

**令和4年度補正予算 林野庁補助事業**

**令和4年度 木材製品の消費拡大対策事業及び  
国内森林資源活用・建築用木材供給力強化対策事業のうち  
CLT建築実証支援事業のうち  
CLT等木質建築部材技術開発・普及事業**

**「超厚合板の開発のための性能試験等の実施事業」**

# **事業報告書**

**令和6年2月**

**日本合板工業組合連合会**

## 目 次

1.	事業計画	1
1.1	事業目的	1
1.2	事業内容	1
2.	委員会構成	1
3.	超厚合板の試作仕様の概要	3
3.1	はじめに	3
3.2	単板選別について	3
3.3	使用樹種について	4
3.4	接着剤について	4
3.5	積層接着方法について	5
3.6	試作試験について	5
4.	曲げ性能	7
4.1	試験体	7
4.2	試験方法	7
4.3	試験結果	8
5.	水平せん断性能	18
5.1	緒言	18
5.2	超厚合板の水平せん断試験の試料材と方法	21
5.3	試験結果概要	22
5.4	結言	26
	試験成績書	27
6.	水平せん断試験方法の検討	34
6.1	目的	34
6.2	厚さ 60mm 合板のせん断試験	35
6.3	厚さ 120mm, 100mm 合板のせん断試験	42
6.4	まとめ	45

7.	接着性能	46
7.1	はじめに	46
7.2	超厚合板の接着性能評価に関する考察	46
7.3	超厚合板の接着性能の実証試験	47
7.4	まとめ	55
	試験成績書	56
8.	接合部性能	69
8.1	支圧試験	69
8.2	鋼板挿入ドリフトピン2面せん断接合部試験	74
9.	屋根構面利用の検討	79
9.1	はじめに	79
9.2	スプライン接合部本試験	80
9.3	柱頭接合部の曲げ試験	82
9.4	弱軸方向の曲げ試験	85
9.5	解析による検証	86
9.6	モックアップの製作	88
10.	熱・湿気性能、寸法変化	90
10.1	はじめに	90
10.2	断熱性能の測定	90
10.3	透湿性能の測定	92
10.4	令和4年度生産試験体の含水率と厚さ変化	95
10.5	令和5年度生産試験体の寸法変化	96
10.6	まとめ	99
11.	総括	100
11.1	試作試験結果について	100
11.2	曲げ試験結果について	100
11.3	水平せん断試験結果について	100
11.4	水平せん断試験方法の検討結果について	101
11.5	接着性能試験結果について	102
11.6	接合部性能試験結果について	102
11.7	屋根構面利用に関する試験結果について	103
11.8	含水率変化に関する試験結果について	103
11.9	残された課題について	104

12.	付録	105
12.1	データ、写真	105
12.1.1	曲げ性能	105
12.1.2	水平せん断性能	114
12.1.3	水平せん断試験方法の検討	126
12.1.4	接着性能	134
12.1.5	接合部性能	140
12.1.6	構面性能検討用の要素試験	154
12.1.7	熱・湿気性能、寸法変化	157
12.2	技術開発委員会議事録	167

## 1. 事業計画

### 1.1 事業目的

現在は30mm厚程度の国産の構造用合板をさらに厚手化した「超厚合板」の製品・技術開発を行う。

具体的な検討項目は、

#### ① 超厚合板の製造因子の検討

超厚合板の製造因子として、単板の選別程度及び積層接着方法に着目し、製造の可否並びに難易について検討を行う。

#### ② 超厚合板の基礎物性の把握

超厚合板の基礎的性能の項目として、曲げ性能、水平せん断性能、接着の程度、含水率変化を採り上げ、性能の評価を実施する。

#### ③ 超厚合板の接合部性能の把握

超厚合板の用途として、建築物の構造材として使用可能であることを目標としており、使用時には接合部を介した応力伝達性能が求められることから、接合部に関する基本的性能を把握する。

#### ④ 超厚合板の構面としての性能把握

超厚合板を構造用途で用いる場合、耐力壁等の構面としての性能が求められるため、耐力壁の水平せん断性能を把握する。

上記の4項目により、超厚合板の製造仕様と性能の関係を把握する。

### 1.2 事業内容

#### ① 超厚合板の製造因子の検討

超厚合板の製造因子として、単板の選別程度及び積層接着方法に着目し、製造の可否並びに難易について検討を行った。

#### ② 超厚合板の基礎物性の把握

超厚合板の基礎的性能の項目として、曲げ性能、水平せん断性能、接着の程度、含水率変化を採り上げ、性能の評価を実施した。

#### ③ 超厚合板の接合部性能の把握

超厚合板の用途として、建築物の構造材として使用可能であることを目標としており、使用時には接合部を介した応力伝達性能が求められることから、接合部に関する基本的性能を把握した。

#### ④ 超厚合板の構面としての性能把握

超厚合板を構造用途で用いる場合、耐力壁等の構面としての性能が求められるため、耐力壁の水平せん断性能を把握した。

## 2. 委員会構成

日本合板工業組合連合会に設置する技術開発委員会において、本事業を推進した。

### I 委員（五十音順、敬称略）

青木 謙治 東京大学大学院 農学生命科学研究科 《副委員長》  
朝倉 靖弘 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 林産試験場

大西 裕二 宮城県林業技術総合センター  
 岡崎 泰男 秋田県立大学 木材高度加工研究所  
 河原 大 東京電機大学 未来科学部建築学科  
 渋沢 龍也 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 《委員長》  
 杉本 健一 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所  
 谷川 信江 東京大学大学院 農学生命科学研究科  
 槌本 敬大 国立研究開発法人 建築研究所  
 戸田 淳二 株式会社 中央設計  
 平野 茂 株式会社 一条工務店  
 宮本 康太 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所

## II 合板メーカー委員（順不同、事業完了時、敬称略）

平松正樹 丸玉木材株式会社  
 大畑泰廣 ホクヨープライウッド株式会社  
 今野政明 北上プライウッド株式会社  
 阿部勝浩 石巻合板工業株式会社  
 岡田隆一 セイホク株式会社  
 進藤和也 秋田プライウッド株式会社  
 岡部隆之 新秋木工業株式会社  
 李 元羽 株式会社キーテック  
 菊地啓善 新潟合板振興株式会社  
 酒井 徹 林ベニヤ産業株式会社  
 藪谷充浩 株式会社ノダ  
 黄 箭波 湖北ベニヤ株式会社  
 荒木裕二 島根合板株式会社  
 橘 由幾 松江エヌエル工業株式会社  
 河野誠一 株式会社日新  
 堀浩太郎 新栄合板工業株式会社

## III オブザーバー（順不同、事業完了時、敬称略）

川原 聡 農林水産省 大臣官房 食品製造課 基準認証室  
 田村 堯大 農林水産省 大臣官房 食品製造課 基準認証室  
 高木 望 林野庁 木材産業課 木材製品技術室  
 立花 紀之 林野庁 木材産業課 木材製品技術室  
 伊豫田 望 林野庁 木材産業課  
 今村 正輝 独立行政法人 農林水産消費安全技術センター  
 尾方 伸次 公益財団法人 日本合板検査会  
 平原 章雄 木構造振興株式会社

## IV 事務局

日本合板工業組合連合会  
 東北合板工業組合、東京合板工業組合、中日本合板工業組合、西日本合板工業組合

### 3. 超厚合板の試作仕様の概要

#### 3.1 はじめに

超厚合板(ちょうあつごうはん)とは従来の厚物合板(厚さ 30mm 程度)を超える厚さを持ち、大規模建築への利用を想定した合板のことをいう(林野庁:令和3年度 森林及び林業の動向、p.59)。従来にない嵩高い合板製品であることから、構造用途はもとより、パーティションなどの造作用途やカウンター・テーブルトップのような家具用途等、種々の使用方法が想定される。本来、用途は使用者が決めるべきものであるが、本事業では、要求性能が定量的である構造用途を対象として製造技術の検討と性能評価を行うこととしている。本年度は、特に昨年度までの検討結果を踏まえ、接合部の性能および構面としての評価対象性能をさらに広げ、より広範な検討を行った。ここでは性能評価に供試した超厚合板の試作仕様の概要とその選定理由についてこれまでの内容を含め、累積的に述べる。

#### 3.2 単板選別について

本事業で想定する超厚合板の用途は、大規模建築物の構造用途であり、当然、基準強度の認定を受けることを視野に入れた材料開発をおこなうこととなる。したがって、使用する単板は、従来の美観を主な目的とした目視等級と異なる選別を行う必要がある。建築基準法において、基準強度が認められている木質材料は CLT・集成材・LVL の 3 種類であり、その構成要素の等級区分方法には、表 3.1 に示す 3 タイプがある。

CLT においては、ラミナは曲げヤング係数の平均値を  $30\text{tf/cm}^2 (=3.0\text{GPa})$  括約で区分し、M30、M60、M90、M120 の 4 等級に区分する。M60 等級のラミナは主としてスギ、M90 等級のラミナは主としてヒノキ、M120 等級のラミナは主としてカラマツを想定したものである。M30 等級のラミナは内層用のもので、いずれの樹種からも製造できる。製品の等級も曲げヤング係数により、たとえば M60 等級のラミナを全層に使用した製品は S60(同一等級)、外層のみに使用し内層に M30 等級のラミナを用いた製品は Mx60(異等級)と表示される。製品の曲げヤング係数の適合基準は層構成によって異なるが、総じて等級の呼称より低い数値となっている。先述の Mx60 等級のラミナは、下限値  $50\text{tf/cm}^2$ 、平均値  $60\text{tf/cm}^2$ 、(A 種構成では上限の基準なし。B 種構成では上限値  $90\text{tf/cm}^2$ ) で区分されるが、たとえば 5 層 5ply の場合、CLT 製品のヤング係数は平均値  $42\text{tf/cm}^2 (=4.2\text{GPa})$  となり、等級の呼称と異なるため注意を要する。

集成材においても、ラミナはヤング係数で区分されるが、 $10\text{tf/cm}^2 (=1.0\text{GPa})$  括約で細かく区分し、L30 から L200 までの 14 等級が存在する。製品の等級は曲げヤング係数と曲げ強度の組み合わせによるが、たとえば、L200 等級のラミナを用いた製品は E170-F495 と表示され、その曲げヤング係数の平均値は  $170\text{tf/cm}^2 (=17.0\text{GPa})$  であり、製品のヤング係数の適合基準は等級の呼称と一致している。別の言い方をすれば、製品性能を担保するためには、等級の呼称より高いヤング係数のラミナを選択していることとなり、このことは CLT の場合と同じである。

LVL においては、使用する単板のヤング係数に関する規定はなく、製品の性能を曲げヤング係数と曲げ強度の組み合わせで規定している。製品のヤング係数区分は、平行層を含まない A 種では E50 から E180 までの 11 等級、平行層を含む B 種では E30 から E140 までの 11 等級とされ、適合基準は平均値と下限値であり、平均値が表示値と一致している。

使用する単板のヤング係数等を規定すると、製造上の許容範囲が狭くなり、技術的工夫の余地が狭まると考えられるため、超厚合板の将来の製造基準においては製品性能のみの規定とする方が望ましい。一方、製造上の許容範囲を広く取ると、製品性能の偏差の広がりによって、担保可能な製品性能が低くなるおそれがあるため、製造のしやすさと担保可能な性能の兼ね合いで単板の選別水準を決める必要がある。さらに、表示性能が材料性能を表す方が使用上の利便性を高められると考えられる。等級として表示可能な製品性能については、他の製造因子の影響も勘案して検討すべきである。

2020年度は、単板の選別方の妥当性について検討するため、CLT型、集成材型の2方法を採用し、使用する単板のヤング係数を30tf/cm<sup>2</sup>幅とするものと10tf/cm<sup>2</sup>幅とするものの2タイプとした。2021年度はこれらに加え、製材の等級区分等で見られる、下限値のみを規定するパターン( and better 型)と一般の構造用合板と同じ、ヤング係数による選別を行わない型の2タイプについて検討を行った。 and better 型については、下限値を一昨年度と同じ60tf/cm<sup>2</sup>とした。2021年度報告したとおり、歩止りおよび強度性能的には60tf/cm<sup>2</sup> and better 型が優れていたため、2022年度の単板選別方式については、 and better 型とし、下限値はスギ60tf/cm<sup>2</sup>、ヒノキ90tf/cm<sup>2</sup>、カラマツ120tf/cm<sup>2</sup>とした。ただし、直交層単板の寄与の程度を検討するため、全層選別対象とした。本年度の単板選別は昨年度の結果を踏まえて決定した。

表 3.1 既存木質材料の構成要素の等級区分タイプ

タイプ類型	区分指標	区分水準	担保される製品性能
CLT型	ヤング係数	30tf/cm <sup>2</sup> 刻み	製品ヤング係数は表示値より低い
集成材型	ヤング係数	10tf/cm <sup>2</sup> 刻み	製品ヤング係数平均値が表示値
LVL型	なし	なし	製品ヤング係数のみ規定

### 3.3 使用樹種について

CLT や集成材においては、使用する樹種により樹種群を設定しており、製造基準による場合、樹種群毎に製造可能な強度等級が定められている。このため、製造基準に従うと、スギを用いる場合は下位等級の製品しか製造できない。これは、樹種特性として強度等級上は定めていないせん断性能等が異なることを考慮した措置であるが、異樹種さらには複合樹種を使用する可能性が高い超厚合板においては、原料樹種の自由度はある程度確保されることが望ましい。

本事業では樹種特性の把握のため、異樹種を複合した超厚合板は製造せず、単一樹種構成の超厚合板を試作することとした。使用樹種は我が国の主要樹種であるスギ、ヒノキ、カラマツとし、2020年度、試作試験までを実施した。2021年度の試作試験にはスギを用いたが、2022年度は直交層単板も選別対象としたため、再度スギ、ヒノキ、カラマツの3樹種を使用することとした。本年度は測定項目を拡大したため、スギのみを使用樹種とした。

### 3.4 接着剤について

CLT や集成材等の製品厚さが厚い木質材料の場合、熱板プレスを用いる圧縮方法では、材料の厚さ方向中心部付近の接着層まで短時間で伝熱することが難しいことから、一般に



常温硬化型の接着剤を用いる。OSB やパーティクルボード、繊維板等の圧縮時にエレメントの圧縮変形を要する木質材料の場合、熱によるエレメントの軟化を生じさせるため、熱硬化性接着剤を使用する。高周波やスチームインジェクションを用いるプレス工程においては、被圧縮物の中心まで迅速に伝熱可能なため、熱硬化型接着剤が使用可能である。合板においても、一般に熱硬化型接着剤が使用されることから、製造者は熱硬化型接着剤の利用に関する高い知見を有する。また、超厚合板の用途から高い耐水性能および使用環境条件が求められると予測されるため、フェノール樹脂接着剤を推奨することとした。2021年度は、試作を広く行うため、超厚製品を始めて試作するメーカーにも依頼したため、使用可能な接着剤を選択することを優先した試験体仕様も存在したが、2022年度は再度フェノール樹脂接着剤を用いることとした。本年度もこれに従った。

### 3.5 積層接着方法について

超厚合板はその用途から、大きな面を持つ版として利用できることが望ましい。一方、国内の道路交通事情より、輸送にあたっては最大 8m 程度の大きさが限度であると考えられる。したがって実際の製品寸法は長さ 6m 程度が現実的であるが、本課題ではその 1/2 スケールとして 3m(10 尺)を長手寸法とし、短手寸法については一般の建築モジュールである 910mm(3 尺)とすることとした。

なお、上記寸法の一般厚さの合板についても全てのメーカーで製造できるわけではなく、さらに超厚合板の場合、製造可能なメーカーは限られてしまう。したがって、実際の製品の製造方法としては、一般的な寸法の厚物合板を 2 次接着する方法も想定される。しかし、例えば 910mm×1,820mm(3×6 板)の厚物合板を用いて 3×10 板の超厚合板を製造する場合、構成要素である厚物合板のたて継ぎ、幅はぎが必要となり、検討要素が複雑となる。そこで 2022 年度では、単板を所定厚さまで一度に積層するワンショット型の試験体に加え、910mm×3,030mm(3×10 板)の厚物合板を 2 次接着することで超厚化する 2 次接着型の製造方法についても検討した。さらに、厚さすなわち積層数と構成比率の影響を検討するため、910mm×1,820mm(3×6 板)のワンショットおよび 2 次接着製品も試作した。厚さは 48、72、96mm(2 次接着の場合それぞれ厚さ 24mm の厚物合板の 2、3、4 枚の練り合わせ)、構成比率は、LVL 型(全層平行方向)、B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)、合板型(通常仕様)、合板型(構成比率 40%程度)とした。本年度は、ワンショット型のみとし、構成比率の影響についても検討することとした。

### 3.6 試作試験について

超厚合板の試作に先立ち、日合連傘下の各地区組合に属する全メーカーに試作仕様の妥当性についてアンケートを行った。その結果を踏まえ、本事業で試作した超厚合板試験体の仕様は以下の通りである。

寸法仕様については、一般的な実大材の曲げ試験方法として曲げスパンを厚さの 18 倍とする方法が採られるが、例えば、厚さ 144mm の場合、曲げスパンは 2592mm となる。このことを根拠として製品寸法 910mm×3,030mm(3×10 板)としている。また、弱軸の試験を行うためには、弱軸方向の長さが最低 2592mm 必要となる。厚さ 60mm の場合、曲げスパンは 1080mm となり、910mm×1,820mm(3×6 板)で強軸方向の試験が実施できるが、やはり弱軸に

については正寸の試験体の場合、試験できない。これらのことから昨年度は、厚さ 144mm および 96mm の場合、製品寸法は 910mm×3,030mm(3×10 板)とし、厚さ 72mm、60mm、48mm の場合、製品寸法は 910mm×1,820mm(3×6 板)とした。さらに、弱軸方向の曲げ性能を把握するため、厚さ 60mm の製品についても逆寸の試作を行った。さらに、構成比率について、LVL 型(全層平行方向)、B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)、合板型(通常仕様)、合板型(構成比率 40%程度)の 4 水準とし、各種性能に与える構成比率の影響についても検討した(表 3.2)。

表 3.2 昨年度の供試超厚合板の試作仕様

樹種	単板選別	選別対象	厚さ(mm)	構成比率(%)	寸法(mm)			
スギ	60tf/cm <sup>2</sup> 以上	全層	144	通常仕様	910×3,030			
			96					
			72					
			60					
			48					
ヒノキ	90tf/cm <sup>2</sup> 以上		全層	60	LVL 型(全層平行)	910×1,820		
					B 種 LVL 型(70%以上)			
					合板型(通常仕様)			
					合板型(40%程度)			
カラマツ	120tf/cm <sup>2</sup> 以上				全層		60	LVL 型(全層平行)
		B 種 LVL 型(70%以上)						
		合板型(通常仕様)						
		合板型(40%程度)						

本年度製造した超厚合板は全層スギとし、厚さは、100mm、120mm、144mm としている。144mm 厚のものは 24mm 厚物合板 6 枚の 2 次接着に対応した仕様であり、昨年度に続いて試作いただいた。単板の選別には超音波伝播速度を用い、その基準は、60tf/cm<sup>2</sup> 以上・上限なしとした。その結果、供試した単板のヤング係数の平均値は 69.3tf/cm<sup>2</sup>、標準偏差 9.88tf/cm<sup>2</sup> となった。また、構成比率については厚さ 120mm のもののみ、LVL 型(全層平行方向)、B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)、合板型(通常仕様)とした。

表 3.3 本年度の供試超厚合板の試作仕様

樹種	単板選別	選別対象	厚さ(mm)	構成比率(%)	寸法(mm)
スギ	60tf/cm <sup>2</sup> 以上	全層	144	合板型(通常仕様)	910×3,030
			120	LVL 型(全層平行)	
				B 種 LVL 型(70%以上)	
100	合板型(通常仕様)				

#### 4. 曲げ性能

##### 4.1 試験体

100mm、120mmの2種類の厚さからなる3×10板2枚から、それぞれ8体(計16体)採取し試験に供した。試験体の構成は以下の通りである。

- ・A11：合板型(平行層40%)、100mm厚、ワンショット、単板選別60以上
- ・A12：A種LVL型(全層平行)、120mm厚、ワンショット、単板選別60以上
- ・A13：B種LVL型(平行層70%)、120mm厚、ワンショット、単板選別60以上
- ・A14：合板型(通常仕様)、120mm厚、ワンショット、単板選別60以上

##### 4.2 試験方法

最大荷重に達するまでの時間が5分±2分となるよう、加力速度は10mm/minとしクロスヘッドのロードセルで荷重を、変位計(東京測器研究所、CDP-50)により各部の変位を検出し、データロガーを用いて記録した。加力は支点間距離を厚さの21倍とした3等分点4点加力を基本とするが、試験機の治具寸法の関係から厚さ120mmの場合、支点間距離は2520mm(21×120mm)、加力点間距離は140mm短い700mmとして試験を行った。

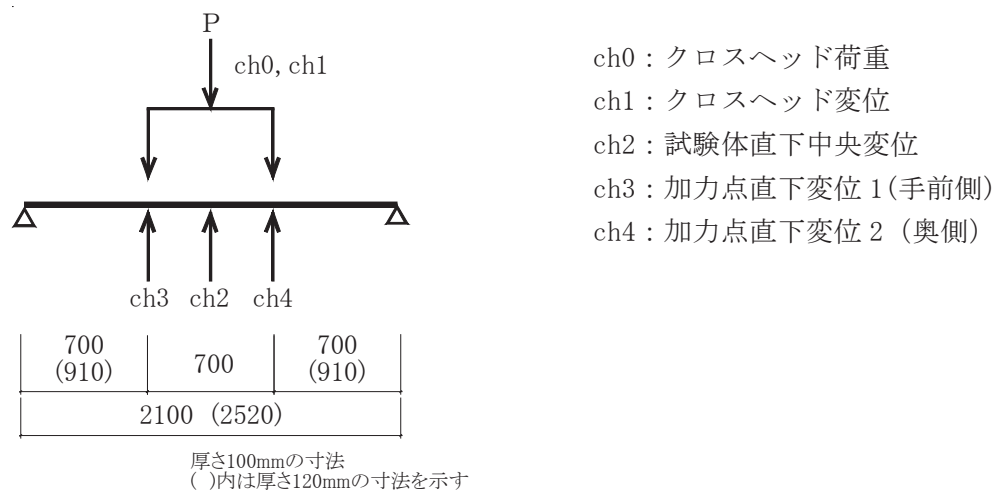
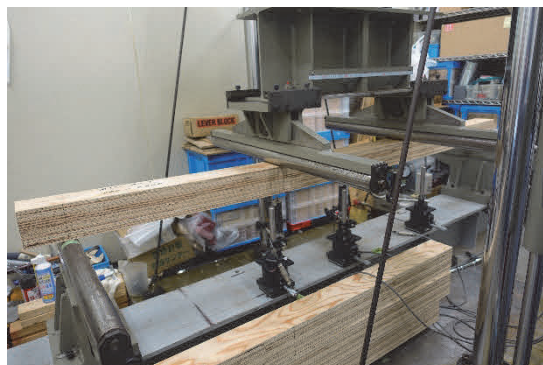


図 4-1 測定位置



(a)変位計設置



(b)加力状況

写真 4-1 試験概況

4.3 試験結果

4.3.1 寸法重量測定結果

表 4-1 寸法重量測定結果 (調湿なし)

原板	試験体名称	長さ			幅			厚さ			重さ	密度		
		L	B1	B2	B-avg	t1	t2	t-avg	w	$\rho$	$\rho_{ave}$	$\rho_{SD}$		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>		
1	A11-A-1	2300	103.61	104.56	104.09	101.66	101.53	101.60	11069	0.455	0.437	0.010		
	A11-A-2		99.85	100.20	100.03	101.82	101.82	101.82	10584	0.452				
	A11-A-3		99.93	100.63	100.28	101.98	102.19	102.09	10351	0.440				
	A11-A-4		99.85	100.27	100.06	102.03	102.11	102.07	10377	0.442				
	A11-A-5		99.67	100.05	99.86	101.97	101.62	101.80	10440	0.447				
	A11-A-6		99.86	100.06	99.96	101.92	102.65	102.29	10441	0.444				
	A11-A-7		100.03	100.20	100.12	101.17	101.94	101.56	10349	0.443				
	A11-A-8		100.25	100.14	100.20	101.41	102.08	101.75	10319	0.440				
2	A11-A-9	2300	101.29	102.50	101.90	100.39	100.77	100.58	10314	0.438	0.437	0.010		
	A11-A-10		99.78	100.57	100.18	99.49	100.66	100.08	10069	0.437				
	A11-A-11		100.37	101.05	100.71	100.46	100.87	100.67	9881	0.424				
	A11-A-12		100.24	100.74	100.49	99.59	100.65	100.12	9810	0.424				
	A11-A-13		100.43	100.70	100.57	100.11	101.24	100.68	9997	0.429				
	A11-A-14		100.41	100.66	100.54	100.48	101.34	100.91	9965	0.427				
	A11-A-15		100.65	100.82	100.74	100.27	101.04	100.66	9894	0.424				
	A11-A-16		100.60	100.64	100.62	99.76	101.29	100.53	9857	0.424				
1	A12-A-1	2760	102.43	103.55	102.99	118.79	118.92	118.86	14071	0.416	0.417	0.003		
	A12-A-2		99.91	100.49	100.20	118.94	119.59	119.27	13911	0.422				
	A12-A-3		100.45	100.61	100.53	119.00	120.22	119.61	13938	0.420				
	A12-A-4		100.08	100.47	100.28	118.86	119.35	119.11	13889	0.421				
	A12-A-5		100.48	100.48	100.48	118.29	120.37	119.33	13940	0.421				
	A12-A-6		100.24	100.63	100.44	118.84	120.39	119.62	13887	0.419				
	A12-A-7		100.71	100.94	100.83	118.58	120.11	119.35	13945	0.420				
	A12-A-8		100.74	100.87	100.81	118.34	120.44	119.39	13734	0.413				
2	A12-A-9	2760	101.98	103.24	102.61	120.09	122.02	121.06	14325	0.418	0.417	0.003		
	A12-A-10		99.81	100.64	100.23	120.60	121.37	120.99	13890	0.415				
	A12-A-11		99.85	100.51	100.18	121.48	121.32	121.40	13978	0.416				
	A12-A-12		99.54	100.35	99.95	121.95	121.77	121.86	14001	0.417				
	A12-A-13		99.86	100.74	100.30	122.03	121.60	121.82	13940	0.413				
	A12-A-14		99.85	100.47	100.16	121.14	120.94	121.04	13879	0.415				
	A12-A-15		100.09	100.47	100.28	120.93	122.04	121.49	13983	0.416				
	A12-A-16		100.00	100.63	100.32	121.26	121.92	121.59	13919	0.413				
1	A13-A-1	2760	102.00	103.18	102.59	120.90	120.97	120.94	15214	0.444	0.429	0.012		
	A13-A-2		99.99	100.44	100.22	121.08	121.21	121.15	14745	0.440				
	A13-A-3		100.05	100.63	100.34	120.86	121.19	121.03	14559	0.434				
	A13-A-4		99.88	100.37	100.13	121.03	121.29	121.16	14332	0.428				
	A13-A-5		100.08	100.53	100.31	121.30	120.93	121.12	14575	0.435				
	A13-A-6		99.83	100.35	100.09	121.11	121.37	121.24	14907	0.445				
	A13-A-7		99.85	100.41	100.13	120.82	121.24	121.03	14984	0.448				
	A13-A-8		99.99	100.51	100.25	120.43	120.87	120.65	14777	0.443				
2	A13-A-9	2760	102.00	103.23	102.62	121.36	121.32	121.34	14452	0.421	0.429	0.012		
	A13-A-10		99.74	100.51	100.13	122.32	122.11	122.22	14093	0.417				
	A13-A-11		99.69	100.47	100.08	122.34	121.96	122.15	14116	0.418				
	A13-A-12		99.60	100.34	99.97	122.70	122.06	122.38	14240	0.422				
	A13-A-13		99.43	100.24	99.84	122.21	122.79	122.50	14075	0.417				
	A13-A-14		99.76	100.37	100.07	122.21	122.19	122.20	13964	0.414				
	A13-A-15		99.60	100.20	99.90	122.41	122.15	122.28	14068	0.417				
	A13-A-16		99.80	100.24	100.02	122.63	121.83	122.23	14194	0.421				
1	A14-A-1	2760	100.81	102.34	101.58	121.19	121.22	121.21	14720	0.433	0.439	0.020		
	A14-A-2		100.27	100.94	100.61	120.38	120.08	120.23	14409	0.432				
	A14-A-3		100.33	101.16	100.75	120.58	119.91	120.25	14371	0.430				
	A14-A-4		100.51	100.96	100.74	120.64	120.04	120.34	14368	0.429				
	A14-A-5		100.24	100.72	100.48	120.71	120.89	120.80	14317	0.427				
	A14-A-6		100.65	101.01	100.83	120.47	120.61	100.64	14318	0.511				
	A14-A-7		100.76	101.01	100.89	119.35	119.82	119.59	14280	0.429				
	A14-A-8		100.63	100.95	100.79	118.94	119.09	119.02	14313	0.432				
2	A14-A-9	2760	100.38	101.65	101.02	121.80	121.63	121.72	14998	0.442	0.439	0.020		
	A14-A-10		99.94	100.52	100.23	121.56	120.75	121.16	14806	0.442				
	A14-A-11		99.88	100.56	100.22	121.22	120.71	120.97	14628	0.437				
	A14-A-12		99.43	100.35	99.89	121.78	121.39	121.59	14532	0.434				
	A14-A-13		99.53	100.28	99.91	121.87	121.62	121.75	14406	0.429				
	A14-A-14		99.77	100.26	100.02	121.76	121.38	121.57	14835	0.442				
	A14-A-15		99.98	100.26	100.12	121.23	120.96	121.10	14688	0.439				
	A14-A-16		99.91	100.30	100.11	120.75	120.57	120.66	14644	0.439				

### 4.3.2 曲げ試験結果

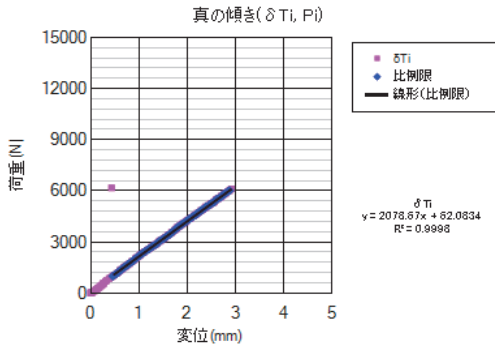
ばらつきによって多少の差異はあるものの平行層単板が多く、厚さが増すと曲げ性能が高くなる傾向がみられた。120mm以上の厚さについても同様な傾向がどの範囲までみられるか、これらの曲げ性能の把握が今後の課題である。

