.13	1.78	3.66	1.71	11.20	2.19	0.55

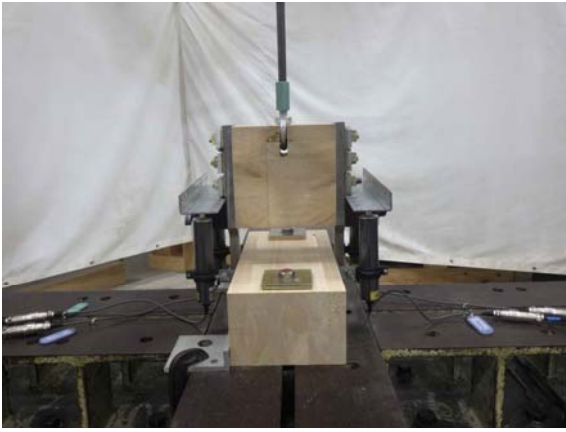


写真 3-6-1 CL\_SS\_1\_180\_30-1 加力前



写真 3-6-2 CL\_SS\_1\_180\_30-1 加力後



写真 3-6-3 CL\_SS\_1\_180\_30-2 加力前



写真 3-6-4 CL\_SS\_1\_180\_30-2 加力後



写真 3-6-5 CL\_SS\_1\_180\_30-3 加力前



写真 3-6-6 CL\_SS\_1\_180\_30-3 加力後

⑦ C<sub>⊥</sub>SS\_1\_30\_30

7 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_30\_30

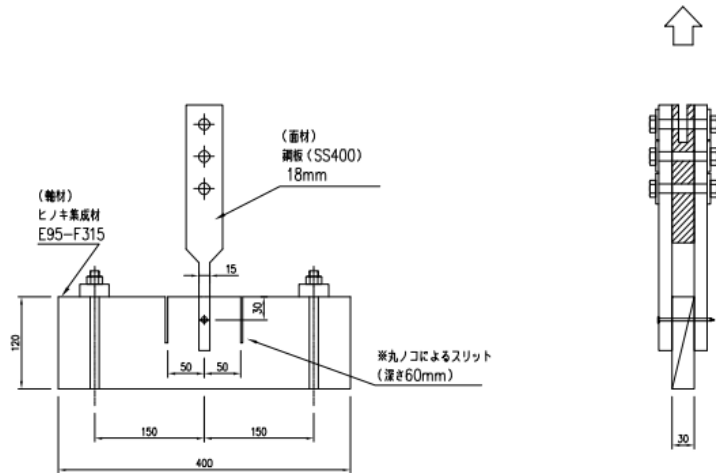


図 3-7-1 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_30\_30 試験体図

表 3-7-1 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_30\_30 諸元

試験体記号		縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
				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>
No.7	C <sub>⊥</sub> SS_1_30_30-1	30	30	-	-	15.3	0.41	-	-
	C <sub>⊥</sub> SS_1_30_30-2			-	-	14.3	0.42	-	-
	C <sub>⊥</sub> SS_1_30_30-3			-	-	15.5	0.46	-	-

C<sub>⊥</sub>SS\_1\_30\_30

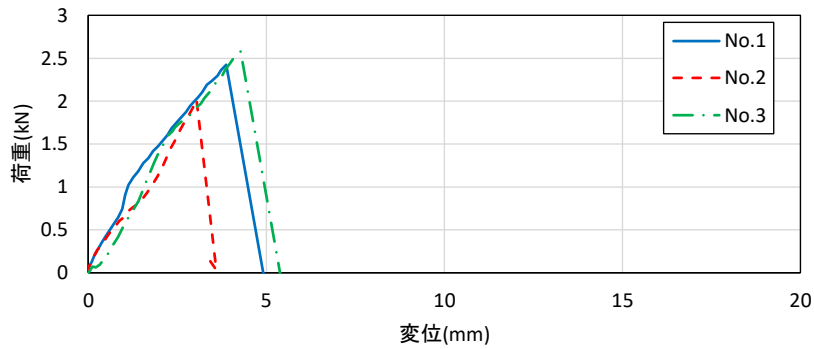


図 3-7-2 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_30\_30 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-7-2 C<sub>⊥</sub>SS\_1\_30\_30 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位	初期剛性	塑性率	構造特性 係数
	P <sub>y</sub>	δ <sub>y</sub>	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3P<sub>max</sub></sub>	P <sub>max</sub>	δ P <sub>max</sub>	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>⊥</sub> SS_1_30_30-1	1.14	1.31	1.62	2.24	2.43	3.88	1.97	4.08	2.28	8.65	1.79	0.62
C <sub>⊥</sub> SS_1_30_30-2	-	-	1.35	2.20	2.02	3.04	-	-	-	-	-	-
C <sub>⊥</sub> SS_1_30_30-3	-	-	1.72	2.50	2.58	4.28	-	-	-	-	-	-
平均	1.14	1.31	1.56	2.31	2.34	3.73	1.97	4.08	2.28	8.65	1.79	0.62