表 4-2 MORMOE 結果

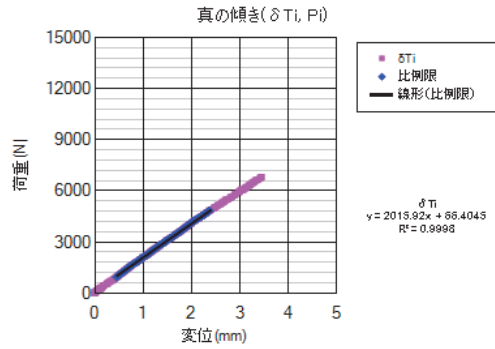
原板	試験体名称	Pmax kN	真		MOR実断面値				真				見かけ			
			$\Delta P/\Delta \delta$	$\Delta P/\Delta \delta$	MOR	Ave	SD	95%下側 許容限界	MOE	Ave	SD	95%下側 許容限界	MOE	Ave	SD	95%下側 許容限界
			N/mm	N/mm	MPa	MPa	MPa	MPa	GPa	GPa	GPa	GPa	GPa	GPa	GPa	GPa
1	A11-A-1	9.166	2078.67	254.14	17.918				4.899				4.592			
	A11-A-2	9.168	2015.92	245.03	18.565				4.912				4.577			
	A11-A-3	9.725	1979.48	248.11	19.542				4.773				4.587			
	A11-A-4	11.075	2068.68	255.02	22.310				5.001				4.727			
	A11-A-5	10.580	2160.17	258.09	21.471				5.276				4.832			
	A11-A-6	11.090	2259.83	266.99	22.269				5.435				4.923			
	A11-A-7	10.510	2175.76	258.77	21.376				5.338				4.867			
	A11-A-8	10.685	2137.81	257.24	21.633	19.682	2.110	15.510	5.211	4.840	0.336	4.175	4.807	4.526	0.246	4.039
2	A11-A-9	8.509	1770.51	220.87	17.334				4.393				4.202			
	A11-A-10	8.298	1747.23	217.44	17.368				4.477				4.271			
	A11-A-11	9.440	1767.21	220.52	19.425				4.425				4.234			
	A11-A-12	9.528	1829.91	227.09	19.862				4.668				4.441			
	A11-A-13	10.175	1941.01	226.58	20.963				4.866				4.355			
	A11-A-14	7.560	1844.98	229.61	15.508				4.594				4.384			
	A11-A-15	9.835	1850.16	222.65	20.237				4.633				4.275			
	A11-A-16	8.094	1801.88	224.78	16.716				4.535				4.337			
1	A12-A-1	16.755	4692.79	419.90	31.440				9.076				8.695			
	A12-A-2	18.690	4863.25	440.15	35.800				9.568				9.271			
	A12-A-3	16.900	4658.05	428.52	32.079				9.055				8.919			
	A12-A-4	19.395	4539.99	423.28	37.222				8.961				8.945			
	A12-A-5	18.860	4408.85	437.31	35.985				8.636				9.171			
	A12-A-6	18.040	4514.52	433.32	34.272				8.784				9.027			
	A12-A-7	19.640	4445.10	430.21	37.336				8.674				8.988			
	A12-A-8	19.065	4486.23	410.38	36.223	36.625	3.253	30.194	8.746	8.584	0.699	7.202	8.566	8.886	0.248	8.396
2	A12-A-9	17.900	4699.19	437.77	32.498				8.633				8.611			
	A12-A-10	20.415	4816.37	452.12	37.990				9.075				9.121			
	A12-A-11	21.430	4640.16	457.45	39.625				8.658				9.138			
	A12-A-12	22.200	4619.88	460.44	40.835				8.542				9.116			
	A12-A-13	22.885	3800.28	437.00	41.977				7.010				8.630			
	A12-A-14	21.215	3651.44	421.60	39.469				6.875				8.499			
	A12-A-15	17.830	4535.65	434.59	32.889				8.436				8.655			
	A12-A-16	19.920	4642.93	444.78	36.668				8.611				8.832			
1	A13-A-1	13.605	3637.78	318.78	24.754				6.705				6.290			
	A13-A-2	13.170	3694.89	301.57	24.446				6.935				6.060			
	A13-A-3	14.245	3459.45	297.27	26.461				6.504				5.984			
	A13-A-4	13.605	2764.08	305.94	25.270				5.191				6.151			
	A13-A-5	14.920	2970.04	312.10	27.683				5.574				6.271			
	A13-A-6	14.500	2635.41	305.71	26.906				4.941				6.137			
	A13-A-7	14.580	3344.40	295.83	27.138				6.300				5.967			
	A13-A-8	15.590	2652.75	301.32	29.166	24.815	2.587	19.700	5.039	5.412	0.750	3.930	6.128	6.028	0.142	5.746
2	A13-A-9	11.855	2690.51	296.11	21.421				4.908				5.783			
	A13-A-10	12.590	2828.44	309.13	22.982				5.175				6.056			
	A13-A-11	11.935	2588.12	300.39	21.820				4.745				5.897			
	A13-A-12	13.775	2684.25	303.53	25.117				4.899				5.931			
	A13-A-13	13.275	2715.14	310.24	24.190				4.948				6.053			
	A13-A-14	10.975	2750.99	299.55	20.051				5.038				5.874			
	A13-A-15	12.465	2635.02	301.22	22.781				4.824				5.905			
	A13-A-16	12.940	2655.33	303.81	23.640				4.862				5.956			
1	A14-A-1	10.820	2528.40	227.14	19.795				4.675				4.497			
	A14-A-2	9.478	2565.41	223.80	17.791				4.907				4.583			
	A14-A-3	9.950	2605.82	224.75	18.648				4.975				4.594			
	A14-A-4	10.285	2507.88	222.25	19.247				4.777				4.533			
	A14-A-5	10.515	2511.56	219.73	19.578				4.742				4.442			
	A14-A-6	10.420	2599.38	221.45	27.855				8.458				7.715			
	A14-A-7	10.875	2392.36	215.21	20.578				4.637				4.466			
	A14-A-8	10.910	2501.09	214.81	20.863	19.021	3.251	12.593	4.923	5.035	0.927	3.202	4.527	4.770	0.795	3.199
2	A14-A-9	10.370	2665.07	241.93	18.918				4.893				4.756			
	A14-A-10	7.589	2466.47	223.66	14.082				4.628				4.493			
	A14-A-11	10.430	2523.76	226.73	19.417				4.758				4.576			
	A14-A-12	8.173	2745.19	239.91	15.109				5.113				4.785			
	A14-A-13	10.145	2652.85	230.07	18.704				4.921				4.570			
	A14-A-14	8.504	2649.57	240.54	15.706				4.931				4.793			
	A14-A-15	8.225	2530.90	230.25	15.294				4.761				4.637			
	A14-A-16	8.363	2344.54	213.77	15.664				4.459				4.353			

見かけはクロスヘッド変位より算出

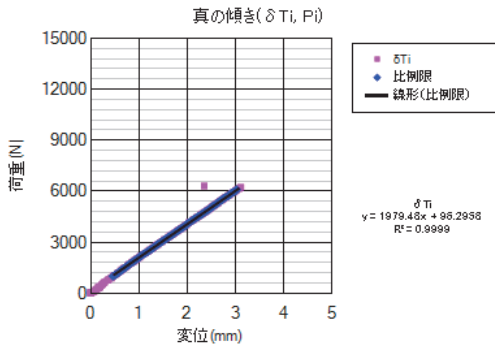
試験体番号: A11-A-01



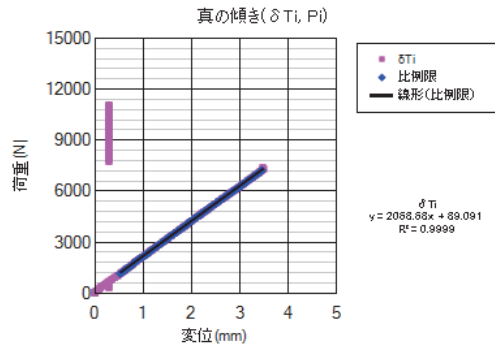
試験体番号: A11-A-02



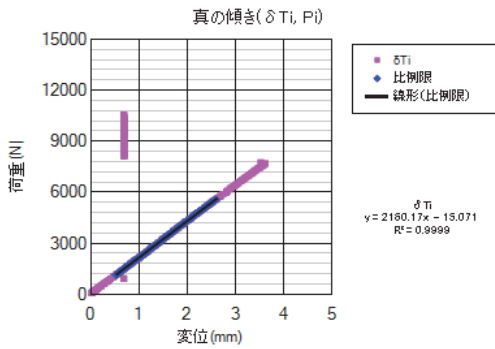
試験体番号: A11-A-03



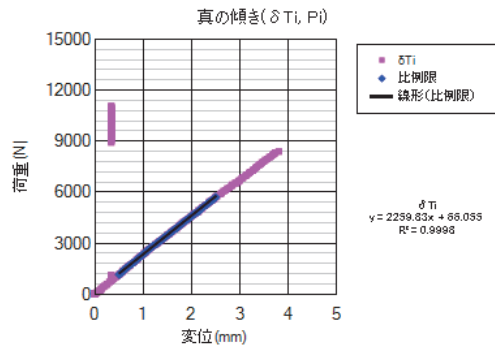
試験体番号: A11-A-04



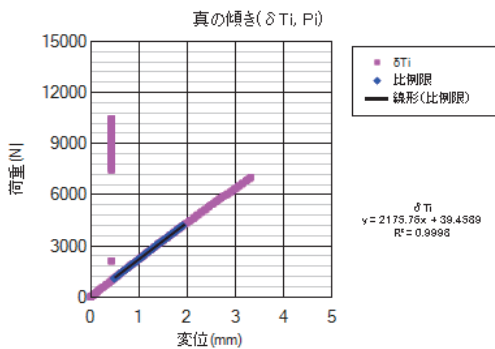
試験体番号: A11-A-05



試験体番号: A11-A-06



試験体番号: A11-A-07



試験体番号: A11-A-08

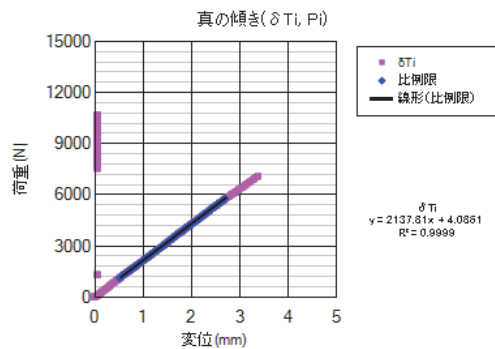
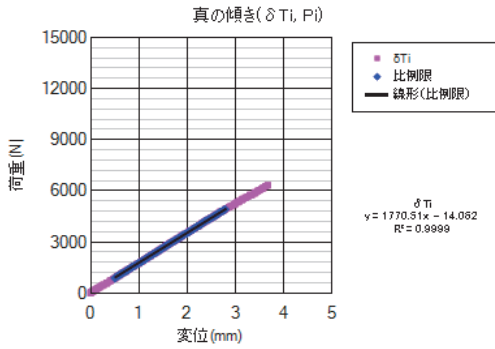
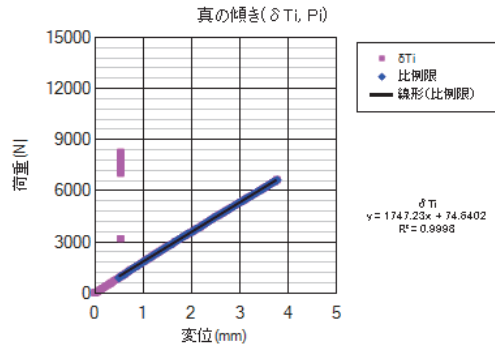


図 4-2 A11 真の傾きグラフ (1)

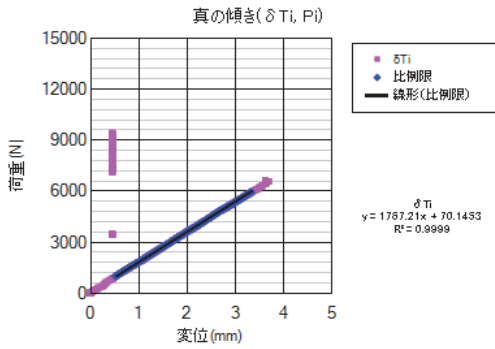
試験体番号: A11-A-09



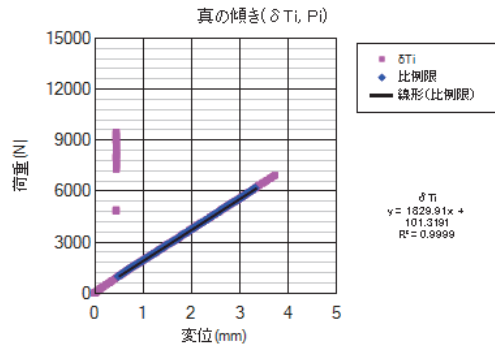
試験体番号: A11-A-10



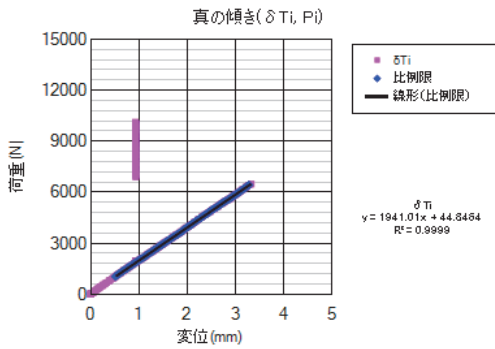
試験体番号: A11-A-11



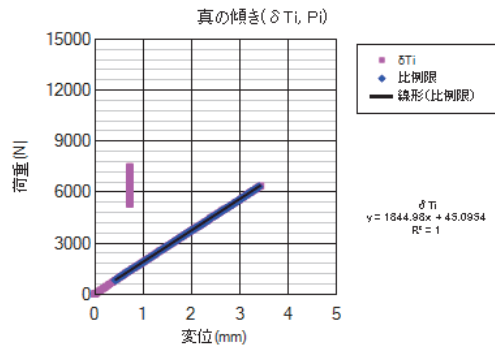
試験体番号: A11-A-12



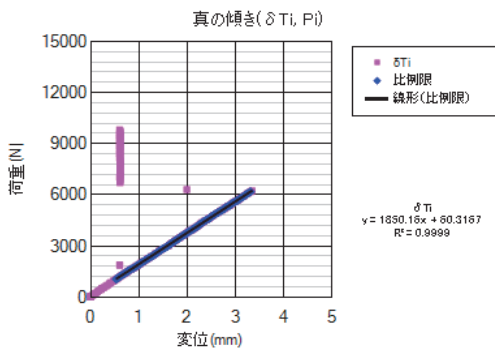
試験体番号: A11-A-13



試験体番号: A11-A-14



試験体番号: A11-A-15



試験体番号: A11-A-16

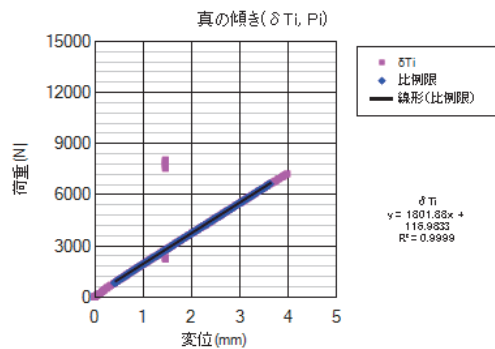
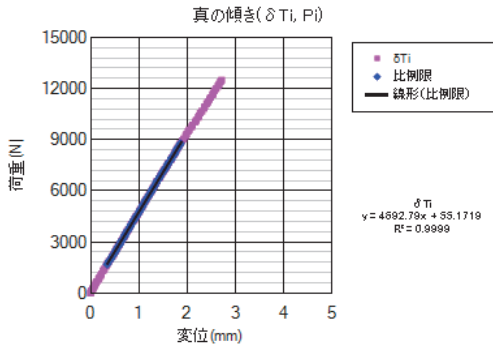
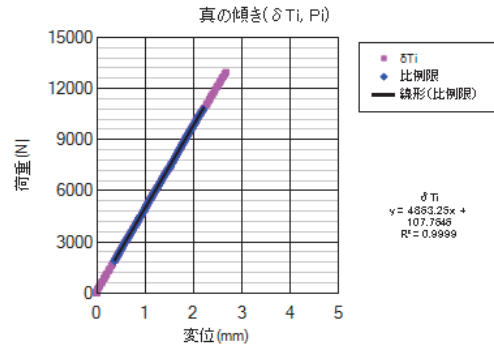


図 4-3 A11 真の傾きグラフ (2)

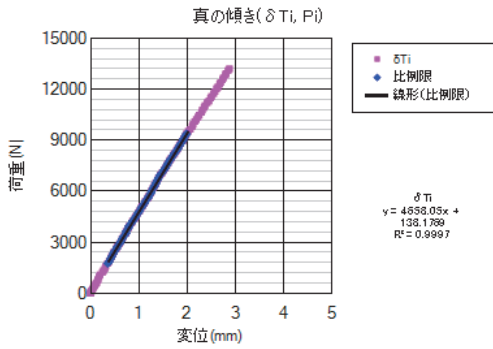
試験体番号: A12-A-01



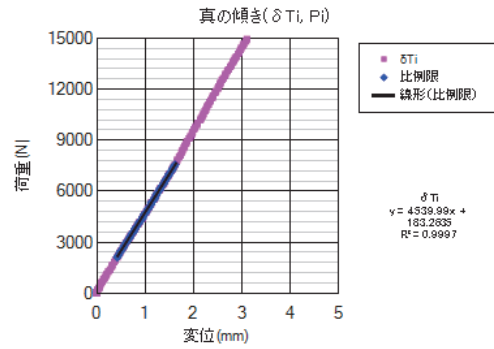
試験体番号: A12-A-02



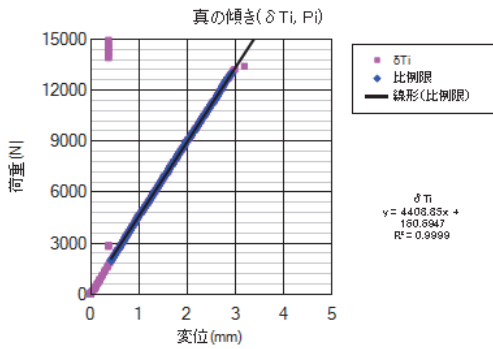
試験体番号: A12-A-03



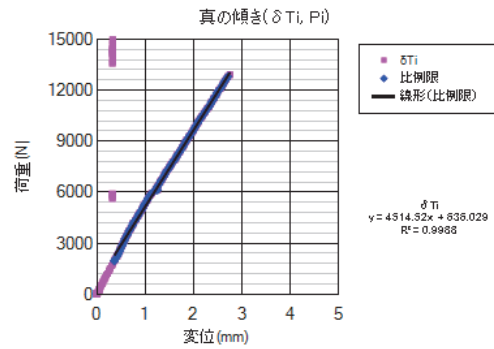
試験体番号: A12-A-04



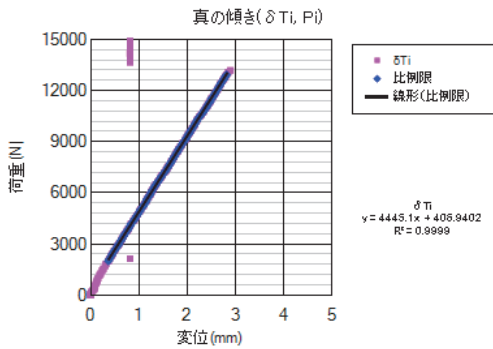
試験体番号: A12-A-05



試験体番号: A12-A-06



試験体番号: A12-A-07



試験体番号: A12-A-08

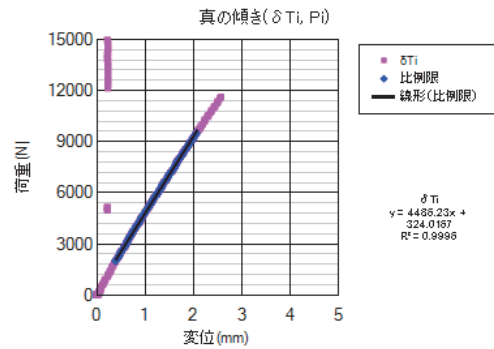
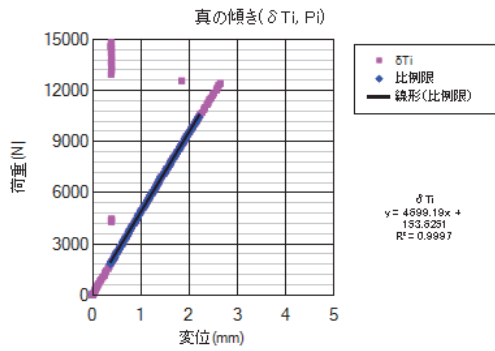


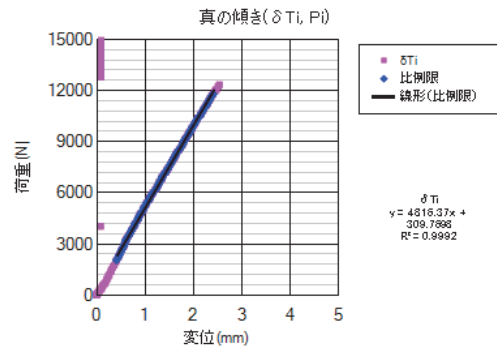
図 4-4 A12 真の傾きグラフ (1)



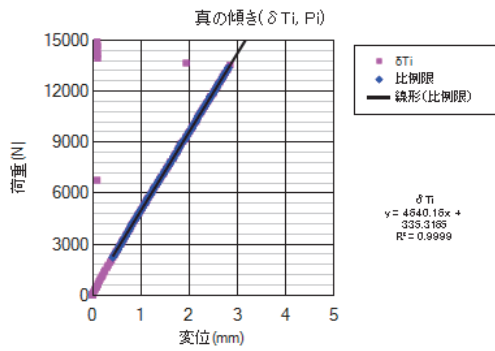
試験体番号: A12-A-09



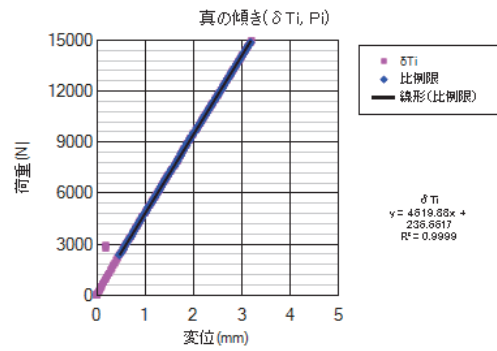
試験体番号: A12-A-10



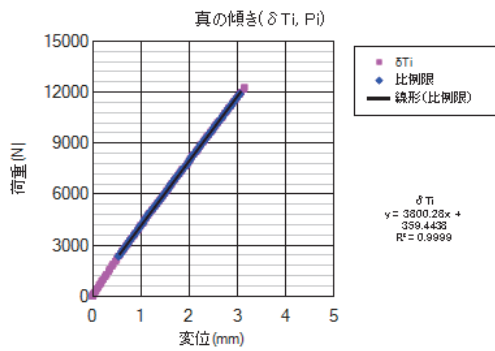
試験体番号: A12-A-11



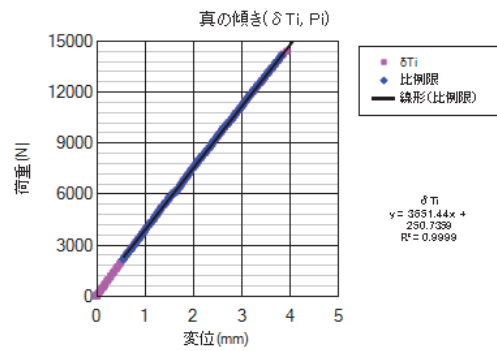
試験体番号: A12-A-12



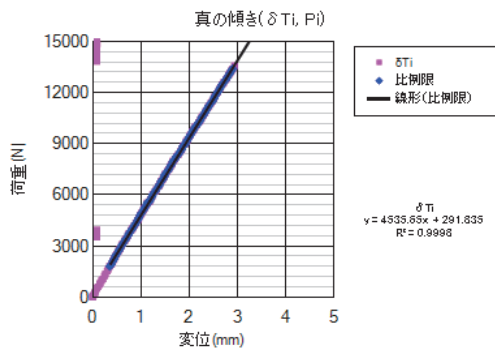
試験体番号: A12-A-13



試験体番号: A12-A-14



試験体番号: A12-A-15



試験体番号: A12-A-16

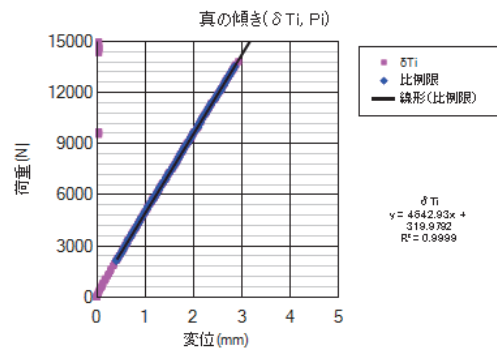
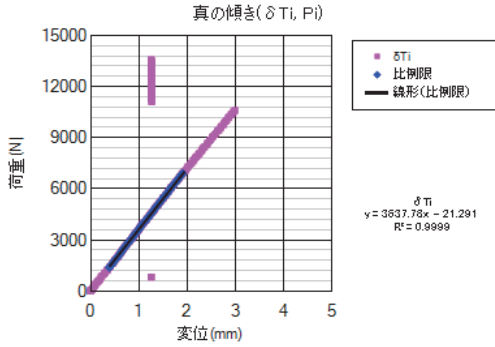
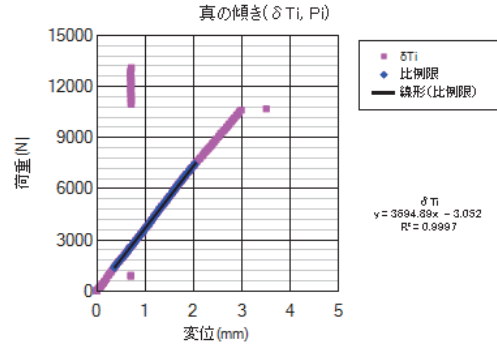


図 4-5 A12 真の傾きグラフ (2)

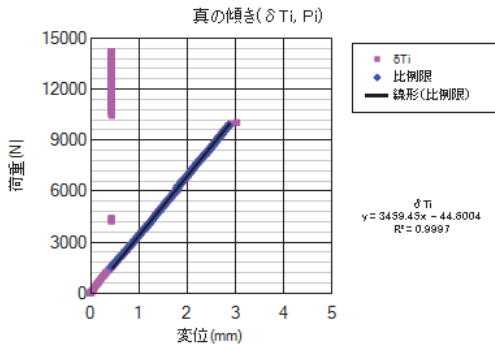
試験体番号: A13-A-01



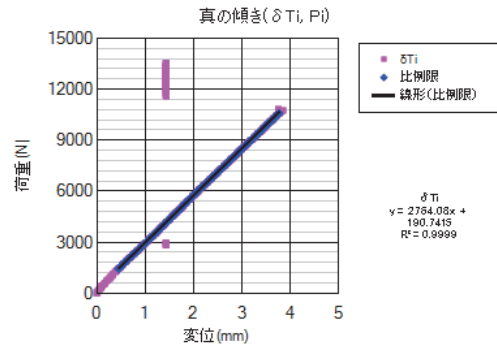
試験体番号: A13-A-02



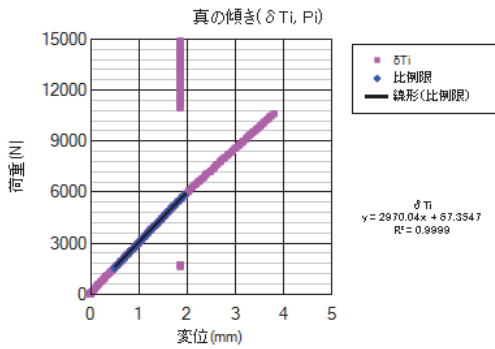
試験体番号: A13-A-03



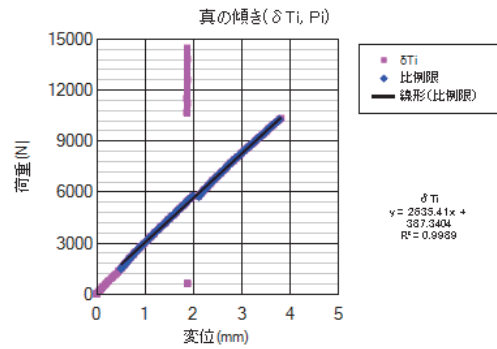
試験体番号: A13-A-04



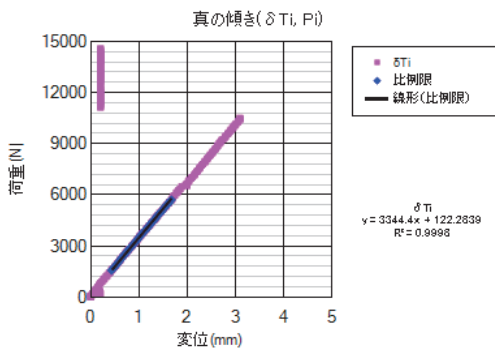
試験体番号: A13-A-05



試験体番号: A13-A-06



試験体番号: A13-A-07



試験体番号: A13-A-08

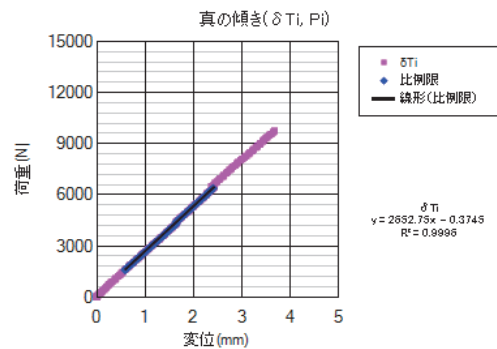
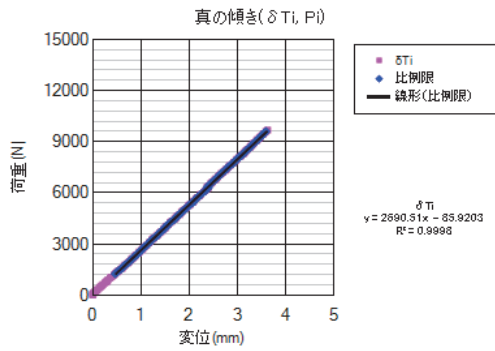
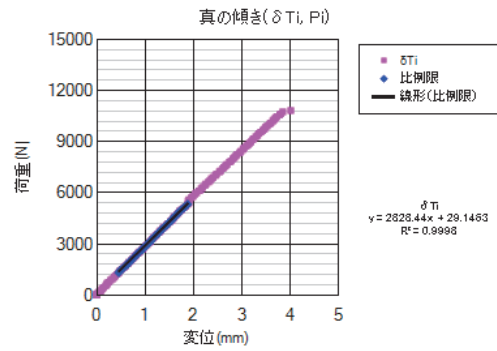


図 4-6 A13 真の傾きグラフ (1)

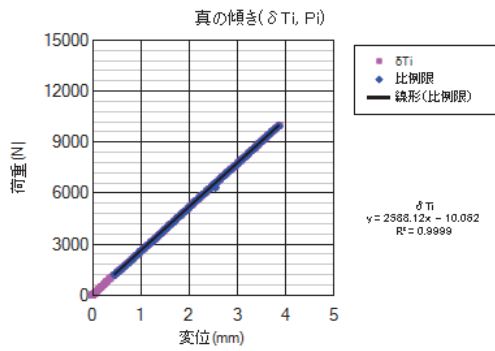
試験体番号: A13-A-09



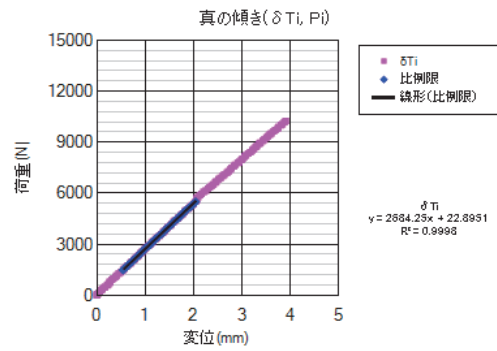
試験体番号: A13-A-10



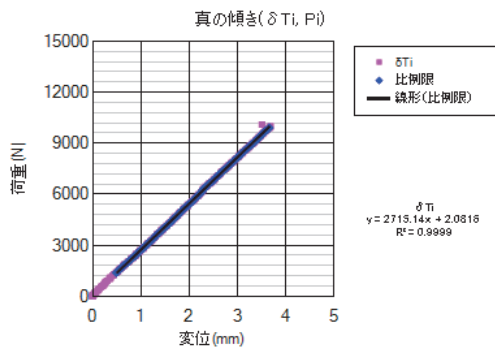
試験体番号: A13-A-11



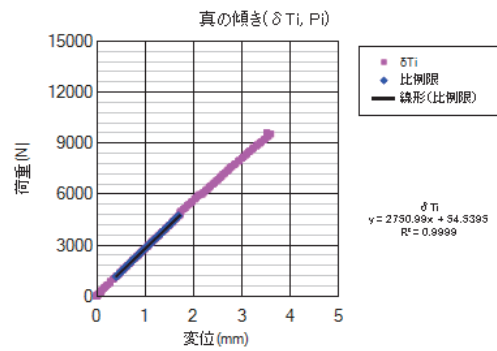
試験体番号: A13-A-12



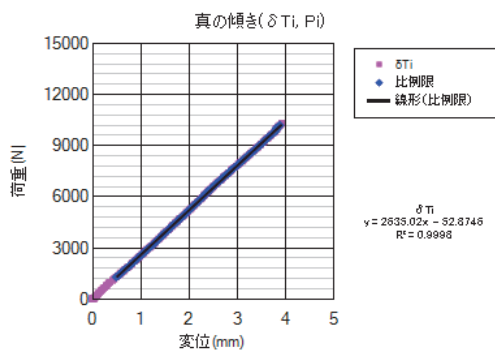
試験体番号: A13-A-13



試験体番号: A13-A-14



試験体番号: A13-A-15



試験体番号: A13-A-16

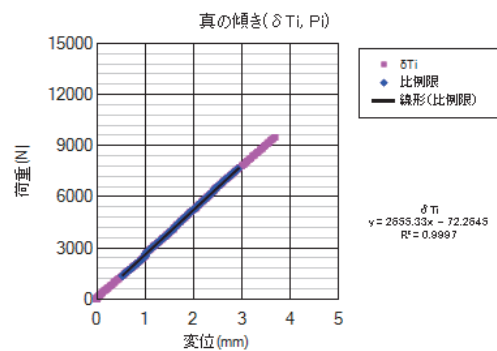
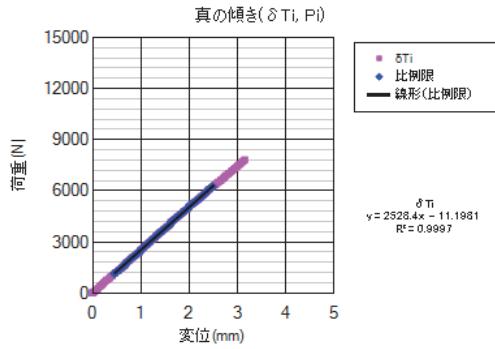
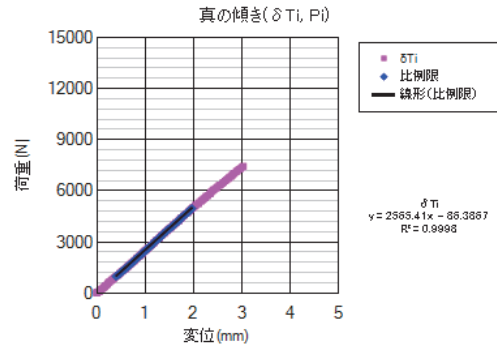


図 4-7 A13 真の傾きグラフ (2)

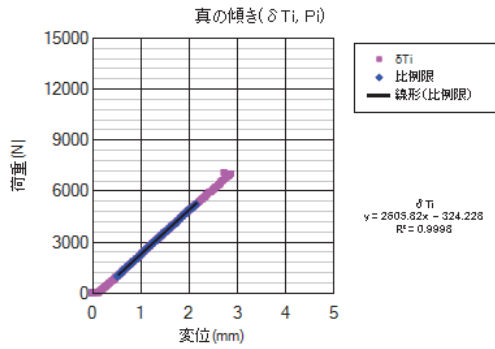
試験体番号: A14-A-01



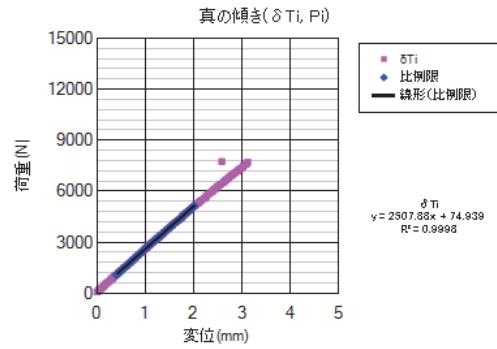
試験体番号: A14-A-02



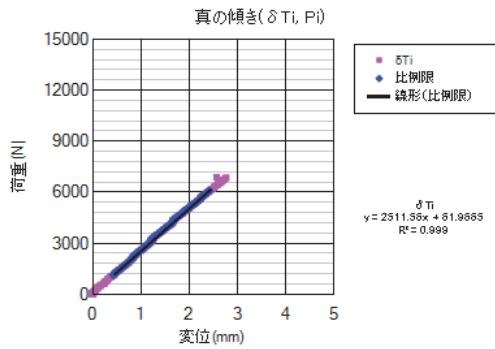
試験体番号: A14-A-03



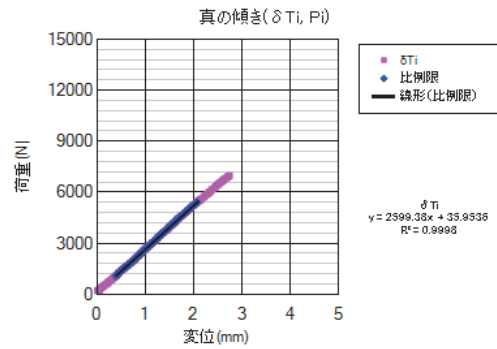
試験体番号: A14-A-04



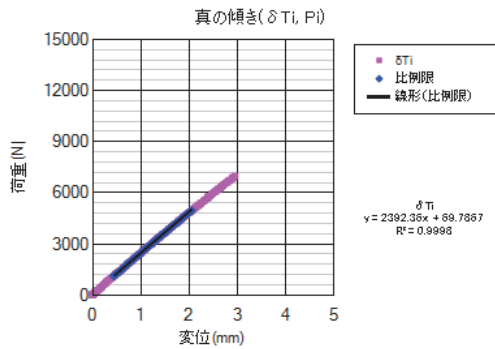
試験体番号: A14-A-05



試験体番号: A14-A-06



試験体番号: A14-A-07



試験体番号: A14-A-08

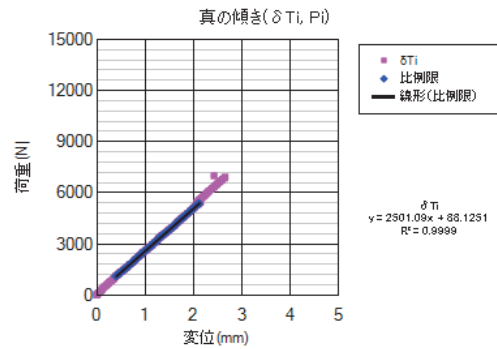
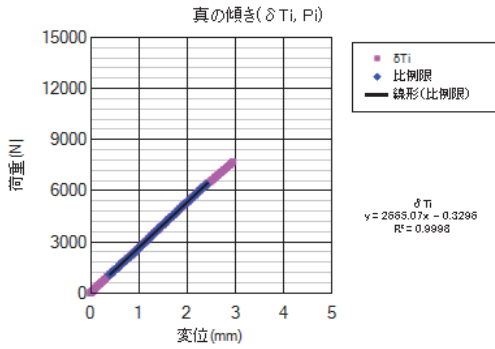
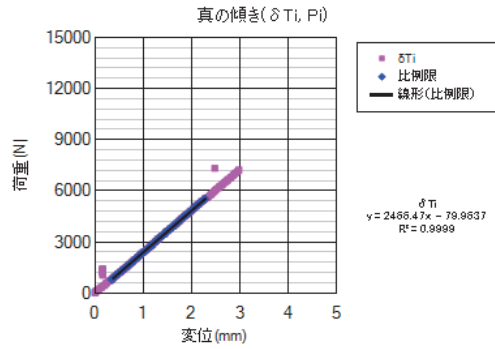


図 4-8 A14 真の傾きグラフ (1)

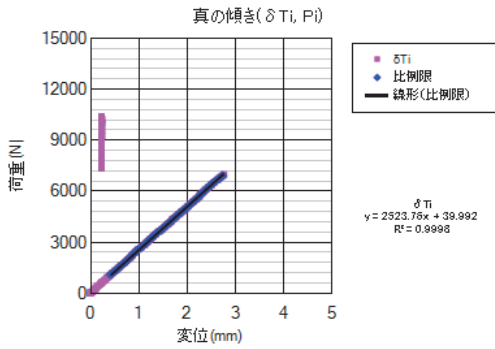
試験体番号: A14-A-09



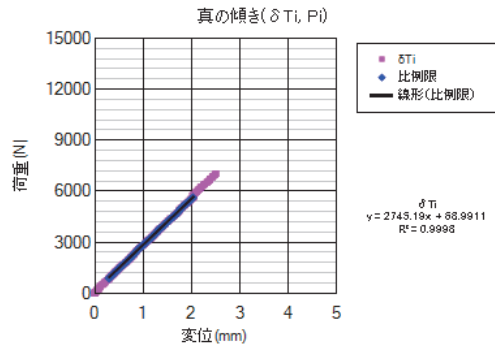
試験体番号: A14-A-10



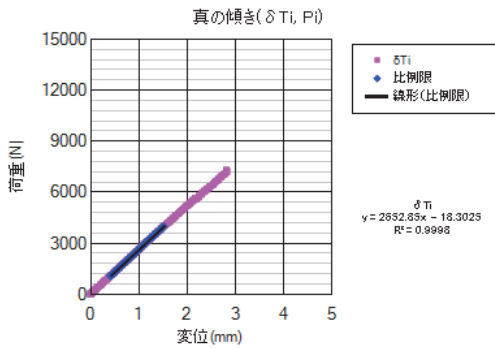
試験体番号: A14-A-11



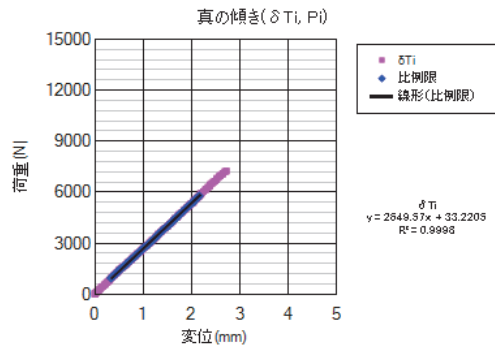
試験体番号: A14-A-12



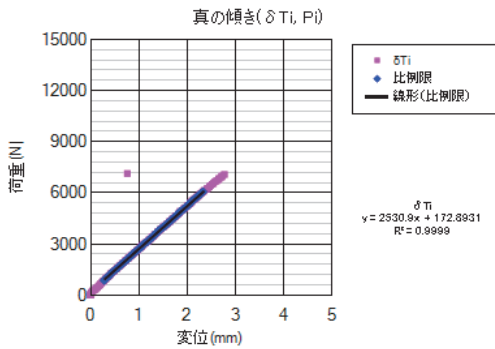
試験体番号: A14-A-13



試験体番号: A14-A-14



試験体番号: A14-A-15



試験体番号: A14-A-16

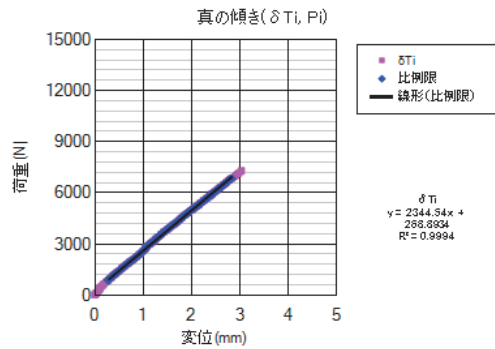


図 4-9 A14 真の傾きグラフ (2)

## 5. 水平せん断性能

### 5.1 緒言

144mm、60mm、48mm厚の合板等積層材について、樹種、積層接着方法、単板構成、試料の採取方法を違えて短スパンの3点曲げ中央集中荷重による水平せん断試験を行った。また、それに先立ち、試験方法を検討するため小試験体による予備実験を行った。

#### 5.1.1 予備実験（小試験体による水平せん断試験）

合板を中央集中荷重による水平せん断試験を行ったところ、しばしばめり込みが発生する。これがせん断強さに及ぼす影響が不明なことから、それを避けるような試験方法を見いだすため、スギ、ヒノキ、カラマツ各樹種の水平せん断試験を、高さ／スパン比、加圧板仕様を違えて行い、得られた値、破壊形態から試験方法について検討を行った。

#### 5.1.2 予備実験の試料材及び試験方法

樹種はスギ、カラマツ、ヒノキ、積層接着方法はワンショット及び2次接着で、単板選別した厚さ144mm、幅40mmの破壊試験を行った合板の非破壊部から積層方向の厚さ40mmの試料材を採取した。長さをスパン+厚さの2倍とし、採取にあたっては最外層単板の厚さを維持するよう注意した。各タイプ密度の平均が等しくなるようマッチングし、表5-1の試料材を試験に供した。

表 5-1 予備実験試験体概要（試料数）

樹種	積層接着	単板選別E	平使い								縦使い						
			3h		4h		5h		6h		3h		4h		5h		
			L200×w40 ×h40	L240×w40 ×h40	L280×w40 ×h40	L320×w40 ×h40	L200×w40 ×h40	L240×w40 ×h40	L280×w40 ×h40	L320×w40 ×h40							
			曲板	平板	曲板	平板	曲板	平板	曲板	平板	曲板	平板	曲板	平板	曲板	平板	
スギ	ワンショット	60- 69	2	2	1	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2
		60- 89	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2
	2次接着	60- 69	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2
		60- 89	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
ヒノキ	ワンショット	90- 99	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
		90- 119	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2
	2次接着	90- 99	2	2	2	2	2	2	4	3	2	2	2	2	2	2	2
		90- 119	2	2	2	2	2	2	3	4	2	2	2	2	2	2	2
カラマツ	ワンショット	120- 129	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
		120- 149	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2
	2次接着	120- 129	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2
		120- 149	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2

スパンを平使いで試験体の高さの3、4、5、6倍、縦使いで3、4、5倍、加圧板を曲板（曲率75mm）及び平板（接する幅40mm、下側R2mm）とし、中央集中荷重を与えせん断強さを求めた（図5-1）。破壊形態は、岡崎の分類基準<sup>1)</sup>に準拠した。また、めり込みは目視で、加圧板が最上層複数単板に局所的に入り込む状況として破壊に影響を及ぼしたものを別にカウン

トした。試験は万能試験機（ミネベア TCM-10000A）を用いた。試験終了後、破壊部近傍から試験片を採取し全乾法により含水率を求めた。

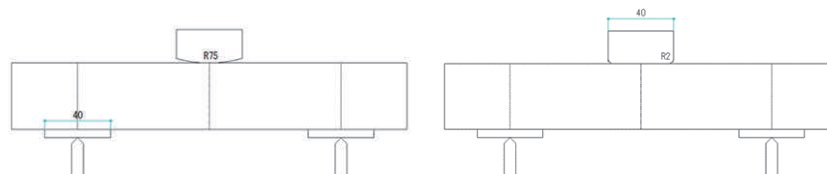


図 5-1 セン断試験状況（スパン比 3h、左：曲板、右：平板）

$$\text{せん断強さ} = \frac{3P}{4bh} \quad (N/mm^2)$$

$P$ : 最大荷重(N)

$b$ : 試験体の幅(mm)

$h$ : 試験体の高さ(mm)

### 5.1.3 予備実験の結果及び考察

各樹種において積層接着方法及び単板選別では各タイプ有意な差は見られなかったため、これらをまとめ各樹種のスパン、加圧板ごとのせん断強さを表 5-2、図 5-2、また、破壊形態の割合を図 5-3 に示す。

せん断強さは平使用で、全ての樹種でスパンが 3h から 5h にかけてせん断強さは低下し、縦使いもほぼ同様であった。低下割合は 3h-4h で大きく 4h-5h で小さい傾向があることから、これらは曲げ破壊の影響と思われる。また、平使い、縦使いともスパンが小さくなるに従い加圧板、支点板の幅のスパンに占める比が大きく、水平せん断力が作用し難く過大な値となったおそれが考えられる。

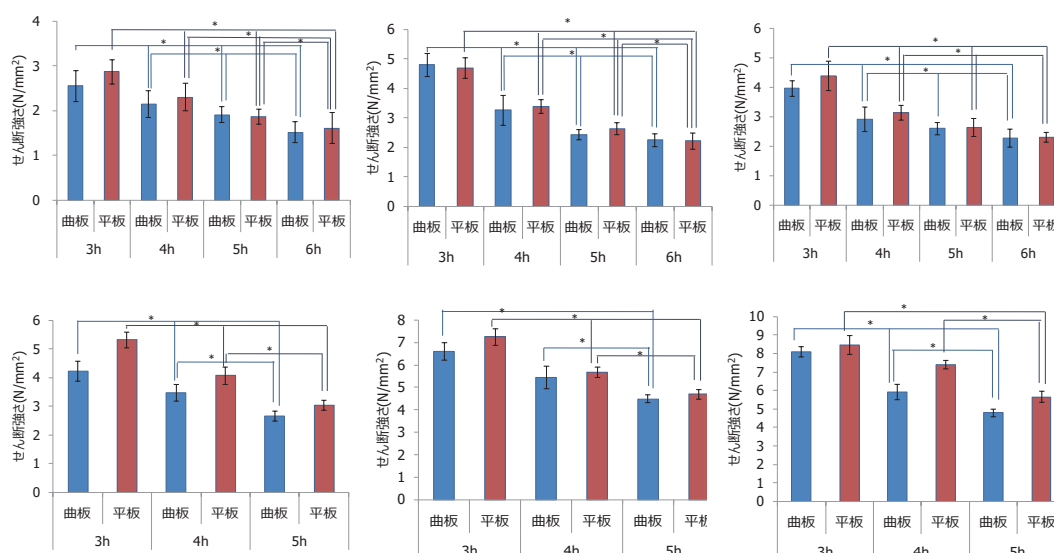


図 5-2 小試験体せん断試験結果（左スギ、中ヒノキ、右カマツ、上段平使い、下段縦使い）  
エラーバーは標準偏差、\*は加圧板ごとのスパン相互の  $p < 0.05$  で有意

表 5-2 小試験体せん断試験結果概要

樹種	方向	スパン	ブロック	n	密度(kg/m <sup>3</sup> )	含水率(%)	せん断強さ(N/mm <sup>2</sup> )	せん断	複合	曲げ	めり込み
スギ	平	3h	曲板	8	416 (18)	8.5	2.55 (0.34)	3	0	5	(4)
			平板	8	417 (23)	8.5	2.87 (0.27)	3	2	3	(5)
		4h	曲板	8	414 (13)	8.5	2.14 (0.30)	3	1	4	(3)
			平板	7	419 (29)	8.8	2.30 (0.31)	3	1	3	(0)
		5h	曲板	8	418 (18)	8.6	1.91 (0.18)	3	1	4	(1)
			平板	8	417 (19)	8.6	1.87 (0.17)	1	2	5	(1)
	6h	曲板	15	416 (11)	8.9	1.51 (0.23)	3	0	12	(0)	
		平板	15	415 (9)	8.6	1.61 (0.35)	6	0	9	(1)	
	縦	3h	曲板	8	420 (18)	8.4	4.23 (0.52)	0	0	8	(0)
			平板	8	418 (22)	9.0	5.32 (0.71)	0	0	8	(0)
		4h	曲板	8	417 (11)	8.4	3.47 (0.51)	0	0	8	(0)
			平板	8	419 (21)	8.7	4.07 (0.79)	0	0	8	(0)
5h		曲板	8	417 (12)	8.3	2.66 (0.43)	0	0	8	(0)	
		平板	8	418 (15)	8.8	3.04 (0.32)	0	0	8	(0)	
ヒノキ	平	3h	曲板	8	475 (7)	8.8	4.80 (0.40)	4	3	1	(5)
			平板	8	477 (11)	9.1	4.69 (0.35)	4	1	3	(4)
		4h	曲板	8	470 (12)	8.9	3.27 (0.51)	6	1	1	(6)
			平板	8	470 (12)	8.7	3.38 (0.24)	7	0	1	(5)
		5h	曲板	8	472 (11)	8.7	2.43 (0.17)	8	0	0	(1)
			平板	8	475 (9)	8.7	2.63 (0.21)	8	0	0	(0)
	6h	曲板	13	479 (13)	8.4	2.24 (0.21)	12	1	0	(1)	
		平板	13	477 (9)	8.3	2.21 (0.28)	13	0	0	(0)	
	縦	3h	曲板	8	474 (15)	9.0	6.59 (0.62)	0	0	8	(0)
			平板	8	473 (18)	8.8	7.24 (0.52)	0	0	8	(0)
		4h	曲板	8	471 (18)	8.5	5.45 (0.35)	0	0	8	(0)
			平板	8	470 (14)	8.8	5.67 (0.92)	0	0	8	(0)
5h		曲板	8	469 (8)	8.4	4.49 (0.68)	0	0	8	(0)	
		平板	8	476 (11)	8.5	4.70 (0.33)	0	0	8	(0)	
カラマツ	平	3h	曲板	8	603 (21)	8.5	3.96 (0.27)	5	0	3	(7)
			平板	8	597 (26)	8.5	4.37 (0.50)	5	1	2	(4)
		4h	曲板	8	597 (24)	8.2	2.91 (0.41)	4	2	2	(7)
			平板	8	599 (30)	8.5	3.13 (0.25)	6	0	2	(3)
		5h	曲板	8	598 (17)	8.3	2.60 (0.21)	8	0	0	(0)
			平板	8	601 (20)	8.3	2.64 (0.31)	4	2	2	(0)
	6h	曲板	15	608 (25)	8.1	2.27 (0.30)	12	2	1	(0)	
		平板	15	604 (35)	8.1	2.30 (0.16)	10	2	3	(0)	
	縦	3h	曲板	8	614 (24)	8.5	8.10 (0.29)	0	0	8	(0)
			平板	8	595 (31)	8.4	8.46 (0.98)	0	0	8	(0)
		4h	曲板	8	596 (23)	8.3	5.92 (0.93)	0	0	8	(0)
			平板	8	597 (24)	8.2	7.40 (0.65)	0	0	8	(0)
5h		曲板	8	599 (27)	8.3	4.79 (0.67)	0	0	8	(0)	
		平板	8	602 (17)	8.2	5.66 (0.92)	0	0	8	(0)	

各平均値、( )は標準偏差、欄右は破壊形態別の数（めり込み影響を及ぼした内数）

破壊形態の平使いは、スギの 3h、4h で 40%程度せん断破壊が見られ、曲げ破壊はスパン 3h の曲板と 6h で多く見られた。ヒノキは 5h、6h でほとんどがせん断破壊し、その原因は全てローリングシアであった。3h、4h では曲げ、複合破壊が見られた。カラマツでは 5h の曲板、6h でせん断破壊する割合が大きく、3h、4h、5h の平板、6h で曲げ、複合破壊が見られた。これらスパンが小さくても曲げ破壊するという理論的とは逆の傾向が見られたのは、めり込みの影響が考えられ、これは岡崎の結果と一致していた<sup>1)</sup>。また、加圧板では全ての樹種の 3h、4h で平板が曲板よりめり込みが少ない傾向があったが、5h、6h では加圧板の差はなかった。縦使いでは、樹種、スパン、加圧板にかかわらず全ての試験体が曲げ破壊し、これも岡崎の結果と一致していた<sup>1)2)</sup>。また、めり込みの影響はなかった。



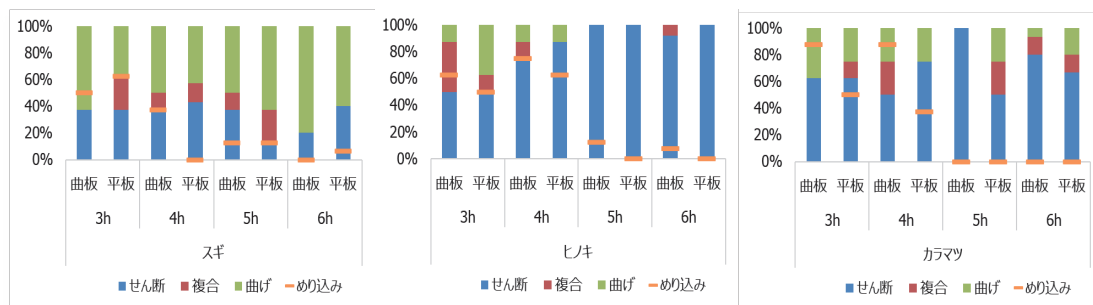


図 5-3 小試験体破壊形態割合（左スギ、中ヒノキ、右カラマツ）  
 バーはめり込みが影響した割合で内数

これらから、平使いではめり込みの影響が少ないスパン 5h、6h で試験を行ったほうがよいと考える。加圧板は 5h、6h ではほとんど差がなかった。縦使いでは全て曲げ破壊し、せん断破壊が得られず今後も検討が必要である。

## 5.2. 超厚合板の水平せん断試験の試料材と方法

予備実験の結果を踏まえ、(1) スギ 144mm 厚合板、(2) スギ 60・48mm 厚合板、(3) ヒノキ、カラマツ積層材について、樹種、積層接着方法、単板構成、試料の採取方法を違えて短スパンの 3 点曲げによる水平せん断試験を行った (図 5-4)。

- (1) スギの公称厚さ 144mm 合板であり、積層接着方法はワンショット及び 2 次接着で試料材は繊維方向を長手方向とする正寸、繊維方向と直角方向を長手方向とする逆寸が採取された。これらについて、スパンを正寸で試験体の鉛直方向の高さの 6 倍、逆寸で 5 倍として中央集中荷重を与えせん断強さを求めた。加圧板を平板 (接する幅 160mm、下側 R20mm) として、試験は実大試験機 (東京衡機製、容量 1000kN) を用いた。試験終了後、破壊部近傍から試験片を採取し全乾法により含水率を求めた。
- (2) スギの公称厚さが 60mm 及び 48mm の合板で、積層接着方法はワンショット及び 2 次接着が供試され、正寸、逆寸が採取された。これらを、スパンを正寸で鉛直方向の高さの 6 倍、逆寸で 5 倍として中央集中荷重を与えせん断強さを求めた。加圧板を平板 (接する幅 40mm、下側 R2mm) とし、支点板は平板 (接する幅 40mm、下側 R2mm) とし、試験は万能試験機 (ミネベア TCM-10000A、容量 100kN) を用いた。試験終了後、破壊部近傍から試験片を採取し全乾法により含水率を求めた。
- (3) ヒノキ、カラマツの公称厚さが 60mm の積層材で、単板構成は LVL 型、B 種 LVL 型、合板型 (通常) 及び合板型 (40%程度)、積層接着方法はワンショット及び 2 次接着、採取方法は正寸、逆寸が採取された。これらの試験方法は(2)と同様である。