写真 3-7-1 C┴\_SS\_1\_30\_30-1 加力前



写真 3-7-2 C┴\_SS\_1\_30\_30-1 加力後



写真 3-7-3 C┴\_SS\_1\_30\_30-2 加力前

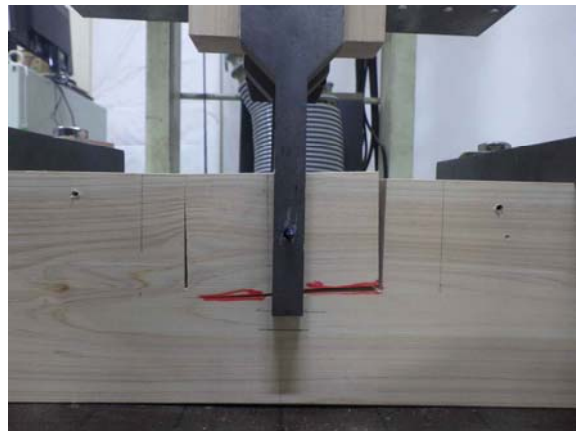


写真 3-7-4 C┴\_SS\_1\_30\_30-2 加力後



写真 3-7-5 C┴\_SS\_1\_30\_30-3 加力前



写真 3-7-6 C┴\_SS\_1\_30\_30-3 加力後

⑧ C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_30

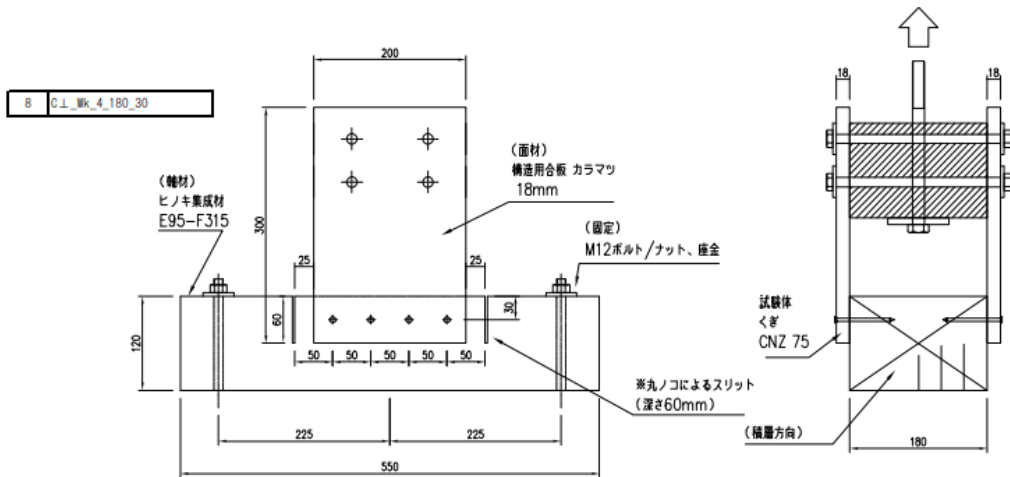


図 3-8-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_30 試験体図

表 3-8-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_30 諸元

試験体記号		縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
				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>
No.8	C <sub>⊥</sub> Wk_4_180_30-1	30	180	-	0.58	11.6	0.44	-	0.59
	C <sub>⊥</sub> Wk_4_180_30-2			-	0.59	13.9	0.48	-	0.59
	C <sub>⊥</sub> Wk_4_180_30-3			-	0.6	13.7	0.48	-	0.6

C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_30

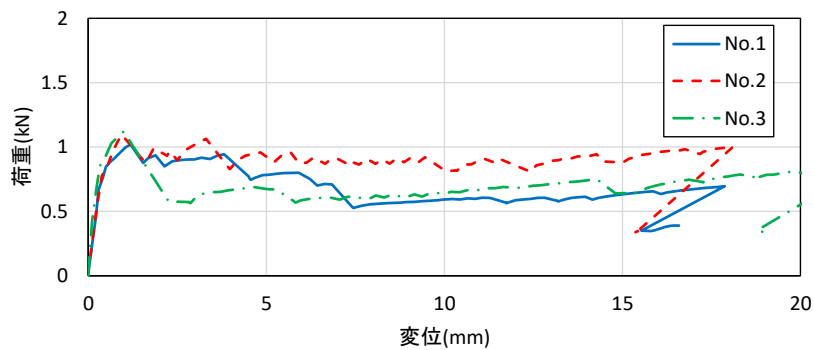


図 3-8-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_30 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-8-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_30 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位 δv	初期剛性 K	塑性率 μ	構造特性 係数 Ds
	Py	δy	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3P<sub>max</sub></sub>	P <sub>max</sub>	δP <sub>max</sub>	Pu	δu				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>⊥</sub> Wk_4_180_30-1	-	-	0.68	0.30	1.02	1.18	-	-	-	-	-	-
C <sub>⊥</sub> Wk_4_180_30-2	0.70	0.34	0.73	0.36	1.10	0.94	0.97	3.83	0.47	166.22	8.18	0.26
C <sub>⊥</sub> Wk_4_180_30-3	0.70	0.24	0.75	0.26	1.12	1.00	1.02	1.51	0.34	237.03	4.43	0.36
平均	0.70	0.29	0.72	0.31	1.08	1.04	0.99	2.67	0.41	201.63	6.31	0.31

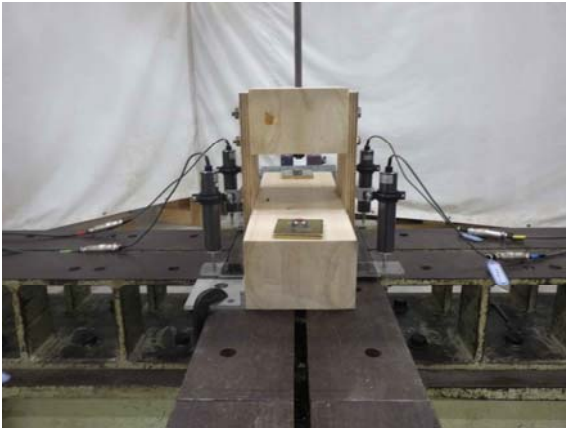


写真 3-8-1 C┘\_Wk\_4\_180\_30-1 加力前



写真 3-8-2 C┘\_Wk\_4\_180\_30-1 加力後



写真 3-8-3 C┘\_Wk\_4\_180\_30-2 加力前



写真 3-8-4 C┘\_Wk\_4\_180\_30-2 加力後



写真 3-8-5 C┘\_Wk\_4\_180\_30-3 加力前



写真 3-8-6 C┘\_Wk\_4\_180\_30-3 加力後

⑨ C.L\_Wk\_4\_180\_2040

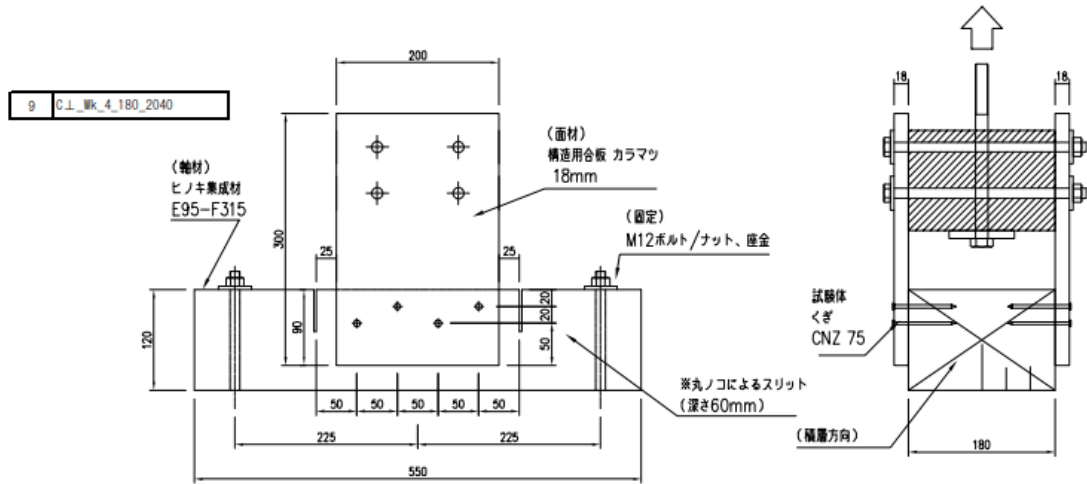


図 3-9-1 C.L\_Wk\_4\_180\_2040 試験体図

表 3-9-1 C.L\_Wk\_4\_180\_2040 諸元

試験体記号		縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
				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>
No.9	C.L_Wk_4_180_2040-1	20/40	180	-	0.6	11.8	0.44	-	0.61
	C.L_Wk_4_180_2040-2			-	0.6	13.7	0.48	-	0.6
	C.L_Wk_4_180_2040-3			-	0.6	13.4	0.48	-	0.6

C.L\_Wk\_4\_180\_2040

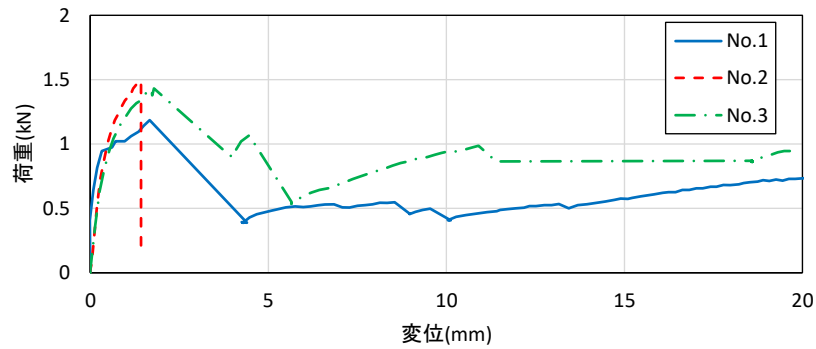


図 3-9-2 C.L\_Wk\_4\_180\_2040 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-9-2 C.L\_Wk\_4\_180\_2040 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位 δv	初期剛性 K	塑性率 μ	構造特性 係数 Ds
	Py	δy	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3P<sub>max</sub></sub>	P <sub>max</sub>	δP <sub>max</sub>	Pu	δu				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C.L_Wk_4_180_2040-1	0.84	0.22	0.79	0.18	1.19	1.67	1.06	2.48	0.27	311.16	9.04	0.24
C.L_Wk_4_180_2040-2	0.83	0.35	0.99	0.48	1.49	1.43	1.32	1.43	0.56	187.76	2.54	0.50
C.L_Wk_4_180_2040-3	0.81	0.39	0.95	0.54	1.43	1.79	1.28	2.95	0.63	163.76	4.73	0.34
平均	0.82	0.32	0.91	0.40	1.37	1.63	1.22	2.29	0.49	220.89	5.44	0.36

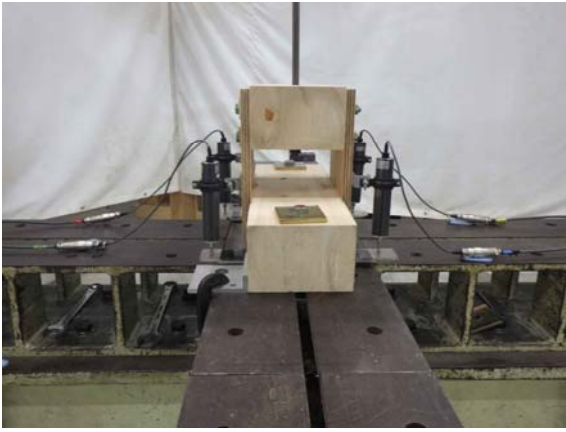


写真 3-9-1 C $\perp$ \_Wk\_4\_180\_2040-1 加力前



写真 3-9-2 C $\perp$ \_Wk\_4\_180\_2040-1 加力後



写真 3-9-3 C $\perp$ \_Wk\_4\_180\_2040-2 加力前



写真 3-9-4 C $\perp$ \_Wk\_4\_180\_2040-2 加力後



写真 3-9-5 C $\perp$ \_Wk\_4\_180\_2040-3 加力前



写真 3-9-6 C $\perp$ \_Wk\_4\_180\_2040-3 加力後

⑩ C<sub>L</sub>\_Wk\_4\_180\_3050

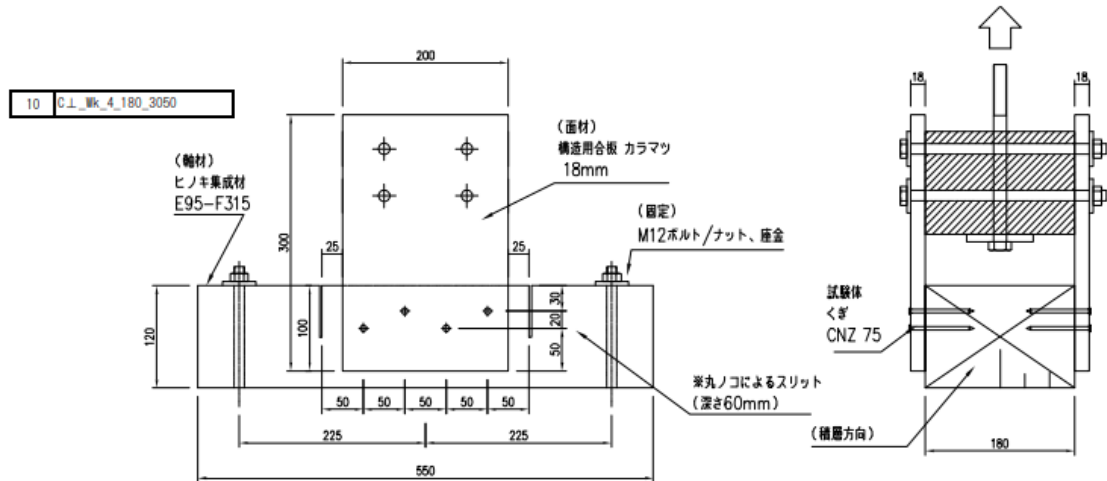


図 3-10-1 C<sub>L</sub>\_Wk\_4\_180\_3050 試験体図

表 3-10-1 C<sub>L</sub>\_Wk\_4\_180\_3050 諸元

試験体記号		縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
				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>
No.10	C <sub>L</sub> _Wk_4_180_3050-1	30/50	180	—	0.61	13.5	0.48	—	0.61
	C <sub>L</sub> _Wk_4_180_3050-2			—	0.62	13.2	0.48	—	0.62
	C <sub>L</sub> _Wk_4_180_3050-3			—	0.62	17	0.48	—	0.62