表 5-3 試験体概要

樹種	選別	製造方法	型式	方向	長さ	幅	厚さ	数量	平使い	縦使い	スパン比
スギ	60	ワシヨット	合板	正寸	1152	144	144	6	6		6
スギ	60	ワシヨット	合板	逆寸	910	144	144	6	6		5
スギ	60	2次接着	合板	正寸	1152	144	144	18	9	9	6
スギ	60	2次接着	合板	逆寸	910	144	144	18	9	9	5
スギ	60	ワシヨット	合板	正寸	480	60	60	6	6		6
スギ	60	ワシヨット	合板	逆寸	450	60	60	6	6		5
スギ	60	2次接着	合板	正寸	480	60	60	10	5	5	6
スギ	60	2次接着	合板	逆寸	450	60	60	10	5	5	5
スギ	60	ワシヨット	合板	正寸	480	60	48	6	6		6
スギ	60	ワシヨット	合板	逆寸	450	60	48	6	6		6
ヒノキ	90	ワシヨット	LVL	正寸	480	60	60	6	6		6
ヒノキ	90	ワシヨット	LVL	逆寸	450	60	60	6	6		5
ヒノキ	90	ワシヨット	BLVL	正寸	480	60	60	6	6		6
ヒノキ	90	ワシヨット	BLVL	逆寸	450	60	60	6	6		5
ヒノキ	90	ワシヨット	合板	正寸	480	60	60	6	6		6
ヒノキ	90	ワシヨット	合板	逆寸	450	60	60	6	6		5
ヒノキ	90	ワシヨット	40合板	正寸	480	60	60	6	6		6
ヒノキ	90	ワシヨット	40合板	逆寸	450	60	60	6	6		5
カラマツ	120	ワシヨット	LVL	正寸	480	60	60	6	6		6
カラマツ	120	ワシヨット	LVL	逆寸	450	60	60	6	6		5
カラマツ	120	ワシヨット	BLVL	正寸	480	60	60	6	6		6
カラマツ	120	ワシヨット	BLVL	逆寸	450	60	60	6	6		5
カラマツ	120	ワシヨット	合板	正寸	480	60	60	6	6		6
カラマツ	120	ワシヨット	合板	逆寸	450	60	60	6	6		5
カラマツ	120	ワシヨット	40合板	正寸	480	60	60	6	6		6
カラマツ	120	ワシヨット	40合板	逆寸	450	60	60	6	6		5

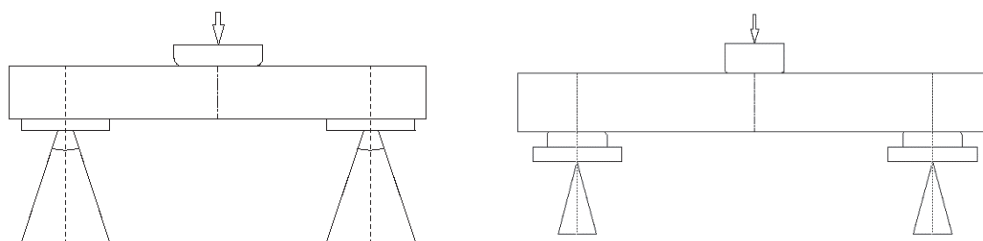


図 5-4 試験方法 (左 : 144mm 厚 6h、右 : 60mm 厚 6h)

$$\text{せん断強さ} = \frac{3P}{4bh} \quad (N/mm^2)$$

$P$ : 最大荷重(N)

$b$ : 試験体の幅(mm)

$h$ : 試験体の高さ(mm)

### 5.3 試験結果概要

試験結果概要を表 5-4、各タイプの平均値を図 5-5 に示す。

表 5-4 試験結果概要

樹種	単板 選別	製造方法	型式	方向	荷重	厚さ mm	試料数 n	密度 kg/m <sup>3</sup>	含水率 %	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊形態		
											せん断	複合	曲げ
スギ	60	ワンショット	合板	正	平	144	6	424 (6)	8.1	1.41 (0.03)	3	0	3
スギ	60	ワンショット	合板	逆	平	144	6	420 (4)	8.2	1.48 (0.04)	3	0	3
スギ	60	2次接着	合板	正	平	144	9	427 (5)	7.2	1.41 (0.07)	3	2	4
スギ	60	2次接着	合板	正	縦	144	9	426 (6)	7.5	2.42 (0.17)	0	0	9
スギ	60	2次接着	合板	逆	平	144	9	426 (5)	7.9	1.48 (0.02)	8	0	1
スギ	60	2次接着	合板	逆	縦	144	9	429 (6)	7.8	2.45 (0.24)	0	0	9
スギ	60	2次接着	合板	正	平	60	5	424 (7)	7.6	1.47 (0.24)	3	0	2
スギ	60	2次接着	合板	正	縦	60	5	420 (6)	7.5	2.48 (0.14)	0	0	5
スギ	60	2次接着	合板	逆	平	60	5	419 (8)	7.1	1.56 (0.10)	4	0	1
スギ	60	2次接着	合板	逆	縦	60	5	422 (10)	7.1	3.36 (0.30)	0	0	5
スギ	60	ワンショット	合板	正	平	48	6	418 (5)	7.1	1.80 (0.16)	4	2	0
スギ	60	ワンショット	合板	逆	平	48	6	411 (3)	6.7	1.33 (0.09)	3	3	0
スギ	60	ワンショット	合板	正	平	60	6	412 (17)	8.3	1.54 (0.17)	3	1	2
スギ	60	ワンショット	合板	逆	平	60	6	405 (15)	7.4	1.43 (0.10)	2	2	2
ヒノキ	90	ワンショット	LVL	正	平	60	6	491 (9)	7.7	5.27 (0.40)	6	0	0
ヒノキ	90	ワンショット	LVL	逆	平	60	6	486 (5)	7.0	0.18 (0.02)	0	0	6
ヒノキ	90	ワンショット	BLVL	正	平	60	6	500 (9)	7.6	3.09 (0.23)	6	0	0
ヒノキ	90	ワンショット	BLVL	逆	平	60	6	499 (9)	7.2	1.70 (0.11)	6	0	0
ヒノキ	90	ワンショット	合板	正	平	60	6	494 (9)	7.1	2.53 (0.13)	6	0	0
ヒノキ	90	ワンショット	合板	逆	平	60	6	497 (12)	6.3	2.26 (0.06)	6	0	0
ヒノキ	90	ワンショット	40合板	正	平	60	6	496 (3)	7.2	2.13 (0.23)	3	0	3
ヒノキ	90	ワンショット	40合板	逆	平	60	6	495 (6)	6.9	2.62 (0.08)	6	0	0
カラマツ	120	ワンショット	LVL	正	平	60	6	591 (14)	7.4	4.17 (0.32)	5	0	1
カラマツ	120	ワンショット	LVL	逆	平	60	6	599 (20)	6.8	0.18 (0.02)	0	0	6
カラマツ	120	ワンショット	BLVL	正	平	60	6	603 (5)	7.2	2.62 (0.19)	6	0	0
カラマツ	120	ワンショット	BLVL	逆	平	60	6	604 (5)	6.7	1.31 (0.07)	6	0	0
カラマツ	120	ワンショット	合板	正	平	60	6	581 (10)	7.2	2.09 (0.11)	5	0	1
カラマツ	120	ワンショット	合板	逆	平	60	6	584 (6)	6.4	1.99 (0.13)	6	0	0
カラマツ	120	ワンショット	40合板	正	平	60	6	581 (16)	7.0	1.68 (0.09)	1	1	4
カラマツ	120	ワンショット	40合板	逆	平	60	6	580 (10)	6.4	2.22 (0.12)	6	0	0

各平均値、( )は標準偏差、欄右は破壊形態別の数

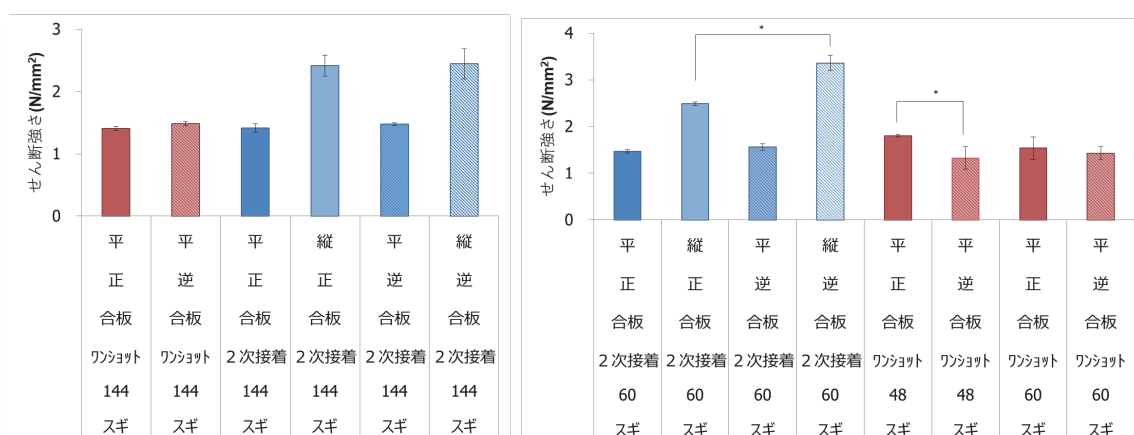
- (1) スギ 144mm 厚合板のせん断強さは平使いでワンショット、2次接着とも、正寸逆寸の差はなく平均値で 1.41~1.48N/mm<sup>2</sup>であった。合板では正寸逆寸で積層方向の繊維方向の単板数の差が小さく、正寸逆寸でほとんど差がない結果となった。縦使いでは2次接着の正寸逆寸とも平使いより高く、平均値で 2.42~2.45N/mm<sup>2</sup>であり、その比は 1.7 倍であった。これら、ワンショットと2次接着では、水平せん断強さを各条件で比較すると差がなく、積層接着方法による水平せん断性能の差はなかった。
- 破壊形態では、平使いでワンショットの正寸逆寸はせん断、曲げが 50%ずつであり、2次接着では逆寸でせん断破壊する割合が高く、最外層の繊維方向と直交方向の単板が曲げ破壊を励起していなかった。縦使いは全て曲げ破壊した。また全ての条件でめり込みの影響は見られなかった。
- (2) スギ 60mm 厚合板2次接着では、144mm 厚と同様、正寸逆寸の差がなく平均値で 1.47~1.56N/mm<sup>2</sup>であった。縦使いは平使いより高く、正寸で平均値 2.48N/mm<sup>2</sup>で 1.7 倍であっ

たが、逆寸で平均値 3.36N/mm<sup>2</sup> で 2.2 倍であった。ワンショットも同様に正寸逆寸の差がなく平均値で 1.54~1.43N/mm<sup>2</sup> であった。スギ 48mm 厚合板のワンショット、平使いでは正寸の平均値が 1.80 N/mm<sup>2</sup>、逆寸の平均値が 1.33 N/mm<sup>2</sup> で正寸より 35%低い値となったのは 144mm、60mm と異なっており、後述の曲げの影響と思われる。

破壊形態では、スギ 60mm 厚合板では正寸、逆寸とも 2次接着がワンショットと比べせん断破壊する割合が高かった。48mm 厚ワンショットでは逆寸で曲げ破壊する割合が高く、最外層の直交層単板が曲げ破壊を引き起こしていた。縦使いは全て曲げ破壊した。また全ての条件でめり込みの影響は見られなかった。

- (3) ヒノキ、カラマツの LVL 型、B 種 LVL 型、合板型（通常仕様）、合板型（40%程度）を平使いで実施した。LVL 型はヒノキが平均値 5.27N/mm<sup>2</sup>、カラマツが平均値 4.17N/mm<sup>2</sup>、B 種 LVL 型はヒノキが平均値 3.09 N/mm<sup>2</sup>、カラマツが平均値 2.62N/mm<sup>2</sup> であった。これらの逆寸は直交層が多数を占めるので低下し、せん断強さは LVL 型で正寸の 5%、B 種 LVL 型で正寸の 50%となり、単板構成による正寸逆寸の性質を明確に示していた。合板（通常仕様）の正寸はヒノキが平均値 2.52N/mm<sup>2</sup>、カラマツが平均値 2.09N/mm<sup>2</sup> で、逆寸はヒノキが平均値 2.26N/mm<sup>2</sup> で低下し有意差があり、カラマツが平均値 1.99N/mm<sup>2</sup> でやや低下したが有意差はなかった。合板（40%程度）では正寸でヒノキの平均値 2.13N/mm<sup>2</sup>、カラマツの平均値 1.68N/mm<sup>2</sup>、逆寸はこれらの 20%増で直交層厚が大きくなることから予想された結果となった。また、単板選別、密度においてカラマツがヒノキより高い値を示しているにも関わらず、同じ条件同士で比較するとせん断強さはヒノキがカラマツより高い値を示していた。

破壊形態は平使いで、ヒノキ、カラマツとも LVL 型の正寸ではほぼ全てせん断破壊、逆寸で全て曲げ破壊、B 種 LVL 型は正寸、逆寸とも全てせん断破壊し、直交層を含むことで逆寸においても曲げ破壊を抑制していたのは LVL と異なっている。合板型（通常仕様）はヒノキ、カラマツとも正寸、逆寸ともほぼ全てせん断破壊した。合板型（40%程度）はヒノキ、カラマツとも正寸で曲げ破壊がやや多く見られたが、逆寸では全てせん断破壊した。なお、全ての条件でめり込みの影響はなかった。



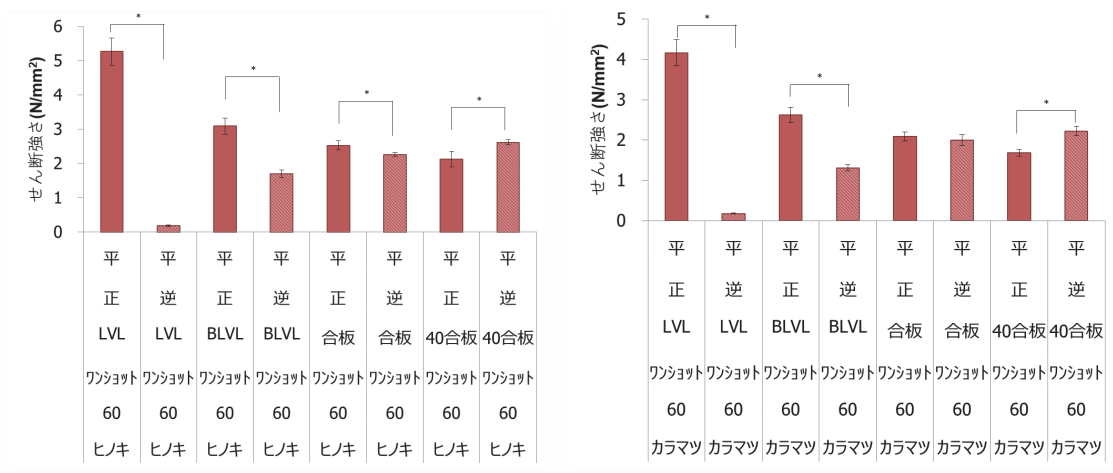


図 5-5 せん断試験結果（上段左スギ 144、上段右スギ 60、48、下段左ヒノキ、下段右カラマツ）  
エラーバーは標準偏差、\*は正寸逆寸の p<0.05 で有意

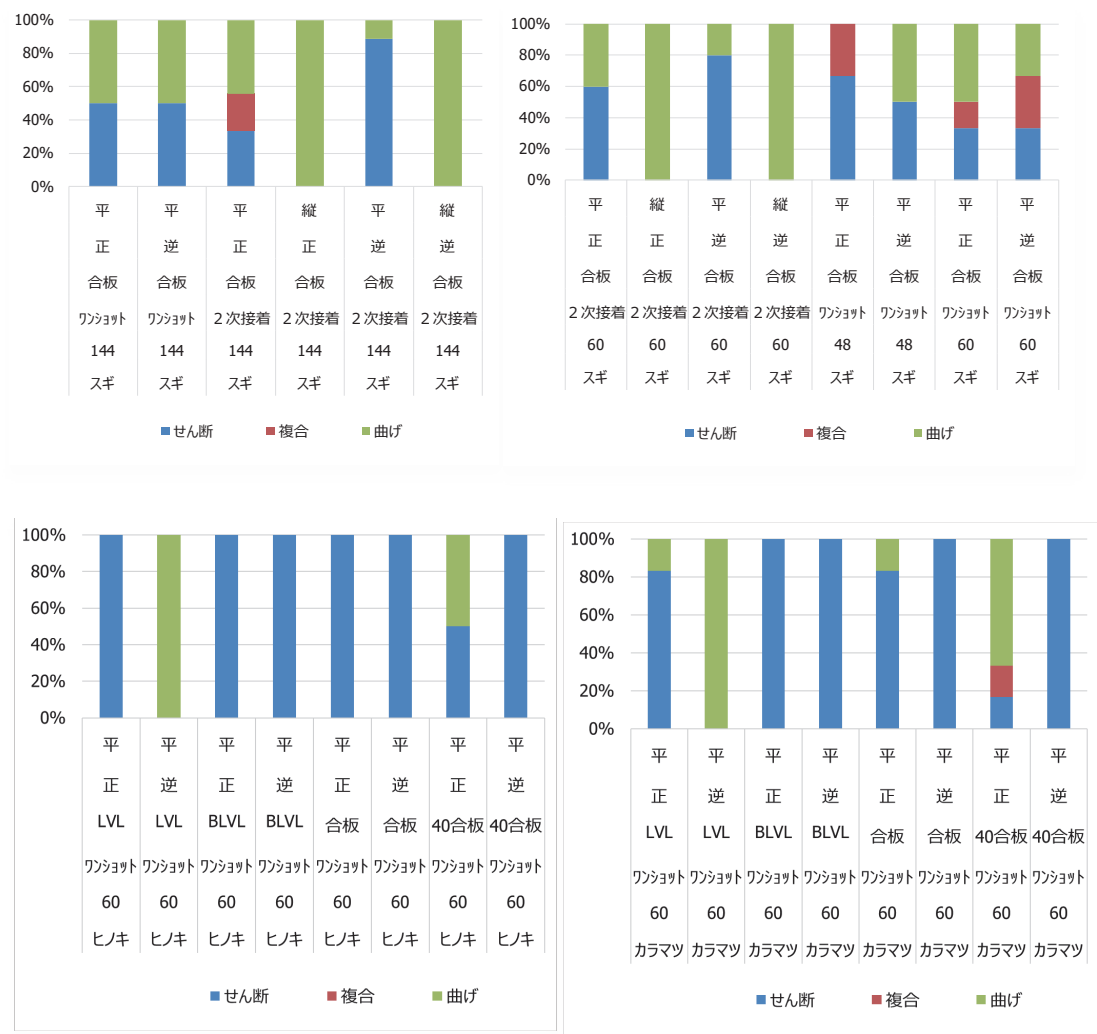


図 5-6 破壊形態（上段左スギ 144、上段右スギ 60、48、下段左ヒノキ、下段右カラマツ）

スギ合板の平使いでは、スパンを検討したがせん断破壊の外に曲げ、複合破壊が見られた。スギ 144mm 厚、48mm 厚、60mm 厚の各試験条件における正寸・逆寸を合わせたせん断強さを各破壊形態別に箱ひげ図で示す（図 5-7）。せん断破壊によるせん断強さが曲げ破壊によるせん断強さより有意に高く、曲げ破壊により得られたせん断強さは安全側の数値と考えられ、せん断破壊が得られなくても品質管理の試験として適当であると考えられる。

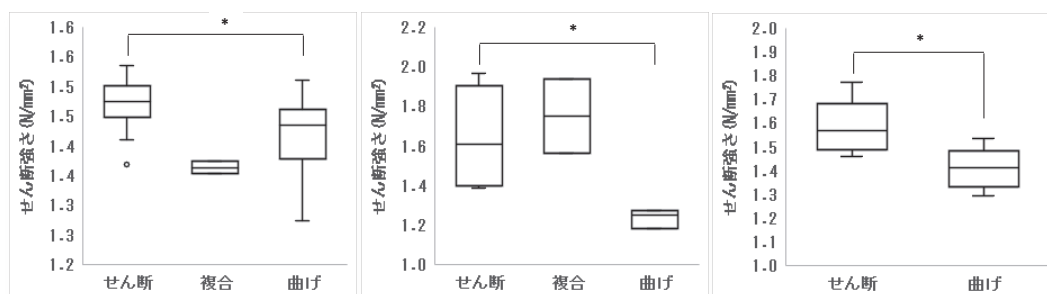


図 5-7 スギ合板破壊形態別せん断強さ（左 144mm、中 48mm、右 60mm）  
箱は四分位数、箱内バーは中央値、箱外バーは最大最小値、○は外れ値、\*は  $p < 0.05$  で有意

#### 5.4 結言

試験を実施して、以下のことがわかった。

- (1) 合板から採取した正寸、逆寸のせん断強さは、スギ 48mm 厚ワンショット、ヒノキ 60mm 厚ワンショットを除き、多くで有意な差がなかった。
- (2) 単板構成を違えた試料材の水平せん断強さは、繊維方向の配置を反映した結果となった。
- (3) スパン 6h としたことで平使いのスギで曲げ破壊が多く見られたが、せん断破壊から得られた値を下回ったことから得られた数値は安全側であり、品質管理の試験として適当であると考えられる。

#### 文献

- 1) 日本合板工業組合連合会 “「超厚合板の開発のための性能試験等の実施事業」報告書” (2023)
- 2) 岡崎泰男、渋沢龍也：第 73 回日本木材学会大会（福岡）I15-P11(2023)

## 試験成績書

日本合板工業組合連合会 会長 殿

宮城県林業技術総合センター所長



令和5年6月12日付けで依頼のありました試験の結果については、下記のとおりです。

## 記

試験依頼者	住所	東京都千代田区神田三崎町 2-21-2
	氏名	日本合板工業組合連合会 会長 井上篤博
試験料	材	合板、単板積層材
試験項目		せん断試験
試験方法		別紙のとおり
試験実施年月日		令和5年10月18日から20日、11月8日から10日、13日、27～30日
試験実施場所		宮城県林業技術総合センター木材利用加工実験棟
試験結果		別紙のとおり
試験担当者		上席主任研究員 大西裕二

## 備考

以上は提出された試料についての試験結果であり、材料並びに製品全体の品質性能を保証するものではありません。

また、この試験成績書を転載するときは、抄録または他の事項を添付せず全文を記載してください。

1 試料材

試料材は合板及び単板積層材で樹種、製造方法を違え、合板の長手方向の外層を繊維方向としたものを正寸及び繊維方向と直交方向としたものを逆寸とし、依頼者により番号付けされたものを試験に供した。試料材の種類、公称寸法及び数量は表-1のとおりである。

表-1 各タイプの試料数

樹種	製造方法	タイプ	方向	長さmm	幅mm	厚さmm	平使い	縦使い
スギ	ワンショット	合板	正寸	1152	144	144	6	
スギ	ワンショット	合板	逆寸	910	144	144	6	
スギ	2次接着	合板	正寸	1152	144	144	9	9
スギ	2次接着	合板	逆寸	910	144	144	9	9
スギ	ワンショット	合板	正寸	480	60	60	6	
スギ	ワンショット	合板	逆寸	450	60	60	6	
スギ	2次接着	合板	正寸	480	60	60	5	5
スギ	2次接着	合板	逆寸	450	60	60	5	5
スギ	ワンショット	合板	正寸	480	60	48	6	
スギ	ワンショット	合板	逆寸	450	60	48	6	
ヒノキ	ワンショット	LVL	正寸	480	60	60	6	
ヒノキ	ワンショット	LVL	逆寸	450	60	60	6	
ヒノキ	ワンショット	BLVL	正寸	480	60	60	6	
ヒノキ	ワンショット	BLVL	逆寸	450	60	60	6	
ヒノキ	ワンショット	合板	正寸	480	60	60	6	
ヒノキ	ワンショット	合板	逆寸	450	60	60	6	
ヒノキ	ワンショット	40合板	正寸	480	60	60	6	
ヒノキ	ワンショット	40合板	逆寸	450	60	60	6	
カラマツ	ワンショット	LVL	正寸	480	60	60	6	
カラマツ	ワンショット	LVL	逆寸	450	60	60	6	
カラマツ	ワンショット	BLVL	正寸	480	60	60	6	
カラマツ	ワンショット	BLVL	逆寸	450	60	60	6	
カラマツ	ワンショット	合板	正寸	480	60	60	6	
カラマツ	ワンショット	合板	逆寸	450	60	60	6	
カラマツ	ワンショット	40合板	正寸	480	60	60	6	
カラマツ	ワンショット	40合板	逆寸	450	60	60	6	

ワンショット：単板を一時（いちどき）に積層接着する、2次接着：合板同士を接着する（本試験体は30mmを2枚）、LVL：単板積層材、BLVL：一部直交層を含むLVL、40合板：直交層単板厚が平行層単板厚の40%

2 試験方法

各試験体に対してスパンを平使い方向(単板の積層方向を荷重方向にする)は鉛直方向の高さの6倍、



縦使い方向（単板の積層方向の直角方向を荷重方向にする）鉛直方向の高さの5倍とし、加圧板を平板（144mm厚では接する幅160mm、下側R20mm、48mm、60mm厚では接する幅46mm下側R2mm）、中央集中荷重法で図-1のとおり荷重を与え、次式によりせん断強さを求めた。

試験は実大試験機（東京衡機製、容量1000kN）を用いた。また試験終了後、破壊部近傍から試験片を採取し全乾法により含水率を求めた。

$$\text{せん断強さ} = \frac{3P}{4bh} \quad (N/mm^2)$$

$P$  : 最大荷重 (N)  
 $b$  : 試験体の幅 (mm)  
 $h$  : 試験体の高さ (mm)

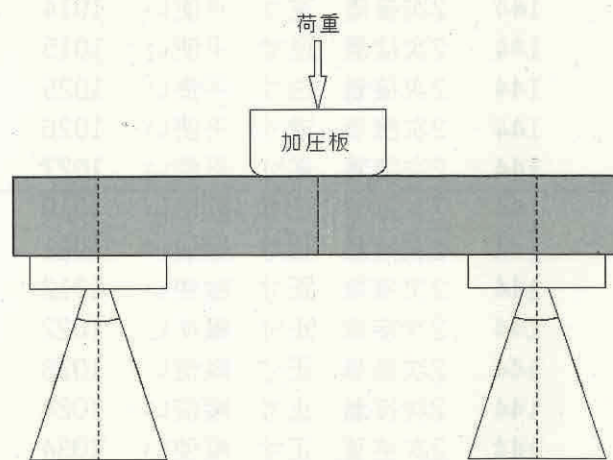


図-1 せん断試験方法

### 3 試験結果

試験の結果は、表-2のとおりである。なお、強度性能値は含水率等による補正を行っていない。

表-2 せん断試験結果

樹種	タイプ	公称厚さ mm	製造方法	方向	荷重	番号	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	含水率 %
スギ	合板	144	ワンショット	正寸	平使い	1003	1.44	8.3
スギ	合板	144	ワンショット	正寸	平使い	1004	1.37	8.0
スギ	合板	144	ワンショット	正寸	平使い	1007	1.38	8.2
スギ	合板	144	ワンショット	正寸	平使い	1008	1.38	8.2
スギ	合板	144	ワンショット	正寸	平使い	1011	1.44	8.1
スギ	合板	144	ワンショット	正寸	平使い	1012	1.45	8.1
スギ	合板	144	ワンショット	逆寸	平使い	1001	1.54	8.8
スギ	合板	144	ワンショット	逆寸	平使い	1002	1.51	8.5
スギ	合板	144	ワンショット	逆寸	平使い	1005	1.50	8.2
スギ	合板	144	ワンショット	逆寸	平使い	1006	1.47	8.0
スギ	合板	144	ワンショット	逆寸	平使い	1009	1.42	8.0
スギ	合板	144	ワンショット	逆寸	平使い	1010	1.46	7.7

スギ	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1007	1.46	7.7
スギ	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1008	1.44	7.4
スギ	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1009	1.27	7.3
スギ	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1019	1.43	6.9
スギ	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1020	1.48	6.9
スギ	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1021	1.37	6.9
スギ	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1031	1.52	7.4
スギ	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1032	1.41	7.1
スギ	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1033	1.35	7.3
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1001	1.45	7.7
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1002	1.51	7.6
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1003	1.51	7.7
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1013	1.47	8.2
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1014	1.50	7.9
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1015	1.46	7.7
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1025	1.48	8.2
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1026	1.45	7.9
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1027	1.45	7.9
スギ	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1010	2.49	7.4
スギ	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1011	2.35	7.5
スギ	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1012	2.02	7.9
スギ	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1022	2.65	7.0
スギ	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1023	2.53	7.3
スギ	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1024	2.43	7.7
スギ	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1034	2.39	7.1
スギ	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1035	2.36	7.5
スギ	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1036	2.53	7.8
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1004	2.60	7.6
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1005	2.84	7.4
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1006	2.77	7.5
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1016	2.51	7.8
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1017	2.35	7.8
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1018	2.27	8.0
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1028	2.04	8.0
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1029	2.26	8.0
スギ	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1030	2.38	8.0
スギ	合板	60	2次接着	正寸	平使い	1001	1.68	7.4
スギ	合板	60	2次接着	正寸	平使い	1005	1.46	7.1
スギ	合板	60	2次接着	正寸	平使い	1009	1.65	7.5
スギ	合板	60	2次接着	正寸	平使い	1013	1.54	8.0
スギ	合板	60	2次接着	正寸	平使い	1017	1.02	8.2
スギ	合板	60	2次接着	正寸	縦使い	1002	2.57	7.0
スギ	合板	60	2次接着	正寸	縦使い	1006	2.57	7.4
スギ	合板	60	2次接着	正寸	縦使い	1010	2.54	7.4
スギ	合板	60	2次接着	正寸	縦使い	1014	2.53	7.9
スギ	合板	60	2次接着	正寸	縦使い	1018	2.21	7.7



スギ	合板	60	2次接着	逆寸	平使い	1003	1.63	7.1
スギ	合板	60	2次接着	逆寸	平使い	1007	1.72	7.1
スギ	合板	60	2次接着	逆寸	平使い	1011	1.48	6.9
スギ	合板	60	2次接着	逆寸	平使い	1015	1.47	7.5
スギ	合板	60	2次接着	逆寸	平使い	1019	1.51	7.0
スギ	合板	60	2次接着	逆寸	縦使い	1004	3.58	7.2
スギ	合板	60	2次接着	逆寸	縦使い	1008	3.82	7.1
スギ	合板	60	2次接着	逆寸	縦使い	1012	3.12	6.9
スギ	合板	60	2次接着	逆寸	縦使い	1016	3.00	7.5
スギ	合板	60	2次接着	逆寸	縦使い	1020	3.26	6.9
スギ	合板	48	ワンショット	正寸	平使い	1001	1.94	7.1
スギ	合板	48	ワンショット	正寸	平使い	1002	1.96	7.4
スギ	合板	48	ワンショット	正寸	平使い	1005	1.61	6.8
スギ	合板	48	ワンショット	正寸	平使い	1006	1.56	6.9
スギ	合板	48	ワンショット	正寸	平使い	1009	1.83	7.5
スギ	合板	48	ワンショット	正寸	平使い	1010	1.90	7.2
スギ	合板	48	ワンショット	逆寸	平使い	1003	1.25	6.9
スギ	合板	48	ワンショット	逆寸	平使い	1004	1.19	7.2
スギ	合板	48	ワンショット	逆寸	平使い	1007	1.39	6.4
スギ	合板	48	ワンショット	逆寸	平使い	1008	1.40	6.5
スギ	合板	48	ワンショット	逆寸	平使い	1011	1.28	6.7
スギ	合板	48	ワンショット	逆寸	平使い	1012	1.45	6.6
スギ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1001	1.45	8.8
スギ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1002	1.35	8.8
スギ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1005	1.77	8.2
スギ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1006	1.77	8.1
スギ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1009	1.49	8.3
スギ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1010	1.40	7.8
スギ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1003	1.57	8.1
スギ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1004	1.53	8.0
スギ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1007	1.44	7.7
スギ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1008	1.30	7.1
スギ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1011	1.41	6.7
スギ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1012	1.33	6.5
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1001	5.91	7.4
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1002	4.78	7.8
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1005	5.02	7.7
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1006	5.23	7.7
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1009	5.68	7.7
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1010	4.98	7.6
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1003	0.16	7.0
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1004	0.19	7.0
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1007	0.17	7.2
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1008	0.21	7.1
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1011	0.16	7.2
ヒノキ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1212	0.21	6.6

ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1001	3.29	7.5
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1002	3.30	7.8
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1005	3.32	7.6
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1006	3.02	7.6
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1009	2.89	7.6
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1010	2.72	7.3
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1003	1.72	7.2
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1004	1.89	7.3
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1007	1.69	7.4
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1008	1.74	7.4
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1011	1.62	7.1
ヒノキ	BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1012	1.54	6.5
ヒノキ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1001	2.78	7.1
ヒノキ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1002	2.56	7.4
ヒノキ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1005	2.45	7.2
ヒノキ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1006	2.42	7.2
ヒノキ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1009	2.56	7.0
ヒノキ	合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1010	2.41	6.9
ヒノキ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1003	2.29	6.4
ヒノキ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1004	2.28	6.4
ヒノキ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1007	2.33	6.4
ヒノキ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1008	2.18	6.4
ヒノキ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1011	2.31	6.2
ヒノキ	合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1012	2.18	5.8
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1001	2.46	7.1
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1002	1.98	7.6
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1005	1.79	7.2
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1006	2.31	7.3
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1009	2.24	7.2
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1010	2.01	7.0
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1003	2.75	7.0
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1004	2.62	7.1
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1007	2.56	6.9
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1008	2.66	6.8
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1011	2.60	6.9
ヒノキ	40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1012	2.51	6.4
カラマツ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1001	3.64	7.3
カラマツ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1002	4.00	7.3
カラマツ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1005	4.11	7.5
カラマツ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1006	4.32	7.4
カラマツ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1009	4.22	7.5
カラマツ	LVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1010	4.71	7.4
カラマツ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1003	0.17	6.4
カラマツ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1004	0.20	6.7
カラマツ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1007	0.17	6.9
カラマツ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1008	0.15	6.9
カラマツ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1011	0.18	6.9
カラマツ	LVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1012	0.19	6.7



カラマツ BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1001	2.89	7.5
カラマツ BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1002	2.87	7.6
カラマツ BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1005	2.59	7.3
カラマツ BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1006	2.49	7.2
カラマツ BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1009	2.41	7.0
カラマツ BLVL	60	ワンショット	正寸	平使い	1010	2.46	6.8
カラマツ BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1003	1.42	6.7
カラマツ BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1004	1.39	7.0
カラマツ BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1007	1.29	6.9
カラマツ BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1008	1.30	6.9
カラマツ BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1011	1.23	6.6
カラマツ BLVL	60	ワンショット	逆寸	平使い	1012	1.23	6.4
カラマツ 合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1001	2.16	7.6
カラマツ 合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1002	1.93	7.5
カラマツ 合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1005	2.20	7.2
カラマツ 合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1006	2.24	7.1
カラマツ 合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1009	1.99	7.0
カラマツ 合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1010	2.04	6.7
カラマツ 合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1003	2.12	6.5
カラマツ 合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1004	2.13	6.8
カラマツ 合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1007	2.08	6.3
カラマツ 合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1008	1.94	6.3
カラマツ 合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1011	1.95	6.1
カラマツ 合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1012	1.74	6.1
カラマツ 40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1001	1.50	6.9
カラマツ 40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1002	1.71	6.9
カラマツ 40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1005	1.75	7.0
カラマツ 40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1006	1.70	6.9
カラマツ 40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1009	1.76	7.3
カラマツ 40合板	60	ワンショット	正寸	平使い	1010	1.67	7.1
カラマツ 40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1003	2.11	6.0
カラマツ 40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1004	2.15	6.2
カラマツ 40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1007	2.24	6.3
カラマツ 40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1008	2.15	6.5
カラマツ 40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1011	2.46	6.8
カラマツ 40合板	60	ワンショット	逆寸	平使い	1012	2.25	6.5

以上



## 6. 水平せん断試験方法の検討

### 6.1 目的

水平せん断試験法は、中央集中曲げ試験を短スパン条件で実施することによって、曲げ破壊に先行してせん断破壊を起こし、その最大荷重値からせん断強度を算出する試験法であり、簡便にせん断強度を求めることができる手法ではあるが、スパンを長めにとると、曲げ破壊が先行して発生してしまつてせん断破壊が起こらず、逆にスパンを短くしすぎると、せん断破壊に至るまでの必要荷重が極めて大きくなり、加力点および支点で大きなめり込みが発生してその影響を受けてしまうという問題点がある。そのような性格の試験であるため、LVLの日本農林規格では、スパンを試験片の厚さ (h) の4倍とし、荷重点用治具として先端部の曲率半径がほぼ1.5hのものを用いるように定められているのに対し、直交集成板 (CLT) の日本農林規格ではスパンを試験片の厚さ (h) の5倍とするよう定められていて、荷重点については特に定めはなく (※ CLT の日本農林規格では「水平せん断試験」ではなく「せん断試験」と呼称)、構造用木材の強度試験マニュアル ((公財) 日本住宅・木材技術センター) では、スパン6hで試験を行うように定められているなど、規格により試験法が異なっており超厚合板についても最適な試験条件を定める必要がある。

そこで、一昨年度は超厚合板のせん断強度を水平せん断試験で求めるための最適な試験条件を確立することを目的として、単板等級構成、積層方法、および加力方向等の仕様の異なる60mm厚さのスギ超厚合板に対し、LVLの日本農林規格またはCLTの日本農林規格に準拠した複数の異なる条件で水平せん断試験を行い、得られたせん断強度について比較検討を行った。その結果、スパン・加力点形状等の条件設定によって得られる強度が異なること、多くの試験体仕様で純粋なせん断破壊以外の破壊が発生すること等が明らかとなり、水平せん断試験の最適な試験条件を定めるためには、「正しい」せん断強度を把握する必要があるが、水平せん断試験からそれを求めることは困難であるという結論となった。

そこで、昨年度は「正しい」せん断強度を把握することを目的として水平せん断試験よりも曲げ破壊が起こりにくくせん断破壊が発生しやすい逆対象4点荷重方式せん断試験法によるせん断試験を実施した。また、試験対象を昨年度のスギの通常合板仕様のみからスギ、ヒノキ、カラマツの3樹種、単板構成をLVL型、B種LVL型、通常仕様の合板型、強軸方向単板の構成比率40%程度の合板型の4種類に拡張して試験を行った。さらに、すべての仕様に対してCLTの日本農林規格に準拠した水平せん断試験を行い、逆対象4点荷重方式せん断試験法により得られたせん断強度との比較検討を行った。その結果、ヒノキおよびカラマツの2樹種については、逆対象4点荷重方式せん断試験により「正しい」せん断強度を得ることができ、また、この2樹種については、CLTのJAS規格に準拠した水平せん断試験においてほぼすべての試験体がせん断破壊で破壊し、また、その平均値は、逆対象4点荷重方式せん断試験より得られた平均値と統計的に有意差があるとは言えない値となっており、CLTのJAS規格に準拠した水平せん断試験でも正しいせん断強度が得られる可能性が高いという結果が得られた。これに対しスギについては、低等級のものについては逆対象4点荷重方式せん断試験では「正しい」せん断強度を求めることが可能であること、CLTのJAS規格に準拠した水平せん断試験で正しいせん断強度が得られる可能性が高いことを示唆する結果が得られたが、同時に仕様

によっては逆対象 4 点荷重方式せん断試験では「正しい」せん断強度を求めることが難しいことが示唆される結果が得られた。

昨年度は、水平せん断試験については CLT の JAS 規格に準拠した試験しか行っておらず、LVL の日本農林規格に準拠する水平せん断試験の結果と逆対象 4 点荷重方式せん断試験法で得られた「正しい」せん断強度との関係が不明であることから、今年度は昨年度実施した試験を拡張し、昨年度試験を実施したすべての仕様に対して LVL の日本農林規格に準拠する水平せん断試験を追加実施し、昨年度実施した逆対象 4 点荷重方式せん断試験法により得られたせん断強度との比較検討を行った。さらに、厚さの違いによる影響を見ることを目的として、LVL 型、B 種 LVL 型、通常合板型の 3 タイプについて、厚さ 120mm および厚さ 100mm のスギ合板の逆対象 4 点荷重方式せん断試験および水平せん断試験を行い、比較検討を行った。

## 6.2 厚さ 60mm 合板のせん断試験

### 6.2.1 供試体

表 6.1 に示した 17 種類の仕様の供試体に対して、逆対象 4 点荷重方式せん断試験（以下、「逆対称試験」と呼ぶ）、CLT の日本農林規格に準拠した水平せん断試験、および LVL の日本農林規格に準拠した水平せん断試験を行った。このうち逆対称試験および CLT の日本農林規格に準拠した水平せん断試験については昨年度事業で実施した。

表 6-1 厚さ 60mm 供試体の仕様

供試体記号	樹種	単板選別基準 (tf/cm <sup>2</sup> )	積層方法	構成比率	試作年度
D1	スギ	60 以上	ワンショット	LVL 型	昨年度
D2				B 種 LVL 型	
D3				合板型通常仕様	
D4				合板型 40%程度	
B0			2 次接着	合板型通常仕様	
D3-69	スギ	60 以上 69 以下	ワンショット	合板型通常仕様	一昨年度
D3-89			2 次接着		
B0-69		60 以上 89 以下	ワンショット	合板型通常仕様	
B0-89			2 次接着		
F1	ヒノキ	90 以上	ワンショット	LVL 型	昨年度
F2				B 種 LVL 型	
F3				合板型通常仕様	
F4				合板型 40%程度	
H1	カラマツ	120 以上	ワンショット	LVL 型	昨年度
H2				B 種 LVL 型	
H3				合板型通常仕様	
H4				合板型 40%程度	

### 6.2.2 試験方法

図 6-1 に昨年度実施した逆対称試験の概要を示す。逆対称試験はせん断スパン( $S$ )=180mm (=3h。h は試験体の厚さ)・スパン( $a+S$ )=360mm の条件で行った。図 6-2 に同じく昨年度実施した CLT の日本農林規格に準拠した水平せん断試験の概要を示す。試験はスパン 300mm (=5h), 加力点, 支点とも幅 50mm の平板という条件で行った (以後, 「5h」と呼ぶ)。図 6-3, 6-4, および写真 6-1, 6-2 に今年度実施した LVL の日本農林規格に準拠した 2 種類の水平せん断試験の概要を示す。図 6-3 の試験はスパン 240mm (=4h), 加力点は曲率半径 90mm の曲板, 支点は幅 50mm の平板という条件で, 図 6-4 の試験はスパン 240mm (=4h), 加力点, 支点とも幅 50mm の平板という条件で行った (以後, それぞれ「4hR9」, 「4hF5」と呼ぶ)。

試験はいずれもミネベア製 AL100kN (最大荷重 100kN) を用い, 変位速度 2mm/min で試験体が破壊して荷重が最大荷重を超えない状態に低下するまで行い, その最大荷重を求め, 逆対称試験については式(6-1)により, 水平せん断試験については式(6-2)によりせん断強度を求めた。併せて目視により破壊過程の観察を行い, 表 6-2 に示した規準に基づき破壊形態の分類を行った。試験終了後, 試験体端部から含水率測定用試片を切り出し, 含水率測定を行った。

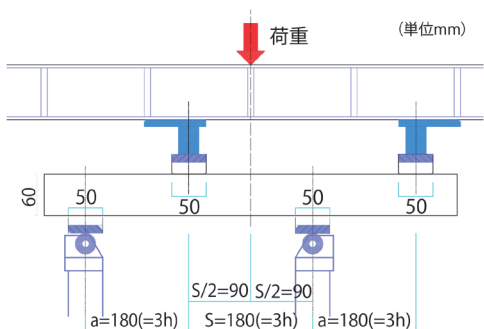


図 6-1 逆対象 4 点荷重方式せん断試験の概要 (h=60mm S=a=180mm)

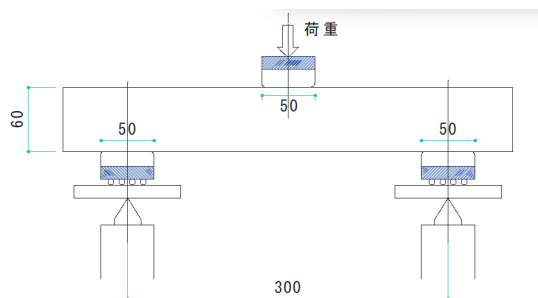


図 6-2 CLT 規格に準拠した水平せん断試験の概要 (スパン 300mm (=5h), 支点 幅 50mm 平板, 加力点 幅 50mm 平板)

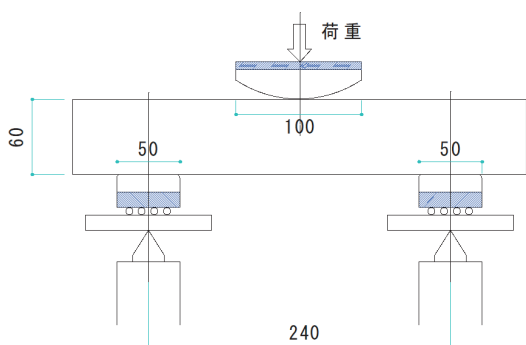


図 6-3 LVL 規格に準拠した水平せん断試験 (4hR9) の概要 (スパン 240mm (=4h), 支点 幅 50mm 平板, 加力点 R90mm 曲板)

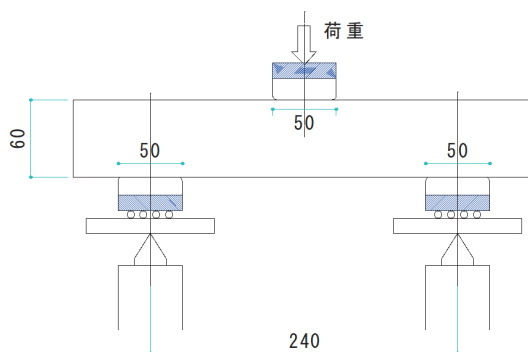


図 6-4 LVL 規格に準拠した水平せん断試験 (4hF5) の概要 (スパン 240mm (=4h), 支点 幅 50mm 平板, 加力点 幅 50mm 平板)





写真 6-1 LVL 規格に準拠した水平せん断試験 (4hR9) の概要 (スパン 4h, 支点幅 50mm 平板, 加力点 R90mm 曲板)

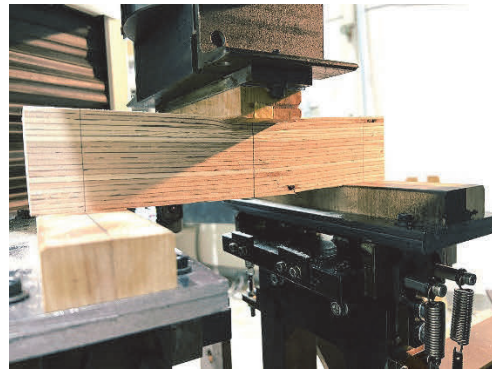


写真 6-2 LVL 規格に準拠した水平せん断試験 (4hF5) の概要 (スパン 4h, 支点幅 50mm 平板, 加力点 幅 50mm 平板)

$$\tau = \frac{3aP}{2bh(a+l)} = \frac{3aP}{2bh(2a)} = \frac{3P}{4bh} \quad (6-1)$$

$$\tau = \frac{3P}{4bh} \quad (6-2)$$

$\tau$ : せん断強度[N/mm<sup>2</sup>],  $P$ : 最大荷重[kN],  $b$ : 試験体の幅[mm],  $h$ : 試験体の厚さ[mm]

### 6.2.3 試験結果

#### 6.2.3.1 破壊形態

逆対称試験, 水平せん断試験における主な破壊要因は写真 6-3~6-5 に示した ① 接着層のせん断破壊(以下, 「SH」と呼ぶ), ② 単板裏割れのローリングシアによる破壊(以下, 「RS」と呼ぶ), ③ 引張側の曲げ破壊(以下, 「BF」と呼ぶ)の3種類に大別できる。LVL タイプ, B 種 LVL タイプについては, RS または SH, もしくは, BS が単独で発生して破壊するケースが多く見られたが, 合板型通常仕様および合板型 40%程度については, 写真 6-5 のスギ合板型通常仕様タイプのように, 荷重のピークに至るまでに, RS または SH, および, BF が平行して発生するケースが多く見られた。そこで, 本章では, 表 6-2 に示した破壊形態の分類規準に基づいて, 逆対象 4 点荷重方式せん断試験および水平せん断試験の破壊形態をせん断破壊(S), 曲げ破壊(B), 複合破壊(B+S)の3つに分類することとした。

各試験体の破壊形態は図 6-5 に示した通りとなった。逆対称試験において, ヒノキではすべての試験体がせん断破壊で破壊し, カラマツでは LVL 型は半数が曲げ破壊・複合破壊で破壊したものの, それ以外はせん断破壊, もしくは複合破壊で破壊しており, この 2 樹種については逆対称試験により基準となるせん断強度を得ることができると考えられる。スギでは仕様により結果が異なっており, 通常型の多くの仕様で曲げ破壊が発生しており, 今回の  $a=s=3h$  という条件の逆対称試験では基準となるせん断強度を求めることは困難であることが示唆される結果となっている。



写真 6-3 ① 接着層のせん断破壊(以下, 「SH」と呼ぶ) ※ 写真はヒノキ LVL 型



写真 6-4 ② 単板裏割れのローリングシアによる破壊(以下, 「RS」と呼ぶ) ※ 写真はヒノキ B 種 LVL 型



写真 6-5 ③ 引張側の曲げ破壊(以下, 「BF」と呼ぶ) ※ 写真はスギ合板型通常仕様型

表 6-2 破壊形態の分類規準 (※)

破壊形態	ケース
せん断破壊 (S)	1. BF が発生せず, SH もしくは RS が発生し荷重のピークを迎えた 2. SH もしくは RS が発生して荷重のピークを迎えた後 BF が発生した場合 3. BF と SH もしくは RS が発生し, BF が破壊荷重に影響していないと判断される場合 (BF が初期に発生した軽微なものである場合 / RS による破壊が進行し, 荷重がほぼ横ばい~微増状態で BF が発生した場合)
曲げ破壊 (B)	4. 視認できる SH もしくは RS が発生せず, BF が発生し荷重のピークを迎えた場合 5. 比較的后期の段階で BF が発生し, BS が破壊荷重に影響したと判断される場合 (BF が発生して荷重低下が起こった後, RS が進行して BF 発生時の荷重を超え荷重のピークを迎えた場合 / BF が発生

	して荷重低下が起こった後 RS が進行したが BF 発生時の荷重を超えなかった場合)
複合破壊 (B+S)	6. 5 以外のケース以外で、BF および SH もしくは RS がほぼ同時に発生して荷重のピークを迎えた場合

※ 令和 3 年度事業報告書 P. 46 の表 7-2 の記述内容を整理して再掲載

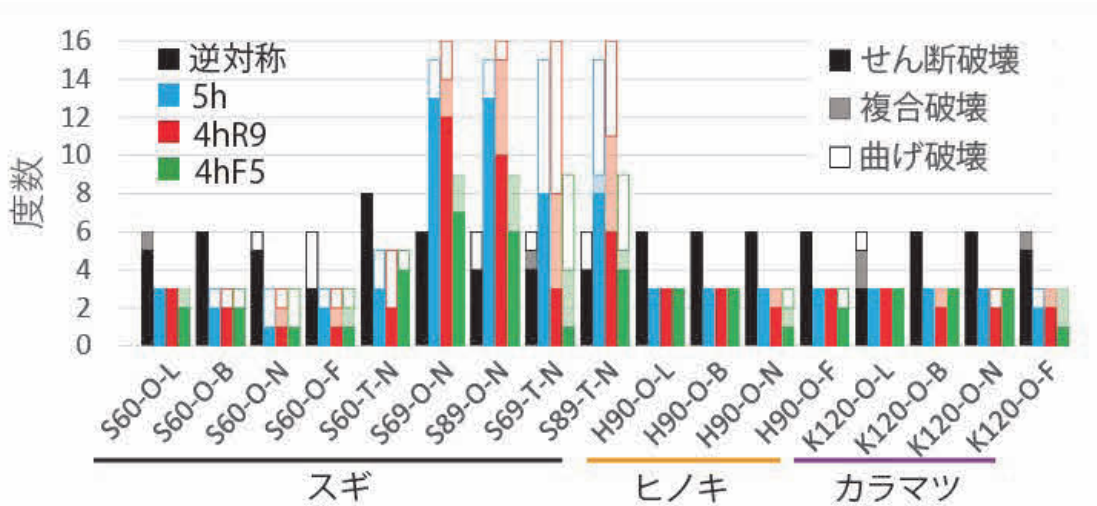


図 6-5 各試験体の破壊形態

### 6. 2. 3. 2 逆対称試験と各水平せん断試験で得られたせん断強度の比較

図 6-6 に各試験体のせん断強度の平均値および標準偏差を図示した。水平せん断試験で得られたせん断強度は、ほとんど全ての供試体仕様で  $5h < 4hR9 < 4hF5$  の順番になっていることがわかる。逆対称試験で得られたせん断強度と水平せん断試験で得られたせん断強度の関係は試験体仕様により異なっておりよくわからない。そこで、各仕様の逆対称試験より得られたせん断強度の平均値を横軸、同仕様の水平せん断試験により得られたせん断強度の平均値を縦軸にプロットした散布図を作成した (図 6-7)。図中に示した直線は、それぞれの水平せん断試験で得られたせん断強度の切片を 0 とする回帰直線を示す。回帰結果を見ると、5h は逆対称よりもややせん断強度が低くなり、4h はややせん断強度が高くなる傾向が認められる。また、4hR9 と 4hF5 の間にはほとんど差は認められない。なおこの回帰結果は、LVL 型試験体のせん断強度が他の仕様よりも飛び抜けて大きく、その影響に依存している恐れがあるので、LVL 型、B 種 LVLL 型仕様を除く合板型・合板 40% 型の試験結果に基づく散布図を作成し、切片を 0 とする回帰分析を合わせて行った (図 6-8)。その結果、4hR9 が逆対称よりもややせん断強度が小さいという結果となったが、全仕様の回帰結果とほぼ同様の結果が得られた。逆対称試験のせん断強度と最も近い結果が得られた 4hR9 との間で平均値の差の検定を行った結果 (※)、有意差が認められたのは S60-0-F, K120-0-B, K120-0-F の 3 仕様のみであり、この 2 つの試験法ではほぼ同じせん断強度を得ることができると言うことができる。

※ 付録 12. 1. 3 「60mm 超厚合板せん断試験結果」に掲載

各試験法で生じた通常合板型試験体のせん断破壊の破壊性状の代表例を写真 6-6 に示す。いずれの試験法でも支点の支持板・加力点の加力板端部で大きなめり込みが生じ曲げ変形と  
は言いがたい形で変形し、視認できるローリングシアは加力板のめり込み端部から支持板端  
部の間の区間で発生し、加力板のめり込みが生じている区間ではローリングシアを視認する  
ことができない。この、ローリングシアが視認できる区間の長さは、水平せん断試験では  $4hF5 < 4hR9 < 5h$  の  
順番になっており、この区間の長さが水平せん断強度の大きさに影響している  
(区間の長さが短いほど得られるせん断強度が大きくなる) と考えられる。

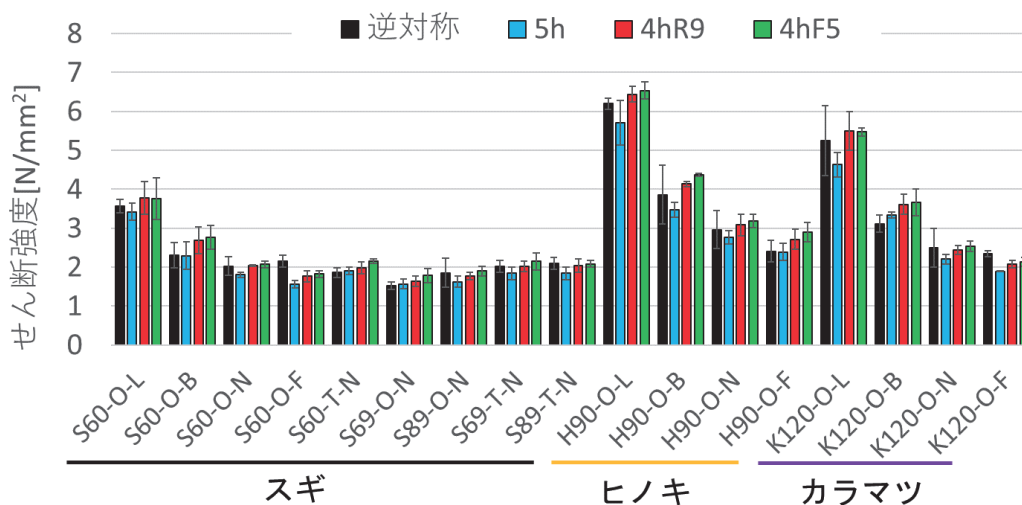


図 6-6 各試験体のせん断強度の平均値

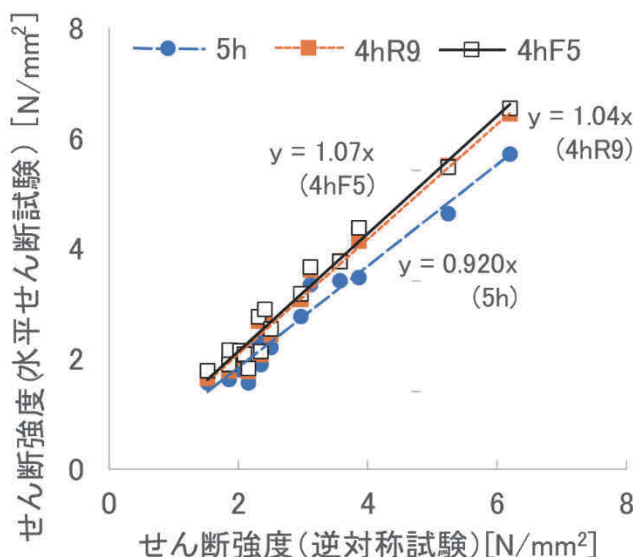


図 6-7 逆対称試験で得られたせん断強度と水平せん断試験で得られたせん断強度の関係  
※ 図中の直線および回帰式は、厚さ 60mm 試験体の結果に対して y 切片 0 の最小二乗法で求めたもの

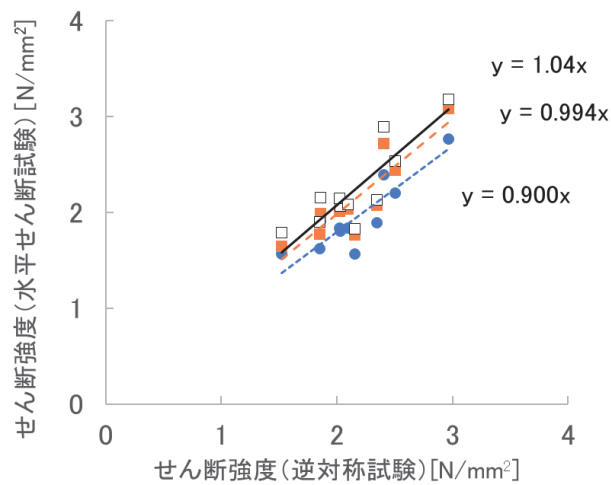


図 6-8 LVL 型, B 種 LVL 型の試験体を除いた仕様の逆対称試験で得られたせん断強度と水平せん断試験で得られたせん断強度の関係

※ 図中の直線および回帰式は, 厚さ 60mm 試験体の結果に対して y 切片 0 の最小二乗法で求めたもの



(逆対称)



(5h)



(4hR9)



(4hF5)

写真 6-6 各試験法で生じた通常合板型試験体のせん断破壊の破壊性状の代表例(いずれも樹種はヒノキ, 層構成は合板型)

### 6.3 厚さ 120mm, 100mm 合板のせん断試験

#### 6.3.1 供試体

厚さ 120mm および厚さ 100mm 合板については、表 6-3 に示した 4 種類の仕様の供試体に対して試験を行った。

表 6-3 厚さ 100mm, 120mm 供試体の仕様

供試体記号	樹種	単板選別基準(tf/cm <sup>2</sup> )	積層方法	構成比率	厚さ	試作年度
D1-120	スギ	60 以上	ワンショット	LVL型	120mm	今年度
D2-120				B種LVL型		
D3-120				合板型通常仕様	100mm	
D3-100						

#### 6.3.2 試験方法

図 6-9 に厚さ 100mm 試験体の逆対称試験の概要を、図 6-10 に厚さ 120mm 試験体の逆対称試験の概要を、図 6-11 に厚さ 100mm 試験体の水平せん断試験の概要を、図 6-12 に厚さ 120mm 試験体の水平せん断試験の概要を示す。逆対称試験はせん断スパン(S) = 3h (h は試験体の厚さ)・スパン(a+S) = 6h, の条件で行った。水平せん断試験は LVL の日本農林規格に準拠した条件 (スパン 4h, 厚さ 100mm 試験体は加力板曲率半径 150mm (以後「4hR15」と呼ぶ), 厚さ 120mm 試験体は加力板曲率半径 180mm (以後「4hR18」と呼ぶ)) で行った。試験体数は、逆対称試験で各仕様 2 体ずつ、水平せん断試験で 4 体ずつであった。試験はミネベア製 AL100kN (最大荷重 100kN) を用い、変位速度 2mm/min で試験体が破壊して荷重が最大荷重を超えない状態に低下するまで行い、その最大荷重を求め、逆対称試験については式(6-1)により、水平せん断試験については式(6-2)によりせん断強度を求めた。併せて目視により破壊過程の観察を行い、表 6-2 に示した規準に基づき破壊形態の分類を行った。試験終了後、試験体端部から含水率測定用試片を切り出し、含水率測定を行った。