C<sub>L</sub>\_Wk\_4\_180\_3050

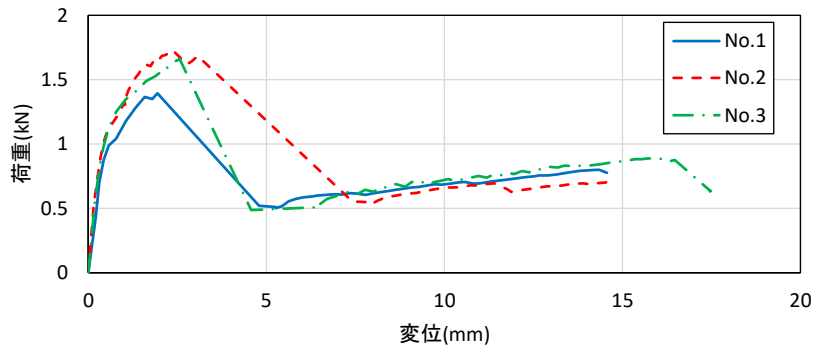


図 3-10-2 C<sub>L</sub>\_Wk\_4\_180\_3050 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-10-2 C<sub>L</sub>\_Wk\_4\_180\_3050 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位	初期剛性	塑性率	構造特性 係数
	P <sub>y</sub>	δ <sub>y</sub>	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3Pmax</sub>	P <sub>max</sub>	δ P <sub>max</sub>	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>L</sub> _Wk_4_180_3050-1	0.86	0.42	0.93	0.50	1.40	1.94	1.24	2.85	0.60	164.01	4.73	0.34
C <sub>L</sub> _Wk_4_180_3050-2	0.94	0.38	1.15	0.66	1.73	2.36	1.54	4.22	0.62	200.45	6.87	0.28
C <sub>L</sub> _Wk_4_180_3050-3	1.01	0.45	1.11	0.56	1.66	2.57	1.47	3.13	0.66	178.19	4.73	0.34
平均	0.94	0.42	1.06	0.57	1.60	2.29	1.42	3.40	0.63	180.88	5.44	0.32

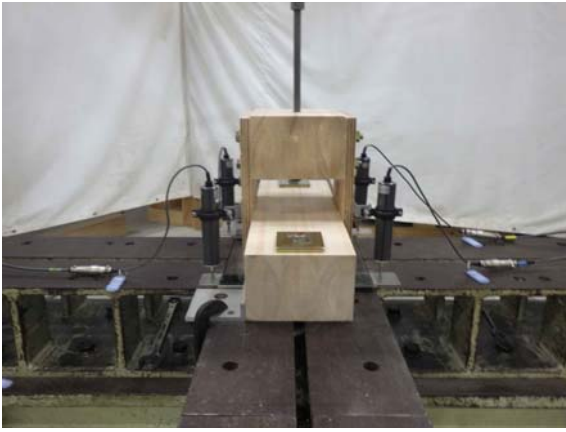


写真 3-10-1 C.L\_Wk\_4\_180\_3050-1 加力前



写真 3-10-2 C.L\_Wk\_4\_180\_3050-1 加力後

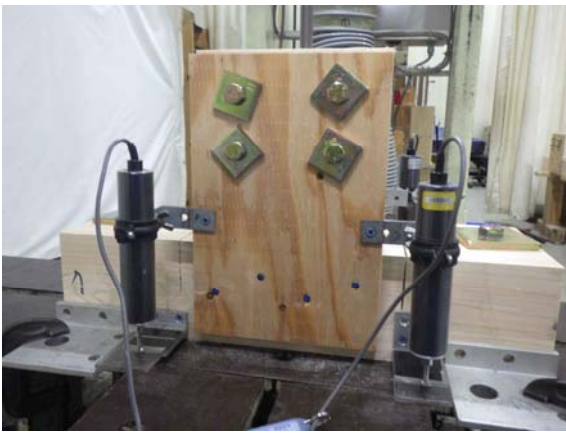


写真 3-10-3 C.L\_Wk\_4\_180\_3050-2 加力前



写真 3-10-4 C.L\_Wk\_4\_180\_3050-2 加力後



写真 3-10-5 C.L\_Wk\_4\_180\_3050-3 加力前



写真 3-10-6 C.L\_Wk\_4\_180\_3050-3 加力後

⑪ C<sub>L</sub>\_Wk\_1\_180\_30\_N

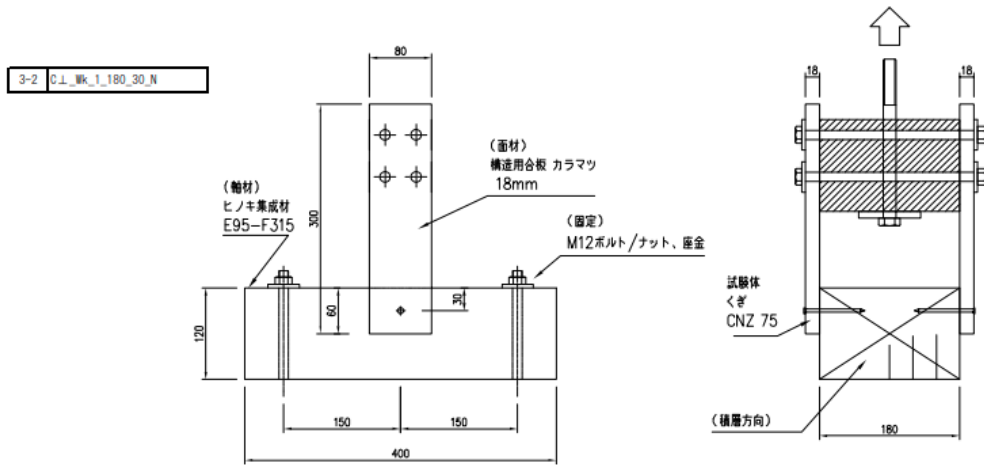


図 3-11-1 C<sub>L</sub>\_Wk\_1\_180\_30\_N 試験体図

表 3-11-1 C<sub>L</sub>\_Wk\_1\_180\_30\_N 諸元

試験体記号		縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
				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>
No.3-2	C <sub>L</sub> _Wk_1_180_30_N-1	30	180	—	0.58	13.6	0.48	—	0.58
	C <sub>L</sub> _Wk_1_180_30_N-2			—	0.58	14.1	0.48	—	0.58
	C <sub>L</sub> _Wk_1_180_30_N-3			—	0.58	15.9	0.48	—	0.58