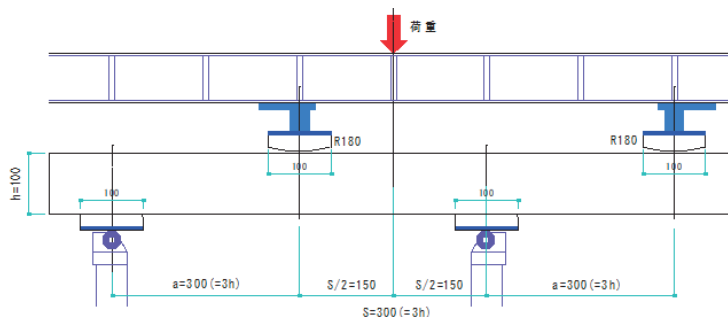


図 6-9 厚さ 100mm 試験体の逆対象 4 点荷重方式せん断試験の概要 (S=a=300mm)

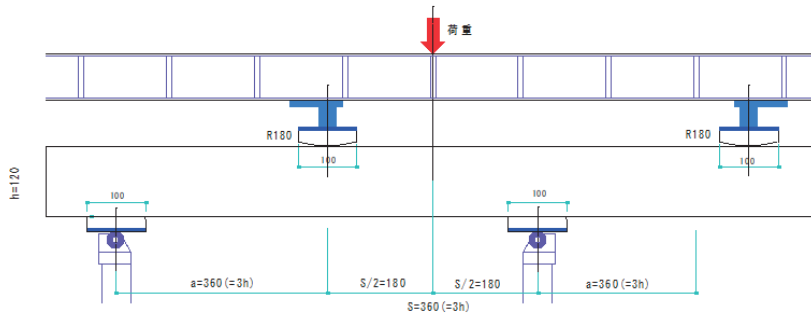


図 6-10 厚さ 120mm 試験体の逆対象 4 点荷重方式せん断試験の概要 (S=a=360mm)

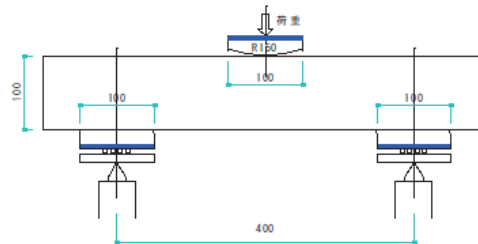


図 6-11 厚さ 100mm 試験体の水平せん断試験の概要 (4hR15: スパン 400mm(=4h), 支点幅 100mm 平板, 加力点 R150mm 曲板)

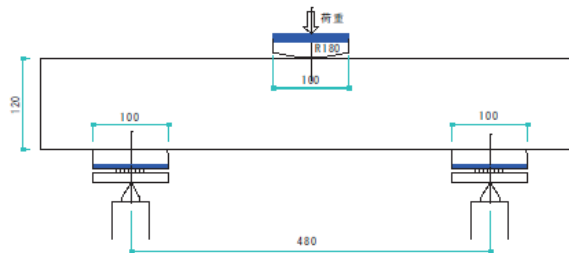


図 6-12 厚さ 120mm 試験体の水平せん断試験の概要 (4hR18: スパン 480mm(=4h), 支点幅 100mm 平板, 加力点 R180mm 曲板)

### 6.3.3 試験結果

せん断試験の結果は表 6-4 に示した通りとなった。

破壊形態については、逆対称試験では通常合板型 (D3-120) で 1 体曲げ破壊が生じていたが、それ以外はせん断破壊で破壊した。水平せん断試験では、どのタイプでも曲げ破壊が多数生じ 60mm 合板と同様の結果となっている。

せん断強度については、試験体数が少なく評価が困難であるため、6.2.3.2 節で作成した 60mm 試験体の逆対称試験で得られたせん断強度を横軸に、4hR9 試験で得られたせん断強度を縦軸にプロットし、y 切片を 0 とする回帰直線を引いたグラフ上に厚さ 100mm, 120mm 超厚合板の結果を重ね書きしたグラフ (図 6-13) を作成し評価を行うことにした。グラフを見ると、厚さ 100mm, 120mm 超厚合板のプロットは 60mm 合板の結果から得られた回帰直線とほぼ重なっており、60mm 合板と同様の結果が得られたことがわかる。

表 6-4 厚さ 100mm, 120mm 超厚合板のせん断試験結果

	逆対称試験					水平せん断試験(4hR15/4hR18)				
	n	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\tau$ N/mm <sup>2</sup>	MC %	FS	n	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\tau$ N/mm <sup>2</sup>	MC %	FS
D1-120	2	413.8	3.09	10.0	2/0/0	4	415.0	3.39	10.8	1/1/2
							0.7	0.087	0.53	
D2-120	2	429.3	1.71	10.5	2/0/0	4	426.4	2.04	10.8	1/0/3
							8.6	0.069	0.24	
D3-120	2	439.7	1.87	10.2	1/0/1	4	440.4	1.70	10.4	2/0/2
							2.1	0.082	0.24	
D3-100	2	415.7	1.73	10.5	2/0/0	4	435.3	1.74	10.6	2/1/1
							9.3	0.082	0.07	

n:試験体数,  $\rho$ :密度[kg/m<sup>3</sup>],  $\tau$ :せん断強度[N/mm<sup>2</sup>], MC:含水率[%], FS:破壊形態,  
 $\rho$ ,  $\tau$ , MC の欄の 1 行目は平均値を 2 行目は標準偏差を示す

※ FS の欄の数値は, 前から順番に S (せん断破壊) /B+S (せん断と曲げの複合破壊)  
 /B (曲げ破壊) の数を示す

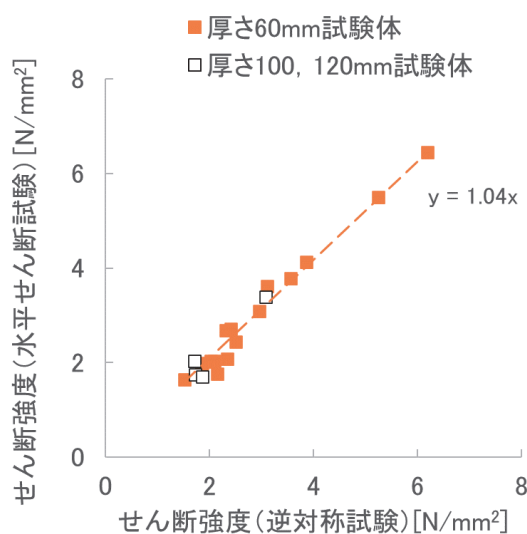


図 6-13 逆対称試験で得られたせん断強度と水平せん断試験で得られたせん断強度の関係

※図中の直線および回帰式は, 厚さ 60mm 試験体の 4hR9 試験の結果に対して y 切片 0 の最小二乗法で求めたもの



#### 6.4 まとめ

今年度の検討の結果、超厚合板の水平せん断試験条件としては、単板積層材の日本農林規格に準拠した試験条件（スパン 4h、加力点の曲率半径 1.5h）が最適な試験条件であるという結果が得られた。と言っても、スパン 4h で加力点に平板を用いた試験法、CLT 規格に準拠した試験法でもほとんど得られるせん断強度に差はないので、利便性を考えると、加力点には平板を用いる試験法を採用しても大きな問題はないと思われる。ただし、加力点の加圧板の幅が広くなりすぎるとせん断強度に影響する可能性があるため、幅を梁背（厚さ）と同寸法程度以下にするといった制限を設ける必要はあると思われる。

なお、以上の結果は、主に試験体数が 3 体のみの厚さ 60mm の超厚合板の水平せん断試験から得られた結果に基づくものであり、限定的なものに過ぎない。したがって、さらに追加の検証を行っていく必要がある。また、スギについては、逆対象 4 点荷重方式せん断試験でも曲げ破壊が比較的多く発生しており、基準となる「正しい」せん断強度を得るための試験法についてもさらに検討する必要があると認められる。

## 7. 接着性能

### 7.1 はじめに

従来の合板よりも、単板を多層にわたって直交積層・接着して製造する超厚合板において、その積層接着工程を適切に管理することは、安定した性能を持つ製品を生産する上で重要な因子となる。そのため、超厚合板の接着の程度や接着性能を評価するための手法の確立や、判定基準の策定に向けた基礎的なデータ収集に取り組む必要がある。

接着の程度や接着性能の評価方法を確立する方策は二つに大別できると考えられる。一つは、既存の木質材料の材料規格における評価方法が超厚合板に適用可能であるかを検証することである。この場合、他の木質材料ではあるが、試験装置や試験手順についての実験的・経験的な知見が多いことが利点であるが、超厚合板に適した評価方法であるかを検証するには、想定される製品仕様についてある程度網羅的に実証する必要がある。もう一方は、新たな評価方法を構築することである。この場合、超厚合板に最適な評価方法が確立できる可能性がある一方で、評価の妥当性のみならず再現性や簡便性も併せて検証する必要がある。

そこで本事業では、上述の前者の方針で超厚合板の接着性能の評価を行うこととした。層構成、単板樹種、試験体厚さ及び接着方法が異なる試作超厚合板の接着性能について、同じく単板をエレメントとし比較的厚い製品を有する単板積層材に対する接着性能評価方法を用いて、接着性能の把握と当該評価方法の適用性の検証を進めた。

### 7.2 超厚合板の接着性能評価に関する考察

超厚合板の接着性能の評価に適した手法を検討するために、他の材料規格の評価方法を参照した。比較対象として、エレメントやその構成が類似した材料を採り上げることとし、超厚合板と同様に構造用を企図し大断面・大面積を有する直交集成板、単板をエレメントとする単板積層材及び合板を選定した。表 7-1 に直交集成板、単板積層材及び合板の日本農林規格（JAS 規格）における接着性能に関する試験方法の比較を示す。直交集成板及び単板積層材においては、いわゆる接着剝離試験が規定されている。これは厚さをそのままとした 75mm×75mm の試験片を用いて、促進劣化処理（浸せき、煮沸、減圧加圧）を行った後の各接着層の剝離を測定し剝離率を求めるものである。目視による判定のため、接着層が多層となる場合に時間を必要とする可能性があるが、大断面を有する材料においても試験片の加工が比較的容易である。同じく直交集成板及び単板積層材に規定されるブロックせん断試験は、接着強さを判定するものであり、超厚合板においても二次接着層の判定には有用であると考えられる。合板において規定されている、いわゆる引張せん断試験は、促進劣化処理を行った後に接着強さを測定する試験である。接着剝離と接着強さの両方を判定できるものの、個々の接着層を対象とすることと試験片形状がやや複雑であり加工に手間を要することから、多層の接着層である超厚合板に対して、そのまま適用するには難しいと考えられる。試験方法がそれぞれ特徴を有することは当然であるが、材料規格に定められる手法は、エレメントの大きさや製造方法、想定される用途や使用環境、工程管理のしやすさと深く関連している。超厚合板の接着性能評価には、上述した既存の評価方法をそのまま適用することも想定されるが、製造上の課題について同時に検証しながら確立していく必要があると考えられる。

また、木質材料の接着性能の評価方法は、当該材料に負荷する水分と熱の組み合わせの条件（常態、吸水、煮沸、乾燥等）と、負荷した後に接着性能を判定する項目、すなわちどのくらい剥がれるか（剥離）またはどの程度の接着力があるか（接着強さ）を大きな因子として構成されている。評価方法を新たに検討する上では、どのような環境条件でどの接着性能を見るのが適しているか、という観点で、評価手法を検討することも重要であると考えられる。なお、本章の内容については、超厚合板の接着性能評価方法の議論に重要であるため、昨年度報告書を部分的に再掲した。

表 7-1 直交集成板、単板積層材及び合板の JAS 規格における接着性能に関する試験方法の比較

材料	JAS 規格における接着性能評価（構造用）		JAS 規格上の分類	接着剤の種類
	主な評価項目（概要）	特徴		
CLT*	接着剥離試験（CLT, LVL） ブロックせん断試験（CLT, LVL 二次接着） 水平せん断試験（LVL）	剥離試験片は加工が比較的容易。CLT ブロックせん断は木部破断率のみの評価。	使用環境（A, B, C）	規定あり
LVL*				
合板	引張りせん断試験（各接着層のせん断強さ、木部破断率）	試験片 1 種類でせん断強さ・木破率両方測定可。接着層数が多いと実施困難。	類別（特類, 1 類）	規定なし

\*本表では便宜的に直交集成板を CLT、単板積層材を LVL と表す。

### 7.3 超厚合板の接着性能の実証試験

#### 7.3.1 試験の概要

本事業では、超厚合板の接着性能に影響を及ぼしうる因子として、層構成、単板樹種、試験体厚さ及び接着方法（ワンショット及び二次接着）を抽出して評価対象とした。超厚合板試験体の試作においては、できるだけ他の製造因子等の影響を防ぐため、対象因子以外の製造条件等は揃えて製造を行った。接着性能の評価方法として、前述の 7.2 章で行った試験方法の比較検討の中から、単板積層材の JAS 規格において接着の程度の判定に用いられる接着剥離試験を選定した。また将来的に接着性能の判定基準を設定することを想定して、当該試験による剥離の状況や剥離率についてデータを整理した。

#### 7.3.2 試験方法

単板積層材の JAS 規格における剥離試験（煮沸処理及び減圧加圧処理。処理条件は JAS 規格の通り。いずれも 2 回繰り返す。）を行った。試験片のサイズは 75mm×75mm×厚さとした。本事業で試作した超厚合板の原板 1 枚から、約 600mm×約 200mm×厚さの試験体を 3 体採取し、それぞれ 2 片ずつの試験片を採取した。試験体 1 仕様について、各処理とも試験片数は 6 片とした。図 7-1 に接着性能試験の様子として、接着剥離試験片、減圧加圧処理装置、煮沸処理の様子及び煮沸処理後の浸せき処理の様子を示す。各処理の繰り返し終了時に接着層全層に生じた剥離長さを測定し、対象とする接着層長さに対する剥離率を算出した。なお評価に当たっては、試験片全体（4 側面）における剥離率と同一接着層にお

ける剥離率の両方を用いた。いずれの試験についても、(公財)日本合板検査会の協力の下で実施した。



図 7-1 接着剥離試験片 (左上)、減圧加圧処理装置 (右上)、煮沸処理の様子 (左下)、煮沸処理後の浸せき処理の様子 (右下)

### 7.3.3 層構成及び単板樹種が接着性能に及ぼす影響

#### 7.3.3.1 試験体の仕様

超厚合板の層構成が接着性能に及ぼす影響を評価するため、4水準の層構成を設定した(表 7-2)。LVL 型(全層 0° 方向単板)は、全層が単板繊維方向を平行して積層接着したものである(平行層率:100%、単板厚さ:3.20mm)。B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)は、全 19 層のうち、3、6、10、14、17 層が直交積層したものである(平行層率:73.7%、単板厚さ:平行層直交層とも 3.20mm)。合板型(通常仕様)は、通常の合板のように単板を直交積層したものである(平行層率 51.1%、単板厚さ:平行層 3.10mm、直交層 3.30mm)。合板型(構成比率 40%程度)は、通常の合板のように単板を直交積層したものであるが、平行層と直交層の単板厚さが大きく異なるものである(平行層率;36.7%、単板厚さ:平行層 2.00mm、直交層 3.80mm)。なお、いずれの試験体の製造においても、接着方法はワンショット型とした。

表 7-2 試験体仕様（層構成及び単板樹種の影響評価）

単板樹種	単板ヤング係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	単板構成・比率	平行層率 (%)	プライ数	目標厚さ (mm)
スギ	60 以上	LVL 型（全層 0° 方向単板）	100	19	60
		B 種 LVL 型（構成比率 70%以上）	73.7	19	
		合板型（通常仕様）	51.1	19	
		合板型（構成比率 40%程度）	36.7	21	
ヒノキ	90 以上	LVL 型（全層 0° 方向単板）	100	19	60
		B 種 LVL 型（構成比率 70%以上）	73.7	19	
		合板型（通常仕様）	51.1	19	
		合板型（構成比率 40%程度）	36.7	21	
カラマツ	120 以上	LVL 型（全層 0° 方向単板）	100	19	60
		B 種 LVL 型（構成比率 70%以上）	73.7	19	
		合板型（通常仕様）	51.1	19	
		合板型（構成比率 40%程度）	36.7	21	

### 7.3.3.2 層構成及び単板樹種が接着剥離に及ぼす影響

表 7-2 の試験体について、7.3.2 の試験を実施し、各処理における剥離率で接着性能を評価した。試験片全体の剥離率について、表 7-3 に煮沸剥離試験の結果、表 7-4 に減圧加圧剥離試験の結果をそれぞれ示す。いずれも 1 回繰返し終了後と 2 回繰返し終了後の剥離率を示す。どちらの試験方法においても、試験片全体の剥離率は 1 回目繰返し終了時に対して 2 回目終了時には変化無しもしくは微増する傾向がみられた。しかしながら、剥離率自体は低い数値であり一概には言えないものの、超厚合板の接着性能評価において煮沸等処理を繰返すことの効果はあることが示唆された。同単板樹種において、層構成の影響について 2 回繰返し終了時で比較すると、両試験方法において B 種 LVL 型の剥離率が平均値、最大値ともに同単板樹種の他の層構成よりも高い傾向がみられた。したがって、本事業の範囲では、いずれの単板樹種においても、例えば平行層率の増減に伴って試験片全体の剥離率が増減するような傾向は確認されなかった。B 種 LVL 型で剥離率がやや高かった原因は明らかでは無いが、平行層率のみならずその配置のバランスが剥離に影響している可能性が考えられる。また、単板樹種で比較すると、カラマツの剥離率が他樹種の同じ層構成と比較してやや高い傾向がみられた。これは昨年度までの事業等で得られた結果と同様であり、本事業では樹種に依らず同じ製造条件を設定したが、カラマツを用いた超厚合板の製造においては、スギ・ヒノキとは異なる製造条件の設定が必要であると考えられる。これらの結果より、今回と同様の評価方法を用いる場合にその判定基準を設定しなければならないが、多様な層構成や使用樹種が想定される超厚合板に対しては今後更なる検証が必要と考えられる。

表 7-3 煮沸剥離試験による層構成の異なる超厚合板の試験片全体の剥離率

単板樹種	単板構成・比率	プライ数	平行層率 (%)	平均密度 (kg/m <sup>3</sup> )	試験片全体の剥離率 (%)※			
					1回繰り返し		2回繰り返し	
					平均	最大	平均	最大
スギ	LVL 型(全層 0° 方向単板)	19	100	410.4	0.0	0.0	0.1	0.4
	B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)	19	73.7	435.7	0.5	2.5	0.7	2.8
	合板型(通常仕様)	19	51.1	439.4	0.1	0.3	0.1	0.8
	合板型(構成比率 40%程度)	21	36.7	427.2	0.0	0.0	0.0	0.0
ヒノキ	LVL 型(全層 0° 方向単板)	19	100	499.5	0.2	0.7	0.2	0.9
	B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)	19	73.7	496.3	0.0	0.0	0.4	1.9
	合板型(通常仕様)	19	51.1	499.0	0.1	0.4	0.1	0.7
	合板型(構成比率 40%程度)	21	36.7	504.1	0.2	0.9	0.4	1.6
カラマツ	LVL 型(全層 0° 方向単板)	19	100	591.4	0.0	0.1	0.1	0.4
	B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)	19	73.7	604.1	0.5	2.4	1.0	4.1
	合板型(通常仕様)	19	51.1	589.4	0.4	2.4	1.0	4.0
	合板型(構成比率 40%程度)	21	36.7	585.1	0.1	0.3	0.4	1.2

※試験片数はいずれも n=6。剥離率は平均値。

表 7-4 減圧加圧剥離試験による層構成の異なる超厚合板の試験片全体の剥離率

単板樹種	単板構成・比率	プライ数	平行層率 (%)	平均密度 (kg/m <sup>3</sup> )	試験片全体の剥離率 (%)※			
					1回繰り返し		2回繰り返し	
					平均	最大	平均	最大
スギ	LVL 型(全層 0° 方向単板)	19	100	413.5	0.1	0.7	0.1	0.7
	B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)	19	73.7	433.0	0.3	1.5	0.3	1.5
	合板型(通常仕様)	19	51.1	445.6	0.0	0.1	0.1	0.3
	合板型(構成比率 40%程度)	21	36.7	424.4	0.0	0.0	0.0	0.0
ヒノキ	LVL 型(全層 0° 方向単板)	19	100	500.6	0.1	0.8	0.2	0.8
	B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)	19	73.7	501.7	0.0	0.0	0.0	0.3
	合板型(通常仕様)	19	51.1	512.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	合板型(構成比率 40%程度)	21	36.7	507.1	0.0	0.3	0.1	0.5
カラマツ	LVL 型(全層 0° 方向単板)	19	100	591.6	0.0	0.0	0.1	0.5
	B 種 LVL 型(構成比率 70%以上)	19	73.7	603.0	0.6	2.5	1.0	3.7
	合板型(通常仕様)	19	51.1	592.0	0.1	0.4	0.4	1.7
	合板型(構成比率 40%程度)	21	36.7	584.1	0.1	0.3	0.2	0.4

※試験片数はいずれも n=6。剥離率は平均値。

次に、同一接着層における剥離について、表 7-5 に煮沸剥離試験の結果、表 7-6 に減圧加圧剥離試験の結果をそれぞれ示す。いずれも 1 回繰り返し終了後と 2 回繰り返し終了後について、剥離率 25%を超えた接着層数と試験片数及び最大剥離率を示す。単板積層材の JAS 規格では、同一接着層の剥離率の判定基準は「同一接着層における剥離の長さがそれぞれの側面において当該接着層の長さの 1/4 以下であること。」と規定されているが、本稿ではこれと同義である「25%超」で便宜的に表現するとともに、超厚合板に対する判定の目安とした。どちらの試験方法においても、同一接着層の剥離については、1 回目繰り返し終了時に測定された剥離長さが 2 回目終了時にさらに増大する、もしくは 2 回目終了時に新たな剥離が測定される傾向がみられ、処理の繰り返しの効果があると考えられる。2 回目終了時で剥離の状況を比較すると、B 種 LVL 型では、減圧加圧試験のヒノキを除いて各仕様いずれも試験片全 6 片中、少なくとも 2 片は剥離率 25%超であり、前述の試験片全体の剥離率も高かったことを裏付ける結果と考えられる。また、試験片全体の剥離率と同様に、いずれの単板樹種においても、例えば平行層率の増減に伴なって増減するような同一接着層の剥離の傾向は確認されなかった。しかしながら、単純に平行積層 (LVL 型) と直交積層 (合板型 (通常使用)) を比較すると、スギ及びヒノキの 2 回目終了時では、剥離率 25%超の試験片数や最大剥離率は、直交積層である合板型 (通常使用) の方が小さい結果となっている。水分による単板の膨潤収縮によって接着層付近に生じる応力は、直交積層の方が平行積層よりも高く、結果として接着剥離にも影響を及ぼすことが考えられる。この原理の下、直交集成板の JAS 規格では、剥離率の判定基準は集成材のそれと比較して高い値が設定されている。しかしながら、今回はそのような想定とは異なる結果であった。今回の結果が、例えば単板の裏割れの存在などに基づく超厚合板の本質的な性質であるのか、あるいは他の要因の影響があるのかを見極めるには、今後さらに実証していく必要があると考えられる。一方、単板樹種の影響について、カラマツの同一接着層の剥離が多く、実際は 25%を超えない剥離も他の樹種よりも多くみられた。前述の通り、全層カラマツの超厚合板の製造に際しては、接着条件を検討していく必要があると考えられる。

表 7-5 煮沸剥離試験による層構成の異なる超厚合板の同一接着層における剥離

単板樹種	構成比率	プライ数	平行層率 (%)	同一接着層における剥離 <sup>※1</sup>					
				1回繰り返し			2回繰り返し		
				剥離率 25%超 <sup>※2</sup>		最大剥離率 (%)	剥離率 25%超		最大剥離率 (%)
				接着層数	試験片数		接着層数	試験片数	
スギ	LVL型	19	100	0	0	0.0	0	0	22.7
	B種LVL型	19	73.7	2	2	100.0	3	2	100.0
	合板型(通常仕様)	19	51.1	0	0	12.0	0	0	13.3
	合板型(構成比率40%程度)	21	36.7	0	0	0.0	0	0	0.0
ヒノキ	LVL型	19	100	2	2	33.3	2	2	50.7
	B種LVL型	19	73.7	0	0	0.0	3	2	52.0
	合板型(通常仕様)	19	51.1	0	0	20.0	0	0	24.0
	合板型(構成比率40%程度)	21	36.7	1	1	57.3	3	3	62.7
カラマツ	LVL型	19	100	0	0	5.3	0	0	13.3
	B種LVL型	19	73.7	3	2	73.3	7	2	85.3
	合板型(通常仕様)	19	51.1	3	2	53.3	6	3	62.7
	合板型(構成比率40%程度)	21	36.7	0	0	17.3	3	3	68.0

※1：試験片数はいずれも n=6。

※2：単板積層材の JAS 規格では「同一接着層における剥離の長さがそれぞれの側面において当該接着層の長さの 1/4 以下であること。」と規定されている。ここでは便宜的に 25%超と表記した。

表 7-6 減圧加圧剥離試験による層構成の異なる超厚合板の同一接着層における剥離

単板樹種	構成比率	プライ数	平行層率 (%)	同一接着層における剥離 <sup>※1</sup>					
				1回繰り返し			2回繰り返し		
				剥離率 25%超 <sup>※2</sup>		最大剥離率 (%)	剥離率 25%超		最大剥離率 (%)
				接着層数	試験片数		接着層数	試験片数	
スギ	LVL型	19	100	0	0	24.0	0	0	24.0
	B種LVL型	19	73.7	2	1	34.7	3	2	34.7
	合板型(通常仕様)	19	51.1	0	0	9.3	0	0	9.3
	合板型(構成比率40%程度)	21	36.7	0	0	0.0	0	0	0.0
ヒノキ	LVL型	19	100	1	1	41.3	1	1	46.7
	B種LVL型	19	73.7	0	0	0.0	0	0	12.0
	合板型(通常仕様)	19	51.1	0	0	0.0	0	0	0.0
	合板型(構成比率40%程度)	21	36.7	0	0	14.7	1	1	30.7
カラマツ	LVL型	19	100	0	0	0.0	1	1	30.7
	B種LVL型	19	73.7	4	2	82.7	5	2	94.7
	合板型(通常仕様)	19	51.1	0	0	21.3	2	2	70.7
	合板型(構成比率40%程度)	21	36.7	0	0	13.3	0	3	21.3

※1、※2：表 7-5 と同じ。



### 7.3.4 試験体厚さ及び接着方法が接着性能に及ぼす影響

#### 7.3.4.1 試験体の仕様

超厚合板の試験体厚さ及び接着方法が接着性能に及ぼす影響を評価するため、厚さについては5水準、接着方法については2水準（ワンショット、二次接着）を設定した（表7-7）。

表 7-7 試験体仕様（試験体厚さ及び接着方法の影響評価）

単板樹種	単板ヤング係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	厚さ (mm)	プライ数	接着方法
スギ	60 以上	144	45	ワンショット
				2次接着
		96	29	ワンショット
		72	23	ワンショット
		60	19	ワンショット
			18	2次接着
48	15	ワンショット		

#### 7.3.4.2 試験体厚さ及び接着方法が接着剥離に及ぼす影響

表 7-7 の試験体について、7.3.2 の試験を実施し、各処理における剥離率で接着性能を評価した。試験片全体の剥離率について、表 7-8 に煮沸剥離試験の結果、表 7-9 に減圧加圧剥離試験の結果をそれぞれ示す。いずれも1回繰り返し終了後と2回繰り返し終了後の剥離率を示す。1回目繰り返し終了時と2回目終了時を比較すると、当該試験体の試験片全体の剥離率が非常に小さい値であったため、厚さ72mmで煮沸処理の繰り返しによって剥離率が微増した以外は、ほぼ同程度の剥離率となった。また同じ理由により、試験体厚さや接着方法が試験片全体の剥離率に及ぼす影響は確認されなかった。

表 7-8 煮沸剥離試験による試験体厚さ及び接着方法の異なる超厚合板の試験片全体の剥離率

単板樹種	単板ヤング係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	厚さ (mm)	プライ数	接着方法	平均密度 (kg/m <sup>3</sup> )	試験片全体の剥離率 (%)			
						1回繰り返し		2回繰り返し	
						平均	最大	平均	最大
スギ	60 以上	144	45	ワンショット	423.6	0.0	0.0	0.0	0.1
				2次接着	433.3	0.1	0.4	0.1	0.4
		96	29	ワンショット	420.3	0.0	0.3	0.0	0.3
		72	23	ワンショット	408.0	0.4	2.0	0.6	3.1
		60	19	ワンショット	415.4	0.0	0.1	0.0	0.1
			18	2次接着	428.1	0.0	0.3	0.1	0.3
48	15	ワンショット	419.2	0.0	0.3	0.1	0.4		

表 7-9 減圧加圧剥離試験による試験体厚さ及び接着方法の異なる超厚合板の試験片全体の剥離率

単板樹種	単板ヤング係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	厚さ (mm)	プライ数	接着方法	平均密度 (kg/m <sup>3</sup> )	試験片全体の剥離率 (%)			
						1回繰り返し		2回繰り返し	
						平均	最大	平均	最大
スギ	60以上	144	45	ワンショット	421.5	0.0	0.1	0.0	0.1
				2次接着	431.1	0.0	0.0	0.0	0.1
		96	29	ワンショット	417.2	0.0	0.3	0.0	0.3
		72	23	ワンショット	404.9	0.1	0.4	0.1	0.4
		60	19	ワンショット	417.5	0.0	0.0	0.0	0.0
				2次接着	429.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		48	15	ワンショット	419.3	0.0	0.0	0.0	0.0