C<sub>L</sub>\_Wk\_1\_180\_30\_N

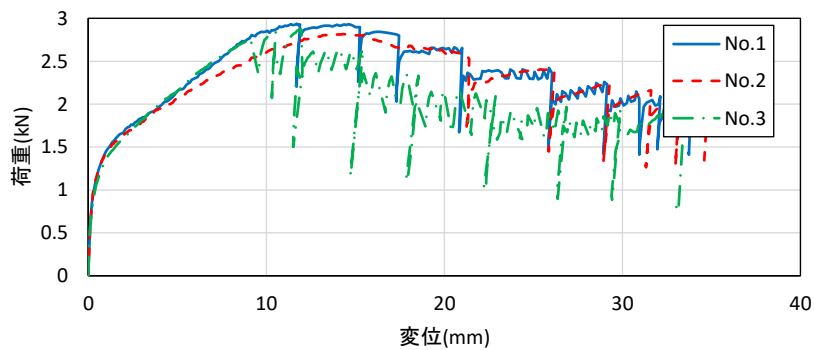


図 3-11-2 C<sub>L</sub>\_Wk\_1\_180\_30\_N 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-11-2 C<sub>L</sub>\_Wk\_1\_180\_30\_N 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位 δ <sub>v</sub>	初期剛性 K	塑性率 μ	構造特性 係数 Ds
	P <sub>y</sub>	δ <sub>y</sub>	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3Pmax</sub>	P <sub>max</sub>	δ P <sub>max</sub>	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>L</sub> _Wk_1_180_30_N-1	1.43	0.94	1.96	3.93	2.94	11.71	2.57	21.02	1.69	15.18	12.41	0.20
C <sub>L</sub> _Wk_1_180_30_N-2	1.41	0.93	1.88	3.62	2.82	13.83	2.47	21.39	1.62	15.27	13.24	0.20
C <sub>L</sub> _Wk_1_180_30_N-3	1.36	0.99	1.92	3.50	2.87	11.97	2.40	15.55	1.74	13.74	8.92	0.24
平均	1.40	0.95	1.92	3.69	2.88	12.50	2.48	19.32	1.68	14.73	11.52	0.21

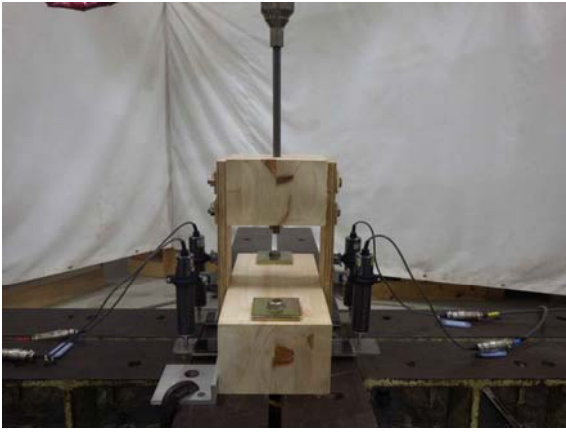


写真 3-11-1 C┘\_Wk\_1\_180\_30\_N-1 加力前



写真 3-11-2 C┘\_Wk\_1\_180\_30\_N-1 加力後

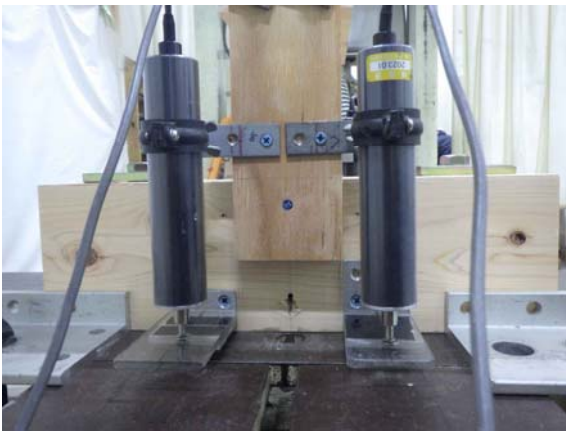


写真 3-11-3 C┘\_Wk\_1\_180\_30\_N-2 加力前



写真 3-11-4 C┘\_Wk\_1\_180\_30\_N-2 加力後



写真 3-11-5 C┘\_Wk\_1\_180\_30\_N-3 加力前



写真 3-11-6 C┘\_Wk\_1\_180\_30\_N-3 加力後

⑫ C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20\_N

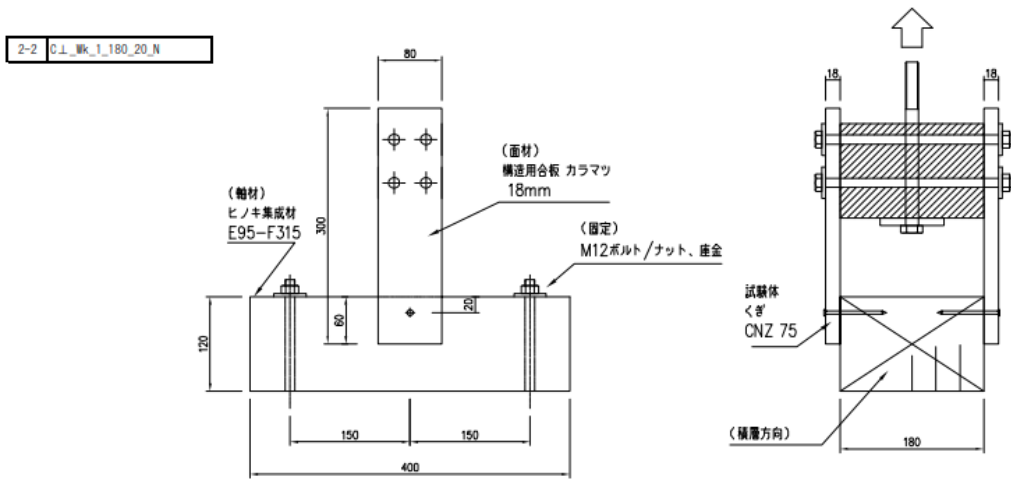


図 3-12-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20\_N 試験体図

表 3-12-1 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20\_N 諸元

試験体記号		縁距離 mm	軸材厚み mm	面材(L)		軸材		面材(R)	
				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>
No.2-2	C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20_N-1	20	180	-	0.6	13.6	0.48	-	0.57
	C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20_N-2			-	0.6	14.1	0.48	-	0.59
	C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20_N-3			-	0.6	15.9	0.48	-	0.59

C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20\_N

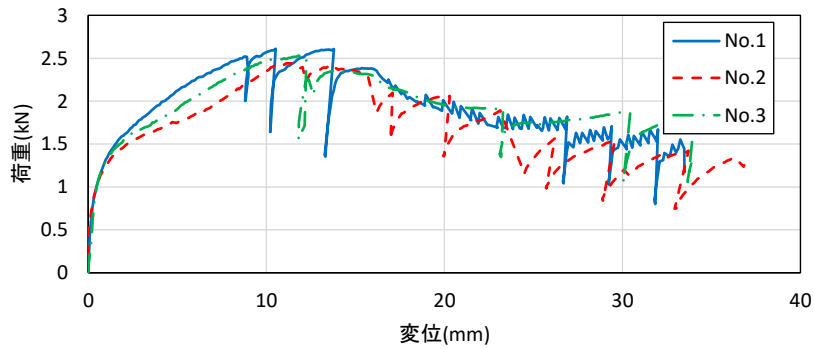


図 3-12-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20\_N 荷重変位曲線 ※釘 1 本当たり

表 3-12-2 C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_20\_N 構造特性値 ※釘 1 本当たり

試験体記号	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		終局時		降伏点 変位	初期剛性	塑性率	構造特性 係数
	P <sub>y</sub>	δ <sub>y</sub>	2/3P <sub>max</sub>	δ <sub>2/3P<sub>max</sub></sub>	P <sub>max</sub>	δ P <sub>max</sub>	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20_N-1	1.35	1.08	1.74	2.71	2.61	10.53	2.29	17.55	1.84	12.46	9.54	0.24
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20_N-2	1.27	1.07	1.63	3.54	2.44	11.13	2.09	16.08	1.75	11.91	9.18	0.24
C <sub>⊥</sub> Wk_1_180_20_N-3	1.32	1.04	1.69	3.09	2.53	11.82	2.17	18.79	1.70	12.76	11.06	0.22
平均	1.32	1.06	1.69	3.11	2.53	11.16	2.18	17.47	1.76	12.38	9.93	0.23

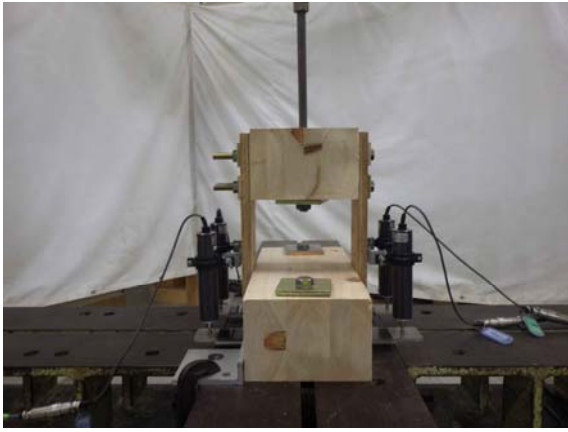


写真 3-12-1 C1\_Wk\_1\_180\_20\_N-1 加力前

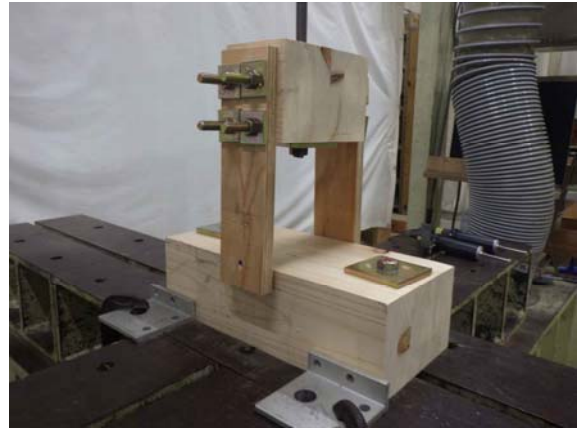


写真 3-12-2 C1\_Wk\_1\_180\_20\_N-1 加力後



写真 3-12-3 C1\_Wk\_1\_180\_20\_N-2 加力前



写真 3-12-4 C1\_Wk\_1\_180\_20\_N-2 加力後



写真 3-12-5 C1\_Wk\_1\_180\_20\_N-3 加力前



写真 3-12-6 C1\_Wk\_1\_180\_20\_N-3 加力後

### 3.6.4 考察

試験では、スリット有りの試験体では割裂が励起され概ね割裂破壊に至ったが、スリット無しの試験体では一部の試験体を除き割裂が生じず釘の引き抜けで終局状態に至った。本項では割裂破壊に至った試験体は、荷重が最大荷重に達した時に割裂が生じたものとして考察を行う。

#### ① 縁距離の長さによる割裂耐力の影響

縁距離と最大耐力について、C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_10~30 の試験結果の比較したグラフを図 3.6.4-1 に、C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_30 / 2040 / 3050 の試験結果の比較したグラフを図 3.6.4-2 に示す。縁距離が 10mm の試験体は最大耐力が 1kN 程度であったが、縁距離 20・30mm の試験体では 1.5~1.6kN 程度となり、縁距離が長くなるほど最大耐力が上昇する傾向が見られた。

複数本打たれた仕様である C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_30・C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_2040・C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_3050 について比較を行うと、釘が縁距離 30mm で一列打ちであった C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_30 は、千鳥打ち (20/40mm) の C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_2040 や千鳥打ち (30/50mm) の C<sub>⊥</sub>Wk\_4\_180\_3050 よりも最大耐力が低い傾向が見られた。この結果より実際の耐力壁では、釘間隔が 50mm の場合、千鳥打ちとすることが耐力の向上に有効であると示唆された。