次に、同一接着層における剥離について、表 7-10 に煮沸剥離試験の結果、表 7-11 に減圧加圧剥離試験の結果をそれぞれ示す。いずれも 1 回繰り返し終了後と 2 回繰り返し終了後について、剥離率 25%を超えた接着層数と試験片数及び最大剥離率を示す。煮沸剥離試験では、試験体厚さ 72mm でやや大きな同一接着層の剥離が生じる傾向があり、その結果、剥離率 25%超の試験片がいくつか確認された。しかしながら、他の試験結果を踏まえると、このことをもって試験体厚さの影響を議論するのは妥当とは考えにくく、製造に関する他の因子の影響や潜在的なバラツキの範囲などが原因の可能性も合わせて検討する必要がある。また、接着方法についても、剥離の状況はほぼ同程度であった。今回の試験体厚さ及び接着方法の影響を評価するための試験体仕様については、諸因子の接着性能の影響が顕著には表れなかったことから、いずれも良好な接着が得られていたと考えられる。

表 7-10 煮沸剥離試験による試験体厚さ及び接着方法の異なる超厚合板の同一接着層における剥離

単板樹種	厚さ (mm)	プライ数	接着方法	同一接着層における剥離 <sup>*1</sup>					
				1回繰り返し			2回繰り返し		
				剥離率 25%超 <sup>*2</sup>		最大剥離率 (%)	剥離率 25%超		最大剥離率 (%)
				接着層数	試験片数		接着層数	試験片数	
スギ	144	45	ワンショット	0	0	5.3	0	0	8.0
			2次接着	1	1	45.3	1	1	45.3
	96	29	ワンショット	0	0	22.7	0	0	22.7
	72	23	ワンショット	3	2	56.0	5	2	78.7
	60	19	ワンショット	0	0	9.3	0	0	9.3
			2次接着	0	0	12.0	0	0	14.7
	48	15	ワンショット	0	0	10.7	0	0	10.7

表 7-11 減圧加圧剥離試験による試験体厚さ及び接着方法の異なる超厚合板の  
同一接着層における剥離

単板樹種	厚さ (mm)	プライ 数	接着方法	同一接着層における剥離 <sup>※1</sup>					
				1 回繰り返し			2 回繰り返し		
				剥離率 25%超 <sup>※2</sup>		最大	剥離率 25%超		最大
				接着層 数	試験片 数	剥離率 (%)	接着層 数	試験片 数	剥離率 (%)
スギ	144	45	ワンショット	0	0	9.3	0	0	22.7
			2次接着	0	0	0.0	0	0	13.3
	96	29	ワンショット	0	0	17.3	0	0	17.3
	72	23	ワンショット	0	0	22.7	0	0	22.7
	60	19	ワンショット	0	0	0.0	0	0	0.0
		18	2次接着	0	0	0.0	0	0	0.0
48	15	ワンショット	0	0	0.0	0	0	0.0	

#### 7.4 まとめ

超厚合板の接着性能に関して、本事業では、層構成、単板樹種、試験体厚さ及び接着方法を影響因子として選定して試験体を試作した。超厚合板と同じく単板をエレメントとする単板積層材の JAS 規格の接着性能評価方法を用いて、これら影響因子と接着性能の関係の把握と当該評価方法の超厚合板への適用性の検証を実施した。結果を次に纏める。

層構成の影響に関して、本事業の範囲では平行層率と剥離率について一定の関係はみられなかったが、平行層率だけで無くその配置等の影響があることが示唆された。超厚合板の製品化においては多様な層構成が想定されるため、今後、剥離率など接着性能の判定基準の設定にあたって、更なる検証が必要と考えられる。単板樹種の影響に関して、カラマツを用いた場合は剥離率が高くなる傾向が見られた。実際の製造に当たっては、実証試験を踏まえて樹種に適した製造条件を設定していく必要がある。試験体厚さ及び接着条件の影響については、本事業の範囲では明確な傾向が見られなかった。これは当該試験体において良好な接着が得られていたことによるものと考えられる。

試験成績書

(一般依頼試験)

依頼者：  
日本合板工業組合連合会 殿

発行番号 第 T-23- 151 号

発行年月日 令和 5 年 9 月 21 日


埼玉県草加市谷塚2丁目11番33号

公益財団法人日本合板検査会東京検査所

所長



ご持参の試料について試験を行った結果は、下記のとおりです。

供試品名	<p>超厚合板(試作品)</p> <p>[試料内容]</p> <p>ワンショット： 減圧加圧剝離試験用試験片 102個 煮沸剝離試験用試験片 102個</p> <p>二次接着： 減圧加圧剝離試験用試験片 12個 煮沸剝離試験用試験片 12個</p> <p>試験片の詳細は別添1のとおり。</p>
試料の抽出	日本合板工業組合連合会
受付年月日	令和 5 年 5 月 19 日
試験期間	自： 令和 5 年 9 月 6 日 至： 令和 5 年 9 月 21 日
準拠規格	単板積層材の日本農林規格
試験項目	減圧加圧剝離試験，煮沸剝離試験
試験結果	別添2のとおり。
試験担当	榮澤純二 
備考	<p>1. 訂正箇所には本会の訂正印のないものは無効です。</p> <p>2. 供試品内容及び試料の抽出については依頼者の申告によるものです。</p> <p>3. この結果は材料並びに製品の品質・性能を保証するものではありません。</p> <p>4. この成績書は依頼者宛に発行したものです。</p>



## 別添1

## 試験片の詳細: 減圧加圧剝離試験用試験片

試験片No.	樹種	単板選別基準 (t/m <sup>2</sup> )	構成比率	厚さ (mm)	プライ数	製造	重量 (g)	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )
1A0-101-2	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	343.75	75	75	145.88	418.9
1A0-101-3	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	350.34	75	75	146.37	425.5
1A0-102-2	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	355.51	75	75	146.12	432.5
1A0-102-3	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	344.82	75	75	145.88	420.2
1A0-103-2	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	345.13	75	75	146.09	420.0
1A0-103-3	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	339.41	75	75	146.5	411.9
2A0-101-2	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	357.21	75	75	145.06	437.8
2A0-101-3	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	359.45	75	75	145.13	440.3
2A0-105-2	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	349.78	75	75	145.13	428.5
2A0-105-3	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	345.69	75	75	145.11	423.5
2A0-109-2	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	350.98	75	75	144.96	430.4
2A0-109-3	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	347.63	75	75	145	426.2
B0-101-2	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	152.17	75	75	60.47	447.4
B0-101-3	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	148.18	75	75	60.42	436.0
B0-102-2	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	138.47	75	75	60.05	409.9
B0-102-3	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	137.6	75	75	59.78	409.2
B0-103-2	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	134.63	75	75	60.05	398.6
B0-103-3	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	136.56	75	75	60.09	404.0
2B0-101-2	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	148.16	75	75	60.26	437.1
2B0-101-3	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	148.13	75	75	60.13	438.0
2B0-102-2	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	147.6	75	75	60.02	437.2
2B0-102-3	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	147.82	75	75	60.25	436.2
2B0-103-2	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	142.31	75	75	60.3	419.6
2B0-103-3	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	137.23	75	75	60.11	405.9
C1-101-2	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	239.52	75	75	99.01	430.1
C1-101-3	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	237.29	75	75	99.54	423.8
C1-102-2	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	229.03	75	75	97.8	416.3
C1-102-3	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	226.16	75	75	98.07	410.0
C1-103-2	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	228.79	75	75	98.12	414.5
C1-103-3	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	224.71	75	75	97.81	408.4
C2-101-2	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	166.65	75	75	72.63	407.9
C2-101-3	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	166.04	75	75	72.5	407.1
C2-102-2	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	165.07	75	75	71.99	407.6
C2-102-3	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	162.96	75	75	72.14	401.6
C2-103-2	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	167.75	75	75	72.06	413.9
C2-103-3	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	158.52	75	75	72	391.4
C3-101-2	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	115.03	75	75	48.17	424.5
C3-101-3	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	116.13	75	75	48.29	427.5
C3-102-2	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	112.65	75	75	48.28	414.8
C3-102-3	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	112.35	75	75	48.3	413.5
C3-103-2	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	114.06	75	75	48.42	418.8
C3-103-3	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	113.54	75	75	48.45	416.6
D1-101-2	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	143.93	75	75	61.16	418.4
D1-101-3	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	142.66	75	75	61.1	415.1
D1-102-2	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	137.62	75	75	61.13	400.2
D1-102-3	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	135.02	75	75	61.19	392.3
D1-103-2	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	151.36	75	75	61.12	440.3
D1-103-3	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	142.65	75	75	61.17	414.6
D2-101-2	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	137.9	75	75	60.57	404.7
D2-101-3	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	143.43	75	75	60.47	421.7
D2-102-2	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	151.61	75	75	60.48	445.6
D2-102-3	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	149.5	75	75	60.19	441.6
D2-103-2	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	151.13	75	75	60.73	442.4
D2-103-3	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	151.86	75	75	61.08	442.0
D3-101-2	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	156.1	75	75	60.48	458.8
D3-101-3	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	153.59	75	75	60.49	451.4
D3-102-2	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	153.16	75	75	60.5	450.1
D3-102-3	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	155.75	75	75	60.59	457.0
D3-103-2	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	147.13	75	75	60.56	431.9
D3-103-3	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	144.78	75	75	60.61	424.7
D4-101-2	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	131.78	75	75	59.1	396.4
D4-101-3	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	132.34	75	75	59.02	398.6
D4-102-2	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	146.09	75	75	61.12	424.9
D4-102-3	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	156.45	75	75	61.17	454.7
D4-103-2	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	151.3	75	75	60.68	443.3
D4-103-3	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	147.37	75	75	61.15	428.4

別添1

試験片の詳細:減圧加圧剝離試験用試験片

試験片No.	樹種	単板選別基準 (t/cm <sup>2</sup> )	構成比率	厚さ (mm)	プライ数	製造	重量(g)	長さ (mm)	幅(mm)	厚さ (mm)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )
F1-101-2	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	180.15	75	75	61.79	518.3
F1-101-3	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	179.13	75	75	61.98	513.8
F1-102-2	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	172.49	75	75	62.02	494.4
F1-102-3	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	169.5	75	75	61.98	486.2
F1-103-2	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	171.24	75	75	61.95	491.4
F1-103-3	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	173.85	75	75	61.9	499.3
F2-101-2	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	178.89	75	75	61.98	513.1
F2-101-3	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	175.78	75	75	62.03	503.8
F2-102-2	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	175.96	75	75	62.15	503.3
F2-102-3	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	172.09	75	75	62.23	491.6
F2-103-2	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	175.13	75	75	62.21	500.5
F2-103-3	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	173.99	75	75	62.13	497.9
F3-101-2	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	175.18	75	75	61.98	502.5
F3-101-3	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	170.76	75	75	62.03	489.4
F3-102-2	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	181.53	75	75	62.03	520.3
F3-102-3	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	178.22	75	75	62.22	509.2
F3-103-2	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	189.36	75	75	62.21	541.1
F3-103-3	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	179.84	75	75	62.23	513.8
F4-101-2	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	177.05	75	75	62.19	506.1
F4-101-3	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	174.63	75	75	62.62	495.8
F4-102-2	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	177.35	75	75	62.62	503.5
F4-102-3	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	179.13	75	75	62.67	508.1
F4-103-2	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	181.82	75	75	62.97	513.3
F4-103-3	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	181.66	75	75	62.59	516.0
H1-101-2	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	193.53	75	75	60.62	567.6
H1-101-3	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	195.49	75	75	61.04	569.4
H1-102-2	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	199.96	75	75	61.05	582.3
H1-102-3	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	204.89	75	75	61.04	596.7
H1-103-2	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	211.75	75	75	60.72	620.0
H1-103-3	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	211.01	75	75	61.14	613.6
H2-101-2	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	205.87	75	75	61.3	597.0
H2-101-3	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	209.47	75	75	61.19	608.6
H2-102-2	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	207.56	75	75	61.26	602.3
H2-102-3	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	208.92	75	75	61.01	608.8
H2-103-2	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	207.54	75	75	61.21	602.8
H2-103-3	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	205.85	75	75	61.17	598.3
H3-101-2	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	202.47	75	75	61.1	589.1
H3-101-3	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	201.77	75	75	60.92	588.8
H3-102-2	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	209.3	75	75	61.31	606.9
H3-102-3	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	204.93	75	75	61.17	595.6
H3-103-2	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	204.1	75	75	61.37	591.2
H3-103-3	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	200.14	75	75	61.31	580.3
H4-101-2	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	207.36	75	75	61.36	600.8
H4-101-3	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	203.21	75	75	61.16	590.7
H4-102-2	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	197.4	75	75	61.48	570.8
H4-102-3	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	197.05	75	75	61.08	573.5
H4-103-2	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	201.34	75	75	61.18	585.1
H4-103-3	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	201.35	75	75	61.31	583.8



別添1

試験片の詳細:煮沸剝離試験用試験片

試験片No.	樹種	単板選別基準 (t/cm2)	構成比率	厚さ (mm)	プライ数	製造	重量 (g)	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	密度(kg/m3)
1A0-101-1	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	347.07	75	75	145.97	422.7
1A0-101-4	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	347.14	75	75	146.1	422.4
1A0-102-1	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	351.67	75	75	146.02	428.2
1A0-102-4	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	354.36	75	75	146.3	430.6
1A0-103-1	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	344.25	75	75	146.52	417.7
1A0-103-4	スギ	60以上	通常仕様	144	45	ワンショット	345.35	75	75	146.21	419.9
2A0-101-1	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	362.8	75	75	145.07	444.6
2A0-101-4	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	358.9	75	75	145.01	440.0
2A0-105-1	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	349.51	75	75	145.2	427.9
2A0-105-4	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	349.96	75	75	145.09	428.8
2A0-109-1	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	346.55	75	75	144.99	424.9
2A0-109-4	スギ	60以上	通常仕様	144	45	2次接着	353.52	75	75	144.99	433.5
B0-101-1	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	151.81	75	75	60.48	446.2
B0-101-4	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	149.29	75	75	60.51	438.6
B0-102-1	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	138.65	75	75	59.63	413.4
B0-102-4	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	141.61	75	75	60.02	419.4
B0-103-1	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	131.86	75	75	60.11	390.0
B0-103-4	スギ	60以上	通常仕様	60	19	ワンショット	130.28	75	75	60.18	384.9
2B0-101-1	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	145.03	75	75	60.22	428.1
2B0-101-4	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	146.65	75	75	60.06	434.1
2B0-102-1	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	150.89	75	75	60.2	445.6
2B0-102-4	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	145.68	75	75	60.05	431.3
2B0-103-1	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	141.52	75	75	60.15	418.3
2B0-103-4	スギ	60以上	通常仕様	60	18	2次接着	139.36	75	75	60.26	411.1
C1-101-1	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	250.08	75	75	99.55	446.6
C1-101-4	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	236.02	75	75	99.17	423.1
C1-102-1	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	229.48	75	75	97.78	417.2
C1-102-4	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	223.93	75	75	98.04	406.1
C1-103-1	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	226.37	75	75	97.97	410.8
C1-103-4	スギ	60以上	通常仕様	96	29	ワンショット	230.44	75	75	97.95	418.2
C2-101-1	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	168.62	75	75	72.47	413.6
C2-101-4	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	167.66	75	75	72.59	410.6
C2-102-1	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	166.88	75	75	72.3	410.3
C2-102-4	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	164.26	75	75	72.04	405.4
C2-103-1	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	164.04	75	75	72.12	404.4
C2-103-4	スギ	60以上	通常仕様	72	23	ワンショット	162.56	75	75	71.6	403.6
C3-101-1	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	113.78	75	75	48.11	420.4
C3-101-4	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	115.65	75	75	48.32	425.5
C3-102-1	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	116.4	75	75	48.21	429.2
C3-102-4	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	111.76	75	75	48.37	410.8
C3-103-1	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	114.75	75	75	48.45	421.1
C3-103-4	スギ	60以上	通常仕様	48	15	ワンショット	111.28	75	75	48.46	408.2
D1-101-1	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	144.08	75	75	61.19	418.6
D1-101-4	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	142.42	75	75	61.11	414.3
D1-102-1	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	135.18	75	75	61.21	392.6
D1-102-4	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	135.21	75	75	61.14	393.2
D1-103-1	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	143.28	75	75	61.1	416.9
D1-103-4	スギ	60以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	146.87	75	75	61.16	426.9
D2-101-1	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	141.55	75	75	60.46	416.2
D2-101-4	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	141.92	75	75	60.47	417.2
D2-102-1	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	147.26	75	75	60.05	436.0
D2-102-4	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	152.63	75	75	60.35	449.6
D2-103-1	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	152.56	75	75	60.67	447.0
D2-103-4	スギ	60以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	154.4	75	75	61.23	448.3
D3-101-1	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	155.71	75	75	60.49	457.6
D3-101-4	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	149.51	75	75	60.46	439.6
D3-102-1	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	149.92	75	75	60.53	440.3
D3-102-4	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	151.88	75	75	60.62	445.4
D3-103-1	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	146.59	75	75	60.45	431.1
D3-103-4	スギ	60以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	143.87	75	75	60.53	422.5
D4-101-1	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	133.99	75	75	59.05	403.4
D4-101-4	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	130.68	75	75	59.01	393.7
D4-102-1	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	153.53	75	75	61.05	447.1
D4-102-4	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	154.04	75	75	61.32	446.6
D4-103-1	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	147.52	75	75	60.61	432.7
D4-103-4	スギ	60以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	150.31	75	75	60.74	439.9



別添1

試験片の詳細:煮沸剝離試験用試験片

試験片No.	樹種	単板選別基準 (t/cm2)	構成比率	厚さ (mm)	プライ数	製造	重量 (g)	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	密度(kg/m3)
F1-101-1	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	178.92	75	75	61.81	514.6
F1-101-4	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	176.07	75	75	61.96	505.2
F1-102-1	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	174.81	75	75	61.99	501.3
F1-102-4	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	169.94	75	75	61.99	487.4
F1-103-1	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	172.57	75	75	61.93	495.4
F1-103-4	ヒノキ	90以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	171.82	75	75	61.94	493.2
F2-101-1	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	177.19	75	75	61.99	508.2
F2-101-4	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	175.25	75	75	62.09	501.8
F2-102-1	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	170.94	75	75	62.19	488.7
F2-102-4	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	169.67	75	75	62.17	485.2
F2-103-1	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	173.55	75	75	62.23	495.8
F2-103-4	ヒノキ	90以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	174.11	75	75	62.16	498.0
F3-101-1	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	167.71	75	75	61.9	481.7
F3-101-4	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	174.55	75	75	62.16	499.2
F3-102-1	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	175.76	75	75	62.19	502.4
F3-102-4	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	169.7	75	75	62.03	486.4
F3-103-1	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	178.78	75	75	62.12	511.6
F3-103-4	ヒノキ	90以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	179.51	75	75	62.23	512.8
F4-101-1	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	178.39	75	75	62.43	508.0
F4-101-4	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	177.53	75	75	62.38	505.9
F4-102-1	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	178.73	75	75	62.37	509.4
F4-102-4	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	175.83	75	75	62.71	498.5
F4-103-1	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	177.2	75	75	62.83	501.4
F4-103-4	ヒノキ	90以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	177.16	75	75	62.81	501.4
H1-101-1	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	199.33	75	75	60.77	583.1
H1-101-4	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	193.9	75	75	60.94	565.7
H1-102-1	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	199.4	75	75	61.07	580.5
H1-102-4	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	207.44	75	75	61.09	603.7
H1-103-1	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	212.13	75	75	60.82	620.1
H1-103-4	カラマツ	120以上	LVL型(全層0°方向単板)	60	19	ワンショット	204.58	75	75	61.11	595.2
H2-101-1	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	204.26	75	75	61.24	593.0
H2-101-4	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	213.21	75	75	61.28	618.5
H2-102-1	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	211.51	75	75	61.15	614.9
H2-102-4	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	203.87	75	75	60.93	594.8
H2-103-1	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	207.71	75	75	61.19	603.5
H2-103-4	カラマツ	120以上	B種LVL型(構成比率70%以上)	60	19	ワンショット	206.65	75	75	61.22	600.1
H3-101-1	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	201.93	75	75	60.9	589.5
H3-101-4	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	198.25	75	75	61.08	577.0
H3-102-1	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	202.73	75	75	61.1	589.9
H3-102-4	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	212.39	75	75	61.3	616.0
H3-103-1	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	199.94	75	75	61.16	581.2
H3-103-4	カラマツ	120以上	合板型(通常仕様)	60	19	ワンショット	201.29	75	75	61.41	582.7
H4-101-1	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	207.93	75	75	61.48	601.3
H4-101-4	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	206.9	75	75	61.26	600.4
H4-102-1	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	198.11	75	75	61.19	575.6
H4-102-4	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	200.11	75	75	61.35	579.9
H4-103-1	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	199.02	75	75	61.24	577.7
H4-103-4	カラマツ	120以上	合板型(構成比率40%程度)	60	21	ワンショット	198.54	75	75	61.33	575.5



## 減圧加圧剥離試験(スギ1)

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ	
			合計(mm)	剥離率(%)			合計(mm)	剥離率(%)
1 回 実 施 後	1A0-101-2	0	0	0.0	2B0-102-3	0	0	0.0
	1A0-101-3	7	7	0.1	2B0-103-2	0	0	0.0
	1A0-102-2	0	0	0.0	2B0-103-3	0	0	0.0
	1A0-102-3	0	0	0.0	C1-101-2	13	18	0.2
	1A0-103-2	0	0	0.0	C1-101-3	0	0	0.0
	1A0-103-3	0	0	0.0	C1-102-2	0	0	0.0
	2A0-101-2	0	0	0.0	C1-102-3	0	0	0.0
	2A0-101-3	0	0	0.0	C1-103-2	0	0	0.0
	2A0-105-2	0	0	0.0	C1-103-3	0	0	0.0
	2A0-105-3	0	0	0.0	C2-101-2	0	0	0.0
	2A0-109-2	0	0	0.0	C2-101-3	0	0	0.0
	2A0-109-3	0	0	0.0	C2-102-2	0	0	0.0
	B0-101-2	0	0	0.0	C2-102-3	0	0	0.0
	B0-101-3	0	0	0.0	C2-103-2	17	17	0.3
	B0-102-2	0	0	0.0	C2-103-3	7	7	0.1
	B0-102-3	0	0	0.0	C3-101-2	0	0	0.0
	B0-103-2	0	0	0.0	C3-101-3	0	0	0.0
	B0-103-3	0	0	0.0	C3-102-2	0	0	0.0
	2B0-101-2	0	0	0.0	C3-102-3	0	0	0.0
	2B0-101-3	0	0	0.0	C3-103-2	0	0	0.0
2B0-102-2	0	0	0.0	C3-103-3	0	0	0.0	
2 回 実 施 後	1A0-101-2	17	17	0.1	2B0-102-3	0	0	0.0
	1A0-101-3	9	9	0.1	2B0-103-2	0	0	0.0
	1A0-102-2	0	0	0.0	2B0-103-3	0	0	0.0
	1A0-102-3	0	0	0.0	C1-101-2	13	18	0.2
	1A0-103-2	0	0	0.0	C1-101-3	0	0	0.0
	1A0-103-3	0	0	0.0	C1-102-2	0	0	0.0
	2A0-101-2	0	0	0.0	C1-102-3	0	0	0.0
	2A0-101-3	10	10	0.1	C1-103-2	0	0	0.0
	2A0-105-2	4	4	0.0	C1-103-3	0	0	0.0
	2A0-105-3	0	0	0.0	C2-101-2	0	0	0.0
	2A0-109-2	0	0	0.0	C2-101-3	0	0	0.0
	2A0-109-3	0	0	0.0	C2-102-2	0	0	0.0
	B0-101-2	0	0	0.0	C2-102-3	0	0	0.0
	B0-101-3	0	0	0.0	C2-103-2	17	17	0.3
	B0-102-2	0	0	0.0	C2-103-3	7	12	0.2
	B0-102-3	0	0	0.0	C3-101-2	0	0	0.0
	B0-103-2	0	0	0.0	C3-101-3	0	0	0.0
	B0-103-3	0	0	0.0	C3-102-2	0	0	0.0
	2B0-101-2	0	0	0.0	C3-102-3	0	0	0.0
	2B0-101-3	0	0	0.0	C3-103-2	0	0	0.0
2B0-102-2	0	0	0.0	C3-103-3	0	0	0.0	

## 減圧加圧剥離試験(スギ2)

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ	
			合計(mm)	剥離率(%)			合計(mm)	剥離率(%)
1 回 実 施 後	D1-101-2	0	0	0.0	D3-101-2	0	0	0.0
	D1-101-3	18	26	0.5	D3-101-3	7	7	0.1
	D1-102-2	0	0	0.0	D3-102-2	0	0	0.0
	D1-102-3	0	0	0.0	D3-102-3	0	0	0.0
	D1-103-2	0	0	0.0	D3-103-2	0	0	0.0
	D1-103-3	0	0	0.0	D3-103-3	0	0	0.0
	D2-101-2	0	0	0.0	D4-101-2	0	0	0.0
	D2-101-3	13	13	0.2	D4-101-3	0	0	0.0
	D2-102-2	16	30	0.6	D4-102-2	0	0	0.0
	D2-102-3	26	60	1.1	D4-102-3	0	0	0.0
	D2-103-2	0	0	0.0	D4-103-2	0	0	0.0
	D2-103-3	0	0	0.0	D4-103-3	0	0	0.0
2 回 実 施 後	D1-101-2	0	0	0.0	D3-101-2	0	0	0.0
	D1-101-3	18	26	0.5	D3-101-3	7	10	0.2
	D1-102-2	0	0	0.0	D3-102-2	5	5	0.1
	D1-102-3	0	0	0.0	D3-102-3	0	0	0.0
	D1-103-2	0	0	0.0	D3-103-2	0	0	0.0
	D1-103-3	0	0	0.0	D3-103-3	0	0	0.0
	D2-101-2	0	0	0.0	D4-101-2	0	0	0.0
	D2-101-3	17	17	0.3	D4-101-3	0	0	0.0
	D2-102-2	20	34	0.6	D4-102-2	0	0	0.0
	D2-102-3	26	60	1.1	D4-102-3	0	0	0.0
	D2-103-2	0	0	0.0	D4-103-2	0	0	0.0
	D2-103-3	0	0	0.0	D4-103-3	0	0	0.0

## 減圧加圧剥離試験(ヒノキ)

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ	
			合計(mm)	剥離率(%)			合計(mm)	剥離率(%)
1 回 実 施 後	F1-101-2	0	0	0.0	F3-101-2	0	0	0.0
	F1-101-3	0	0	0.0	F3-101-3	0	0	0.0
	F1-102-2	0	0	0.0	F3-102-2	0	0	0.0
	F1-102-3	0	0	0.0	F3-102-3	0	0	0.0
	F1-103-2	0	0	0.0	F3-103-2	0	0	0.0
	F1-103-3	31	31	0.6	F3-103-3	0	0	0.0
	F2-101-2	0	0	0.0	F4-101-2	0	0	0.0
	F2-101-3	0	0	0.0	F4-101-3	0	0	0.0
	F2-102-2	0	0	0.0	F4-102-2	0	0	0.0
	F2-102-3	0	0	0.0	F4-102-3	0	0	0.0
	F2-103-2	0	0	0.0	F4-103-2	11	11	0.2
	F2-103-3	0	0	0.0	F4-103-3	0	0	0.0
2 回 実 施 後	F1-101-2	16	16	0.3	F3-101-2	0	0	0.0
	F1-101-3	0	0	0.0	F3-101-3	0	0	0.0
	F1-102-2	0	0	0.0	F3-102-2	0	0	0.0
	F1-102-3	0	0	0.0	F3-102-3	0	0	0.0
	F1-103-2	0	0	0.0	F3-103-2	0	0	0.0
	F1-103-3	35	35	0.6	F3-103-3	0	0	0.0
	F2-101-2	0	0	0.0	F4-101-2	5	5	0.1
	F2-101-3	0	0	0.0	F4-101-3	0	0	0.0
	F2-102-2	0	0	0.0	F4-102-2	0	0	0.0
	F2-102-3	0	0	0.0	F4-102-3	0	0	0.0
	F2-103-2	9	9	0.2	F4-103-2	23	23	0.4
	F2-103-3	0	0	0.0	F4-103-3	0	0	0.0

## 減圧加圧剝離試験(カラマツ)

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ(mm)	4側面における全接着層の剝離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ(mm)	4側面における全接着層の剝離長さ	
			合計(mm)	剝離率(%)			合計(mm)	剝離率(%)
1 回 実 施 後	H1-101-2	0	0	0.0	H3-101-2	0	0	0.0
	H1-101-3	0	0	0.0	H3-101-3	0	0	0.0
	H1-102-2	0	0	0.0	H3-102-2	0	0	0.0
	H1-102-3	0	0	0.0	H3-102-3	16	16	0.3
	H1-103-2	0	0	0.0	H3-103-2	0	0	0.0
	H1-103-3	0	0	0.0	H3-103-3	0	0	0.0
	H2-101-2	0	0	0.0	H4-101-2	10	10	0.2
	H2-101-3	10	10	0.2	H4-101-3	0	0	0.0
	H2-102-2	0	0	0.0	H4-102-2	0	0	0.0
	H2-102-3	0	0	0.0	H4-102-3	0	0	0.0
	H2-103-2	34	75	1.4	H4-103-2	0	0	0.0
	H2-103-3	62	101	1.9	H4-103-3	9	9	0.2
2 回 実 施 後	H1-101-2	6	6	0.1	H3-101-2	0	0	0.0
	H1-101-3	23	23	0.4	H3-101-3	8	12	0.2
	H1-102-2	0	0	0.0	H3-102-2	0	0	0.0
	H1-102-3	0	0	0.0	H3-102-3	19	29	0.5
	H1-103-2	0	0	0.0	H3-103-2	53	71	1.3
	H1-103-3	0	0	0.0	H3-103-3	10	10	0.2
	H2-101-2	11	21	0.4	H4-101-2	10	17	0.3
	H2-101-3	13	16	0.3	H4-101-3	4	4	0.1
	H2-102-2	0	0	0.0	H4-102-2	0	0	0.0
	H2-102-3	7	11	0.2	H4-102-3	5	10	0.2
	H2-103-2	34	150	2.8	H4-103-2	16	16	0.3
	H2-103-3	71	134	2.5	H4-103-3	9	9	0.2

煮沸剥離試験(スギ1)