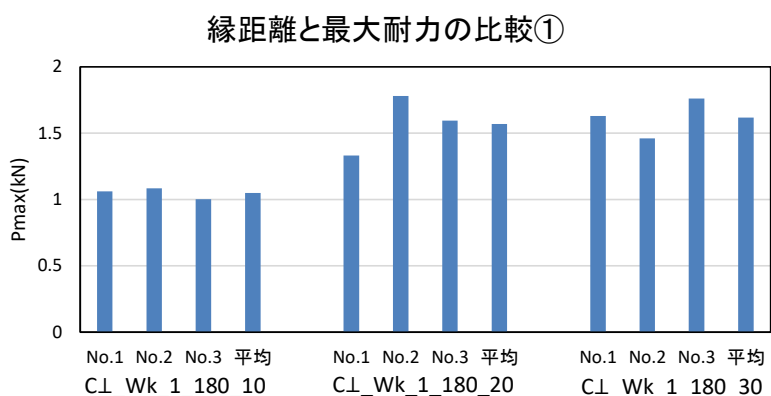


図 3.6.4-1 縁距離と釘 1 本当たりの最大耐力の比較 (釘 1 本) (左から、縁距離 10mm・20mm・30mm)

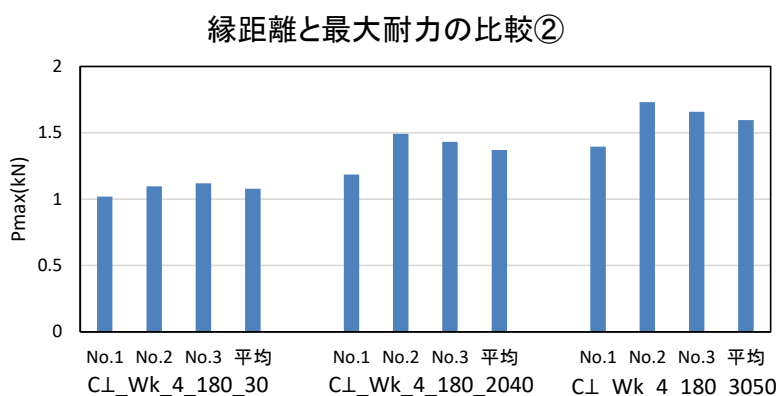


図 3.6.4-2 縁距離と釘 1 本当たりの最大耐力の比較 (釘多数本)  
(左から、縁距離 30mm1 列・20/40mm 千鳥・30/50mm 千鳥)

## ② 軸材の厚さによる割裂耐力の影響

軸材厚さと最大耐力の関係について、図 3.6.4-3 および図 3.6.4-4 に示す。まず、縁距離が 30mm であった、C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_30・C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_120\_30・C<sub>⊥</sub>SS\_1\_30\_30 について、軸材厚 180mm の仕様は 120mm の仕様と比べ最大耐力が約 20%高い傾向が見られた。一方で軸材厚 30mm の仕様は二面せん断接合であるため、側材が鋼板であることを差し置いても一層高い傾向が見られた。ただし、一面せん断接合の 2 倍よりは低く、厚 180mm 仕様の約 40%高い程度に留まった。また、縁距離が 10mm の C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_10・C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_30\_10 の比較においても同様で、2 面せん断接合となる仕様で最大耐力が高くなる傾向が見られた。

### 軸材厚と最大耐力の比較①

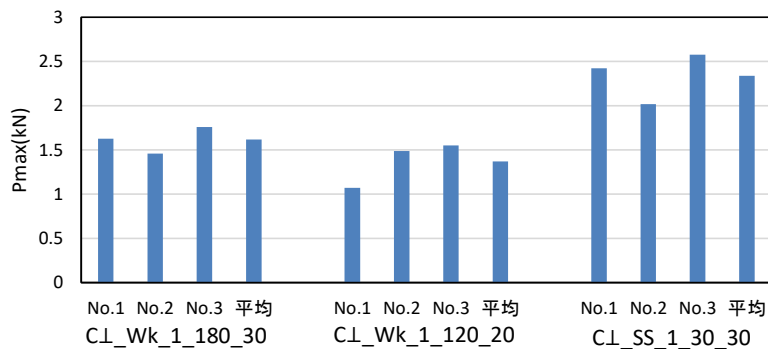


図 3.6.4-3 軸材厚と釘 1 本当りでの最大耐力の比較（縁距離 30mm）

（左から、厚 180mm・120mm・30mm。ただし、厚 30mm のみ側材が鋼板）

### 軸材厚と最大耐力の比較②

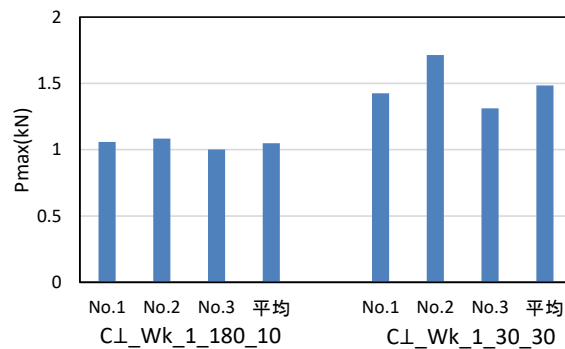


図 3.6.4-4 軸材厚と釘 1 本当りでの最大耐力の比較（縁距離 10mm）（左から、厚 180mm・30mm）

### ③ 面材種類による割裂耐力の影響

面材種類と最大耐力の関係について、C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_30 と C<sub>⊥</sub>SS\_1\_180\_30 の比較を行い、図 3.6.4-5 に示す。一般に側材を鋼板とした仕様では、側材を木質系面材とした場合に比べ、釘端部の拘束度が高まる。そのため、C<sub>⊥</sub>SS\_1\_180\_30 は C<sub>⊥</sub>Wk\_1\_180\_30 に比べ、最大耐力が約 15%上昇していた。

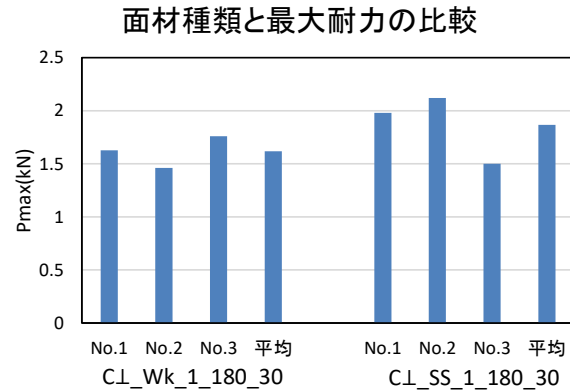


図 3.6.4-5 面材種類と釘 1 本当たりの最大耐力の比較 (左から、構造用合板・鋼板)

### ④ スリット有無による割裂耐力の影響

スリットの有無と最大耐力の関係について、図 3.6.4-6 に示す。スリットが無い試験体の最大耐力はスリットがある試験体の最大耐力に比べ、縁距離 20mm の仕様では約 61%、縁距離 30mm の仕様では約 78%高くなった。ただし、本実験におけるスリット無し試験体は割裂ではなく釘の引き抜けで終局状態に至ったため、単純に割裂耐力としての比較とはならないと考えられた。

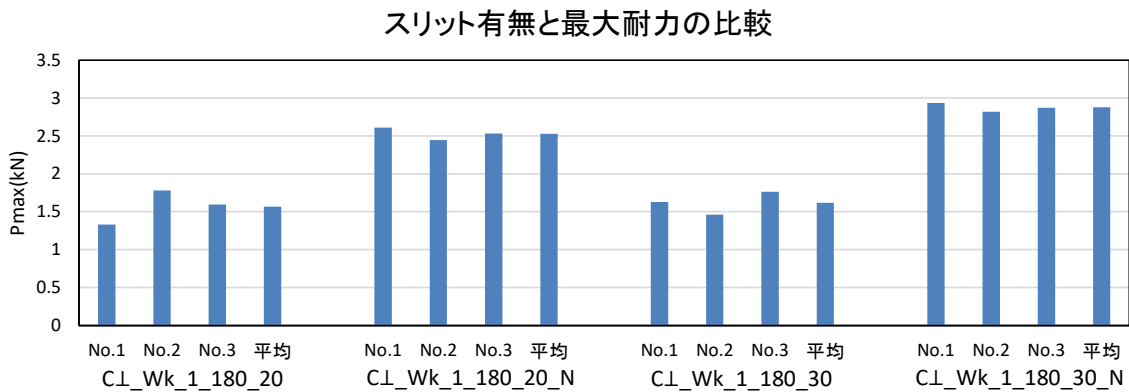


図 3.6.4-6 スリット有無と釘 1 本当たりの最大耐力の比較 (左から、縁距離 20mm スリット有・20mm スリット無・縁距離 30mm スリット有・30mm スリット無)

### 3.6.5 実験値と計算値の比較

実験値と木質構造設計<sup>り</sup>での割裂算定式との比較を行い、表 3.6.5-1 および表 3.6.5-2 に示す。木質構造設計規準では、曲げ降伏型接合具が木材の繊維直交方向に加力される場合の割裂耐力について(3.6.5-1)式で算出できるとしている。

$$P_{uw\perp} = 2C_r l \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}} \quad \dots(3.6.5-1)$$

ここで、 $P_{uw\perp}$ ：割裂耐力(N)、 $C_r$ ：割裂破壊定数(N/mm<sup>1.5</sup>)、 $l$ ：軸材厚(mm)、 $h_e$ ：縁距離(mm)、 $h$ ：軸材せい(mm)。なお、割裂破壊定数  $C_r$  は軸材の比重を基に(3.6.5-2)式で算出できる。

$$C_r = 39.6r_0 - 4.44 \quad \dots(3.6.5-2)$$

ここで、 $r_0$ ：木材の基準比重。今回の実験でのヒノキ軸材の平均比重 0.46 を基に計算し、 $C_r=13.82$  とし計算を行った。

実験値と計算値の比較では、いずれの試験体においても計算値が実験値を大幅に上回った。そもそも(3.6.5-1)式が、ドリフトピン・ボルトなどの径が大きく 2 面せん断接合などで材を貫通する接合・接合具が変形しない・余長が十分に取れている、といった条件を想定しており、適用条件が異なるためであると考えられる。なので、材を貫通しない釘接合部に生じる割裂破壊については別の耐力推定式を提案する必要性あると考えられる。最も計算式の適用条件に近い、No.5 や No.7 の仕様は他の仕様と比べ実験値と計算値が近いものの、それでも約 2 倍の差があった。No.5 や No.7 は試験の都合上、スリットを有しており、その影響であると考えられた。

表 3.6.5-1 実験値と割裂耐力算定式との比較①

試験体仕様		No1	No2	No3	No4	No5	No6
		C⊥_Wk_1_180_10	C⊥_Wk_1_180_20	C⊥_Wk_1_180_30	C⊥_Wk_1_120_30	C⊥_Wk_1_30_10	C⊥_SS_1_180_30
割裂破壊定数	Cr(N/mm <sup>1.5</sup> )	13.82	13.82	13.82	13.82	13.82	13.82
軸材厚	l(mm)	180	180	180	120	30	180
縁距離	he(mm)	10	20	30	30	10	30
軸材せい	h(mm)	120	120	120	120	120	120
割裂耐力	計算値(kN)	16.43	24.37	31.46	20.98	2.74	31.46
	実験値(kN)	2.10	3.14	3.24	2.74	1.48	3.74

表 3.6.5-2 実験値と割裂耐力算定式との比較②

試験体仕様		No7	No8	No9	No10	No11	No12
		C⊥_SS_1_30_30	C⊥_Wk_4_180_30	C⊥_Wk_4_180_2040	C⊥_Wk_4_180_3050	C⊥_Wk_1_180_30_N	C⊥_Wk_1_180_20_N
割裂破壊定数	Cr(N/mm <sup>1.5</sup> )	13.82	13.82	13.82	13.82	13.82	13.82
軸材厚	l(mm)	30	180	180	180	180	180
縁距離	he(mm)	30	30	40	50	30	20
軸材せい	h(mm)	120	120	120	120	120	120
割裂耐力	計算値(kN)	5.24	31.46	38.54	46.06	31.46	24.37
	実験値(kN)	2.34	8.64	10.96	12.80	5.76	5.06

### 3.6.6 まとめ

鉛直上向きの荷重が生じる際の面材釘接合部を想定した割裂試験を行い、以下の知見が得られた。

- ・縁距離が長いほど割裂耐力が向上する。また、釘が多数本打たれた接合部では、釘配置を千鳥配置とすることが耐力の向上に有効であった
- ・軸材厚が厚いほど割裂耐力が向上する。ただし、薄い材厚であっても 2 面せん断接合など接合形式を工夫することで耐力の上昇が見込める。
- ・面材種類について、同厚の面材であれば、鋼板を使用した方が構造用合板を使用した場合に比べ耐力が向上した。
- ・スリットの有無について、本実験の範囲ではスリットが無い試験体はそもそも割裂が発生しなかった。
- ・割裂耐力算定式について、学会規準の割裂推定式を面材釘接合部に適用した場合、大幅に高く推定された。そもそもの適用条件が異なるため、面材釘を対象とした割裂耐力推定式を提案する必要がある。