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ	
			合計(mm)	剥離率(%)			合計(mm)	剥離率(%)
1 回 実 施 後	1A0-101-1	0	0	0.0	2B0-102-4	0	0	0.0
	1A0-101-4	0	0	0.0	2B0-103-1	0	0	0.0
	1A0-102-1	4	4	0.0	2B0-103-4	9	9	0.2
	1A0-102-4	0	0	0.0	C1-101-1	0	0	0.0
	1A0-103-1	0	0	0.0	C1-101-4	0	0	0.0
	1A0-103-4	0	0	0.0	C1-102-1	0	0	0.0
	2A0-101-1	0	0	0.0	C1-102-4	17	17	0.2
	2A0-101-4	34	41	0.3	C1-103-1	0	0	0.0
	2A0-105-1	0	0	0.0	C1-103-4	0	0	0.0
	2A0-105-4	0	0	0.0	C2-101-1	0	0	0.0
	2A0-109-1	0	0	0.0	C2-101-4	0	0	0.0
	2A0-109-4	13	18	0.1	C2-102-1	0	0	0.0
	B0-101-1	7	7	0.1	C2-102-4	0	0	0.0
	B0-101-4	0	0	0.0	C2-103-1	28	53	0.8
	B0-102-1	0	0	0.0	C2-103-4	42	98	1.5
	B0-102-4	0	0	0.0	C3-101-1	0	0	0.0
	B0-103-1	0	0	0.0	C3-101-4	0	0	0.0
	B0-103-4	0	0	0.0	C3-102-1	0	0	0.0
	2B0-101-1	0	0	0.0	C3-102-4	8	8	0.2
	2B0-101-4	0	0	0.0	C3-103-1	0	0	0.0
2B0-102-1	0	0	0.0	C3-103-4	0	0	0.0	
2 回 実 施 後	1A0-101-1	0	0	0.0	2B0-102-4	0	0	0.0
	1A0-101-4	0	0	0.0	2B0-103-1	4	4	0.1
	1A0-102-1	6	14	0.1	2B0-103-4	11	11	0.2
	1A0-102-4	0	0	0.0	C1-101-1	0	0	0.0
	1A0-103-1	0	0	0.0	C1-101-4	0	0	0.0
	1A0-103-4	0	0	0.0	C1-102-1	0	0	0.0
	2A0-101-1	4	4	0.0	C1-102-4	17	20	0.2
	2A0-101-4	34	41	0.3	C1-103-1	0	0	0.0
	2A0-105-1	0	0	0.0	C1-103-4	0	0	0.0
	2A0-105-4	0	0	0.0	C2-101-1	8	8	0.1
	2A0-109-1	0	0	0.0	C2-101-4	5	5	0.1
	2A0-109-4	13	18	0.1	C2-102-1	0	0	0.0
	B0-101-1	7	7	0.1	C2-102-4	0	0	0.0
	B0-101-4	0	0	0.0	C2-103-1	31	56	0.8
	B0-102-1	0	0	0.0	C2-103-4	59	155	2.3
	B0-102-4	0	0	0.0	C3-101-1	4	4	0.1
	B0-103-1	0	0	0.0	C3-101-4	4	4	0.1
	B0-103-4	0	0	0.0	C3-102-1	0	0	0.0
	2B0-101-1	0	0	0.0	C3-102-4	8	12	0.3
	2B0-101-4	0	0	0.0	C3-103-1	0	0	0.0
2B0-102-1	0	0	0.0	C3-103-4	0	0	0.0	

## 煮沸剥離試験(スギ2)

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ	
			合計(mm)	剥離率(%)			合計(mm)	剥離率(%)
1 回 実 施 後	D1-101-1	0	0	0.0	D3-101-1	0	0	0.0
	D1-101-4	0	0	0.0	D3-101-4	0	0	0.0
	D1-102-1	0	0	0.0	D3-102-1	0	0	0.0
	D1-102-4	0	0	0.0	D3-102-4	9	12	0.2
	D1-103-1	0	0	0.0	D3-103-1	0	0	0.0
	D1-103-4	0	0	0.0	D3-103-4	5	5	0.1
	D2-101-1	6	11	0.2	D4-101-1	0	0	0.0
	D2-101-4	0	0	0.0	D4-101-4	0	0	0.0
	D2-102-1	75	100	1.9	D4-102-1	0	0	0.0
	D2-102-4	26	40	0.7	D4-102-4	0	0	0.0
	D2-103-1	0	0	0.0	D4-103-1	0	0	0.0
	D2-103-4	0	0	0.0	D4-103-4	0	0	0.0
2 回 実 施 後	D1-101-1	11	11	0.2	D3-101-1	0	0	0.0
	D1-101-4	9	9	0.2	D3-101-4	0	0	0.0
	D1-102-1	0	0	0.0	D3-102-1	0	0	0.0
	D1-102-4	0	0	0.0	D3-102-4	10	31	0.6
	D1-103-1	0	0	0.0	D3-103-1	0	0	0.0
	D1-103-4	17	17	0.3	D3-103-4	5	5	0.1
	D2-101-1	9	20	0.4	D4-101-1	0	0	0.0
	D2-101-4	7	7	0.1	D4-101-4	0	0	0.0
	D2-102-1	75	115	2.1	D4-102-1	0	0	0.0
	D2-102-4	26	81	1.5	D4-102-4	0	0	0.0
	D2-103-1	0	0	0.0	D4-103-1	0	0	0.0
	D2-103-4	0	0	0.0	D4-103-4	0	0	0.0

## 煮沸剥離試験(ヒノキ)

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ	
			合計(mm)	剥離率(%)			合計(mm)	剥離率(%)
1 回 実 施 後	F1-101-1	0	0	0.0	F3-101-1	0	0	0.0
	F1-101-4	0	0	0.0	F3-101-4	0	0	0.0
	F1-102-1	0	0	0.0	F3-102-1	0	0	0.0
	F1-102-4	0	0	0.0	F3-102-4	0	0	0.0
	F1-103-1	25	25	0.5	F3-103-1	0	0	0.0
	F1-103-4	19	19	0.4	F3-103-4	15	15	0.3
	F2-101-1	0	0	0.0	F4-101-1	0	0	0.0
	F2-101-4	0	0	0.0	F4-101-4	14	14	0.2
	F2-102-1	0	0	0.0	F4-102-1	0	0	0.0
	F2-102-4	0	0	0.0	F4-102-4	0	0	0.0
	F2-103-1	0	0	0.0	F4-103-1	43	43	0.7
	F2-103-4	0	0	0.0	F4-103-4	0	0	0.0
2 回 実 施 後	F1-101-1	0	0	0.0	F3-101-1	0	0	0.0
	F1-101-4	0	0	0.0	F3-101-4	0	0	0.0
	F1-102-1	0	0	0.0	F3-102-1	0	0	0.0
	F1-102-4	0	0	0.0	F3-102-4	0	0	0.0
	F1-103-1	38	38	0.7	F3-103-1	0	0	0.0
	F1-103-4	25	25	0.5	F3-103-4	18	29	0.5
	F2-101-1	39	74	1.4	F4-101-1	25	30	0.5
	F2-101-4	0	0	0.0	F4-101-4	19	29	0.5
	F2-102-1	0	0	0.0	F4-102-1	11	11	0.2
	F2-102-4	12	12	0.2	F4-102-4	0	0	0.0
	F2-103-1	0	0	0.0	F4-103-1	47	70	1.2
	F2-103-4	26	44	0.8	F4-103-4	0	0	0.0

## 煮沸剥離試験(カラマツ)

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ(mm)	4側面における全接着層の剥離長さ	
			合計(mm)	剥離率(%)			合計(mm)	剥離率(%)
1 回 実 施 後	H1-101-1	0	0	0.0	H3-101-1	0	0	0.0
	H1-101-4	4	4	0.1	H3-101-4	0	0	0.0
	H1-102-1	0	0	0.0	H3-102-1	0	0	0.0
	H1-102-4	0	0	0.0	H3-102-4	0	0	0.0
	H1-103-1	0	0	0.0	H3-103-1	22	36	0.7
	H1-103-4	0	0	0.0	H3-103-4	40	96	1.8
	H2-101-1	5	5	0.1	H4-101-1	4	4	0.1
	H2-101-4	0	0	0.0	H4-101-4	13	13	0.2
	H2-102-1	0	0	0.0	H4-102-1	0	0	0.0
	H2-102-4	0	0	0.0	H4-102-4	0	0	0.0
	H2-103-1	49	62	1.1	H4-103-1	5	9	0.2
	H2-103-4	55	98	1.8	H4-103-4	0	0	0.0
2 回 実 施 後	H1-101-1	0	0	0.0	H3-101-1	0	0	0.0
	H1-101-4	10	16	0.3	H3-101-4	7	7	0.1
	H1-102-1	0	0	0.0	H3-102-1	22	31	0.6
	H1-102-4	0	0	0.0	H3-102-4	3	3	0.1
	H1-103-1	0	0	0.0	H3-103-1	47	111	2.1
	H1-103-4	0	0	0.0	H3-103-4	44	160	3.0
	H2-101-1	5	5	0.1	H4-101-1	51	55	0.9
	H2-101-4	0	0	0.0	H4-101-4	27	44	0.7
	H2-102-1	0	0	0.0	H4-102-1	21	21	0.4
	H2-102-4	15	15	0.3	H4-102-4	9	9	0.2
	H2-103-1	49	168	3.1	H4-103-1	5	9	0.2
	H2-103-4	64	138	2.6	H4-103-4	6	6	0.1



## 8. 接合部性能

### 8.1 支圧試験

#### 8.1.1 試験目的

超厚合板の降伏支圧応力及び支圧剛性に及ぼす超厚合板厚さの影響を把握するために、超厚合板の厚さと加力方向に対する表層単板繊維方向、そして治具径を実験変数として、支圧試験を実施した。

#### 8.1.2 試験体概要

試験体には構成比率 52.3%の 15 プライ、公称厚さ 48mm の超厚合板、構成比率 52.6%の 19 プライ、公称厚さ 60mm の超厚合板、構成比率 52.8%の 23 プライ、公称厚さ 72mm の超厚合板、構成比率 51.0%の 29 プライ、公称厚さ 96mm の超厚合板を用いた。エレメントに用いた平行層単板及び直交層単板のヤング係数は下限値が 6.0GPa であり、上限値には制限を設けなかった。超厚合板はこれらの単板を 1 次接着のみで積層接着して製造し、その接着剤にはフェノール樹脂接着剤を用いた。そこから 145×145mm の試験体を切り出し、木口面に試験治具を設置するための半円切り欠きを加工した。半円の直径は厚さ 48mm の超厚合板に対しては 6mm と 16mm、厚さ 60mm の超厚合板に対しては 6mm と 16mm、厚さ 72mm の超厚合板に対しては 8mm と 16mm、厚さ 96mm の超厚合板に対しては 10mm と 16mm とした。表層単板の繊維方向に関しては加力方向に対して平行及び直交となるようにした。図 8-1 に試験体図を、表 8-1～表 8-4 に試験体の基礎物性値を、表 8-5 に試験体一覧をそれぞれ示す。

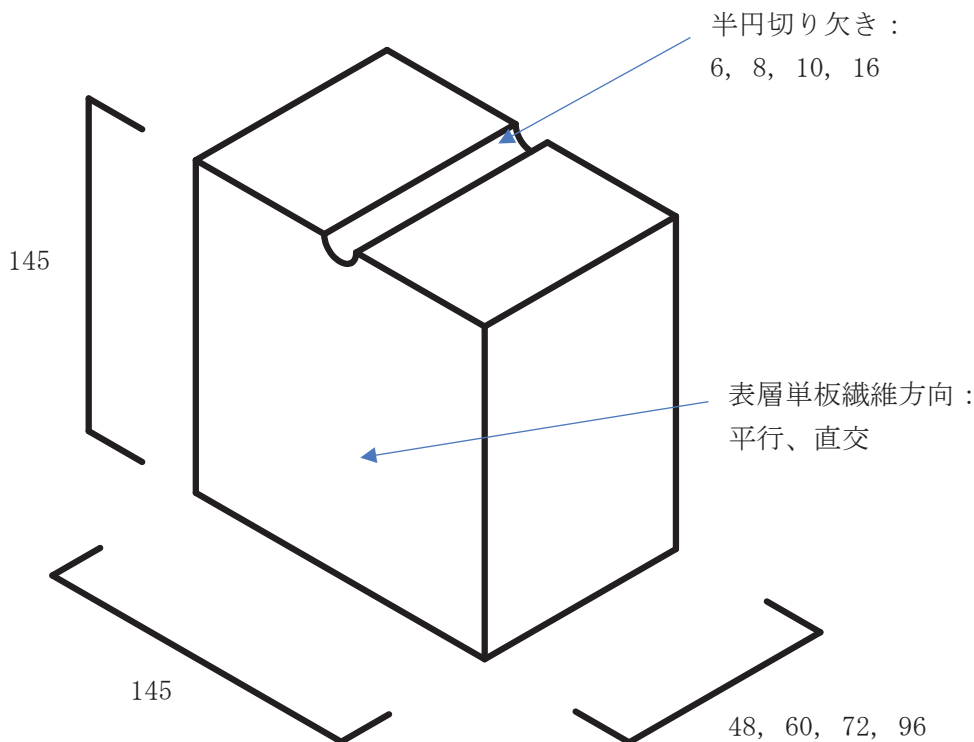


図 8-1 支圧試験体図 (単位 : mm)

表 8-1 基礎物性値：厚さ 48mm

密度		含水率	
平均値	C. V.	平均値	C. V.
[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]
414	1.4	6.0	12.3

表 8-2 基礎物性値：厚さ 60mm

密度		含水率	
平均値	C. V.	平均値	C. V.
[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]
411	5.1	8.4	16.6

表 8-3 基礎物性値：厚さ 72mm

密度		含水率	
平均値	C. V.	平均値	C. V.
[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]
408	1.4	7.6	9.0

表 8-4 基礎物性値：厚さ 96mm

密度		含水率	
平均値	C. V.	平均値	C. V.
[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]
416	2.2	8.2	7.2

表 8-5 支圧試験体一覧

試験体名	超厚合板厚さ [mm]	表層単板繊維方向	治具径 [mm]	試験体数
48_0_6	48	平行	6	7
48_90_6		直交		
48_0_16		平行	16	
48_90_16		直交		
60_0_6	60	平行	6	
60_90_6		直交		
60_0_16		平行	16	
60_90_16		直交		
72_0_8	72	平行	8	
72_90_8		直交		
72_0_16		平行	16	
72_90_16		直交		
96_0_10	96	平行	10	
96_90_10		直交		
96_0_16		平行	16	
96_90_16		直交		

### 8.1.3 試験方法

試験方法は ASTM-D5764 に準じ、加力速度は 1mm/min とした。試験体に設けた半円切り欠きに治具を設置した後、変位 30mm に達するまで単調圧縮载荷を行った。変位は試験機のクロスヘッドの絶対変位を計測した。写真 8-1 に試験実施状況を示す。

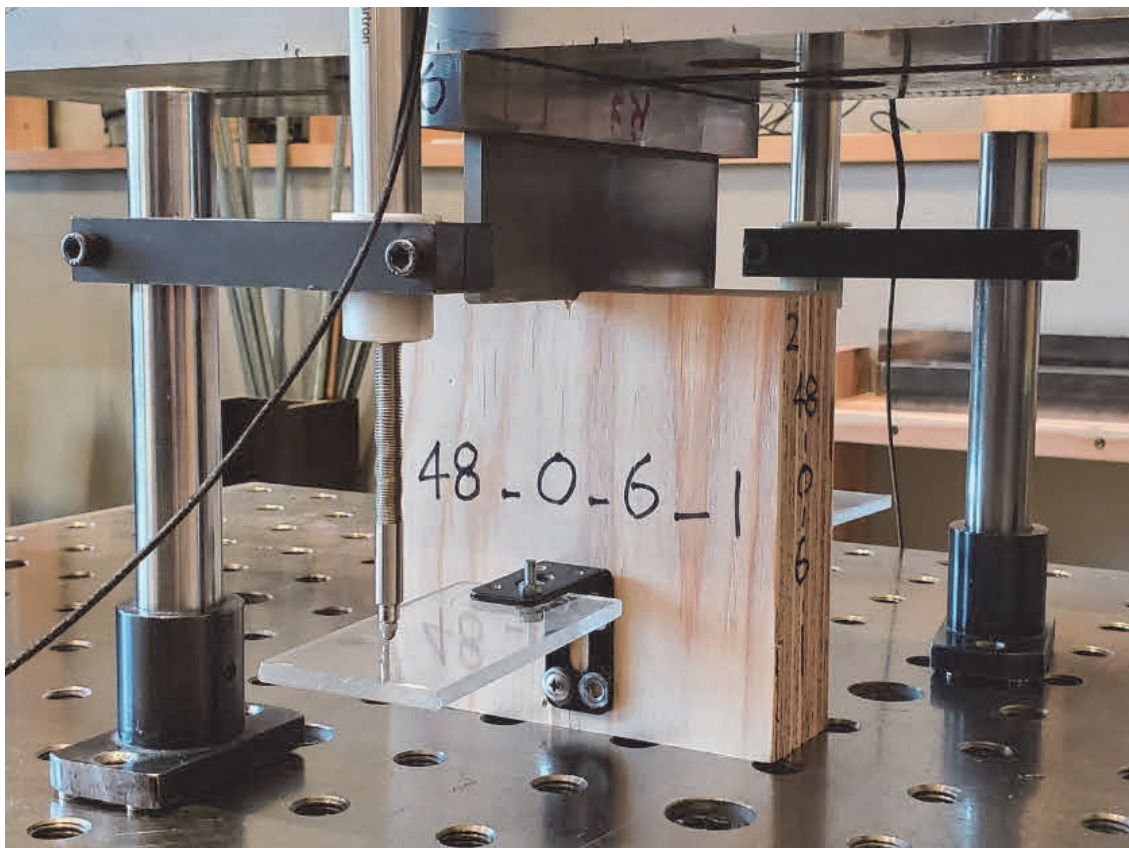


写真 8-1 試験実施状況

### 8.1.4 試験結果

試験結果より得られた荷重値を治具の試験体に対する正射影面積で除した値を支圧応力と定義し、支圧応力—変位曲線を得た。図 8-2 に各仕様を代表して厚さ 48mm 超厚合板試験体の平均支圧応力—変位曲線を示す。支圧応力 3.5N/mm<sup>2</sup> から 15.0N/mm<sup>2</sup> 間に最小二乗法を適用して回帰直線を算出し、この直線の傾きを支圧剛性と定義した。降伏支圧応力に関してはこの直線を治具径の 5%オフセットした直線と支圧応力—変位曲線の交点の値とした。表 8-6 に降伏支圧応力及び支圧剛性（平均値）を、写真 8-2 に代表的な破壊性状をそれぞれ示す。

降伏支圧応力は同超厚合板厚さにおいては、治具径が小さい方が大きい方より大きくなり、同治具径では表層単板の繊維方向の影響はほぼ見受けられなかった。支圧剛性にも同様の傾向が確認された。また、異なる厚さの超厚合板においては、超厚合板厚さ/治具径が同程度のものは、厚さに関わらず降伏支圧応力及び支圧剛性はほぼ同じ値を示した。

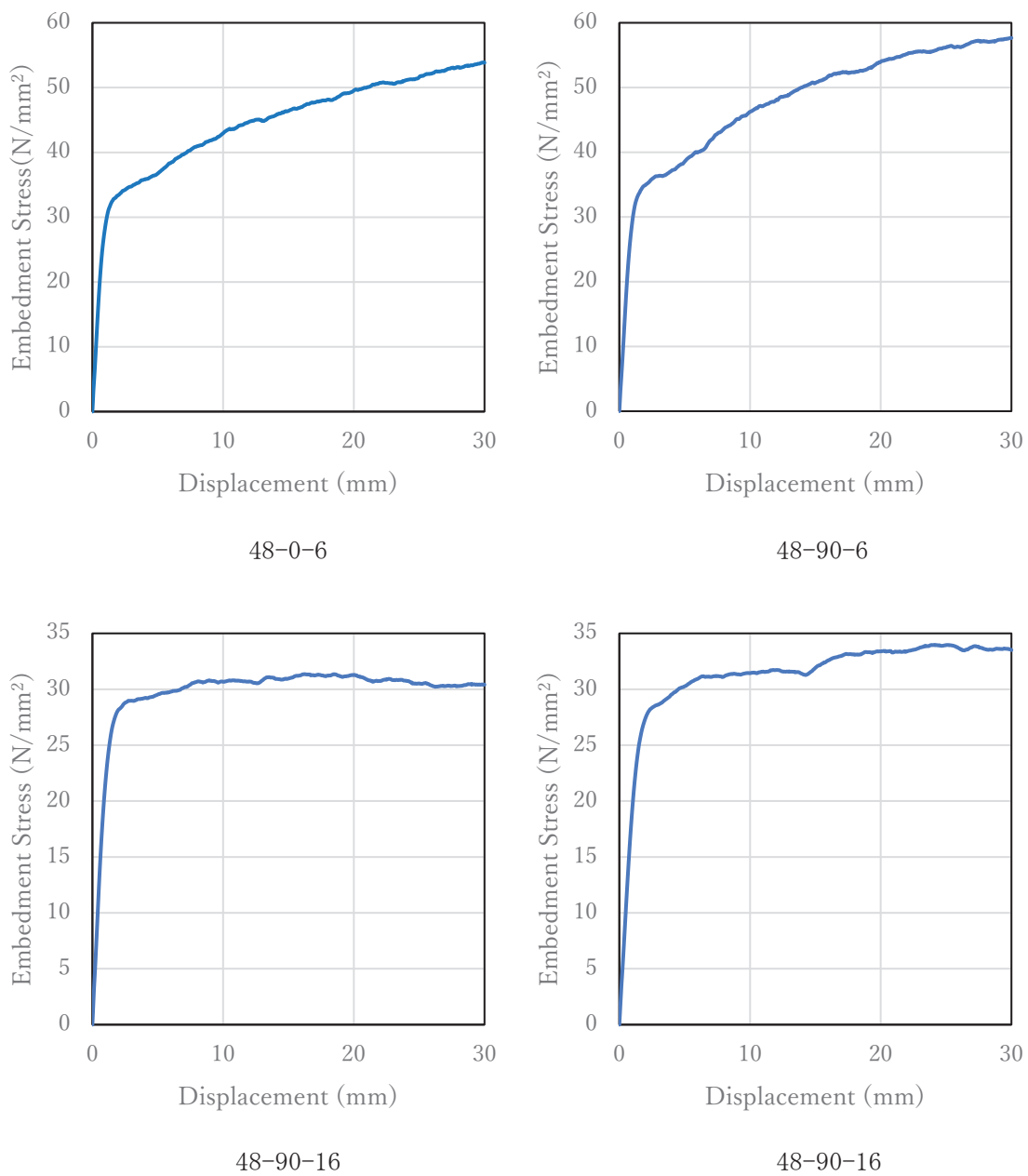


図 8-2 平均支圧応力－変位曲線（超厚合板厚さ：48mm）

表 8-6-1 構造特性値

試験体名	48_0_6	48_90_6	48_0_16	48_90_16	60_0_6	60_90_6	60_0_16	60_90_16
降伏支圧								
応力	30.73	32.47	28.08	27.79	31.13	29.79	26.30	25.90
[N/mm <sup>2</sup> ]								
支圧剛性								
[N/mm <sup>3</sup> ]	36.68	33.98	24.67	22.00	28.49	32.40	17.81	18.94

表 8-6-2 構造特性値

試験 体名	72_0_8	72_90_8	72_0_16	72_90_16	96_0_10	96_90_10	96_0_16	96_90_16
降伏支 圧応力 [N/mm <sup>2</sup> ]	30.73	32.47	28.08	27.79	31.13	29.79	26.30	25.90
支圧剛 性 [N/mm <sup>3</sup> ]	36.68	33.98	24.67	22.00	28.49	32.40	17.81	18.94

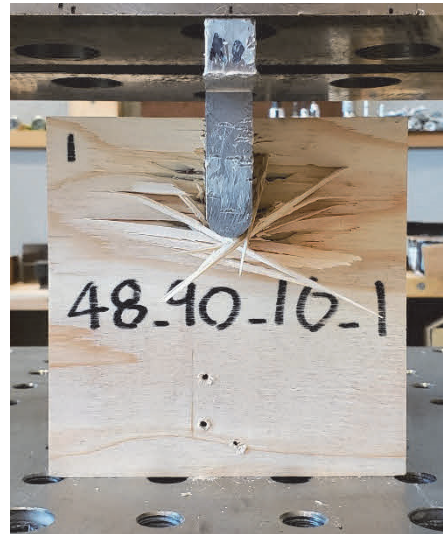
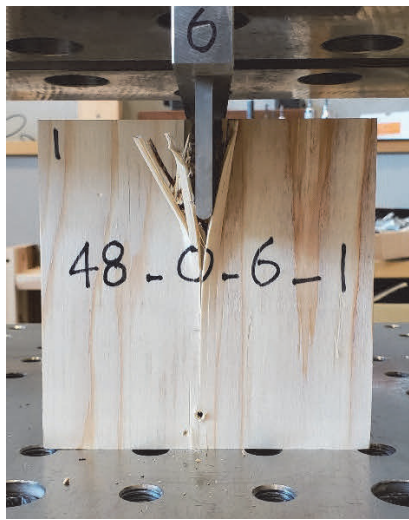


写真 8-2 破壊性状 (左上 : 48-0-6、右上 : 48-90-6、左下 : 48-0-16、右下 : 48-90-16)

## 8.2 鋼板挿入ドリフトピン2面せん断接合部試験

### 8.2.1 試験目的

超厚合板鋼板挿入ドリフトピン接合部で、鉛直方向及び水平方向の接合間距離を実験パラメータとした実験を行い（接合具本数：2本）、単位接合部の構造特性値の重ね合わせが成立するかの検証を行った。

### 8.2.2 試験体概要

試験体には、平行層と直交層の構成比が 1.11 : 1.00 である 45 プライの公称厚さ 144mm の超厚合板を用いた。エレメントに用いた平行層単板及び直交層単板のヤング係数は下限値が 6.0GPa であり、上限値には制限を設けなかった。超厚合板はこれらの単板を 1 次接着のみで積層接着して製造し、その接着剤にはフェノール樹脂接着剤を用いた。

鉛直方向の接合具間距離を実験パラメータとした試験体（以下、鉛直方向試験体）ではドリフトピンを縁距離  $5d$  で固定し（ $d$ : 接合具径）、鉛直方向接合具間距離を  $4d$  及び  $5d$  で試験体を加工した（端距離も同値）。水平方向の接合具間距離を実験パラメータとした試験体（以下、水平方向試験体）では、ドリフトピン配置の縁距離を  $4d$  とし、端距離については  $5d$  と  $7d$  の 2 仕様とした。接合具間距離は端距離  $5d$  仕様では  $3d$  と  $4d$  を、端距離  $7d$  仕様では  $2d$  から  $8d$  まで  $1d$  刻みで変化させて試験体を加工した。また、コントロール試験体としてドリフトピン本数が 1 本の試験体（以下、単位接合部試験体）を、端距離  $5d$  縁距離  $4d$  で加工した。試験体には鋼板を挿入するためのスリットを設け、その厚さは 11mm とし、鋼板の厚さ 9mm に対して 2mm 大きく加工した。

図 8-3 に試験体の概要を、表 8-7、8-8、8-9 に試験体の基礎物性値一覧を、表 8-10 に試験体一覧をそれぞれ示す。

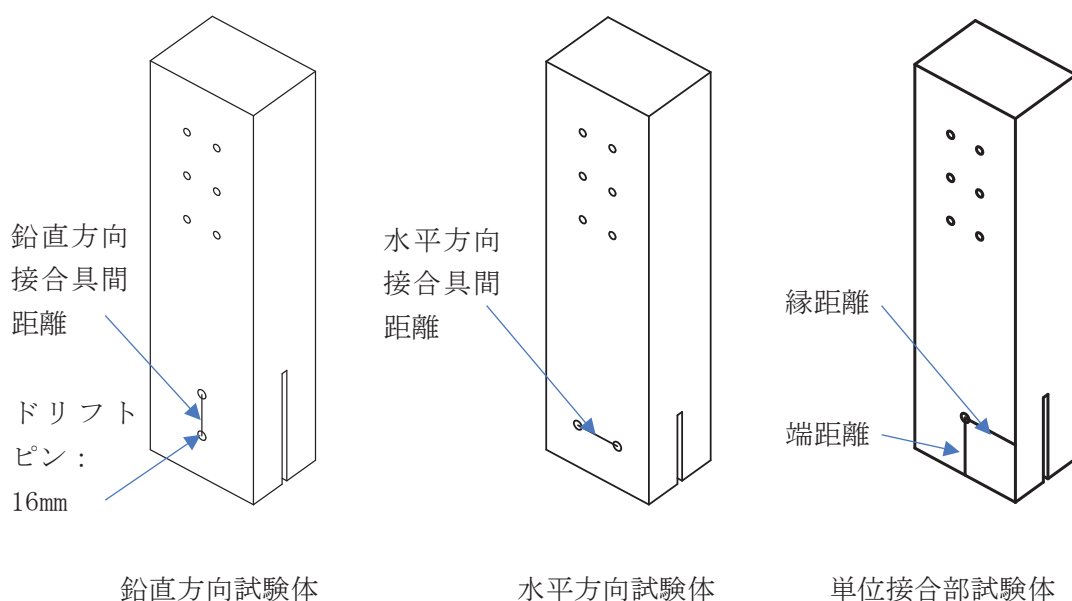


図 8-3 試験体概要

表 8-7 鉛直方向試験体基礎物性値

密度		含水率	
平均値	C. V.	平均値	C. V.
[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]
430	1.4	9.9	6.3

表 8-8 水平方向試験体基礎物性値

密度		含水率	
平均値	C. V.	平均値	C. V.
[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]
430	1.5	8.9	12.6

表 8-9 単位接合部試験体基礎物性値

密度		含水率	
平均値	C. V.	平均値	C. V.
[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]
430	1.4	9.2	5.4

表 8-10 試験体一覧

No.	試験 シリーズ	接合具径 [mm]	接合具間距離	端距離	縁距離	加力 方向	試験体 数
1	鉛直方向 試験体	16	4d	4d	5d	表層 単板 平行 方向	単調加 力:1体 繰り返 し加力: 3体
2			5d	5d			
3	3d		5d				
4	4d						
5	2d						
6	3d						
7	4d		7d	4d			
8	5d						
9	6d						
10	7d						
11	8d						
12	単位接合部 試験体	—	5d				

### 8.2.3 試験方法

試験方法は「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）」<sup>1)</sup>の4.4継手・仕口接合部の試験方法に準じ、各仕様予備試験として単調載荷を行い、予備試験から得られた降伏変位の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍の変形まで順に1回ずつの一方方向繰り返し加力を3体行った。変位計は試験体の四隅に設置し、挿入鋼板と試験体間の変位を測定し、それらの平均値を全体の変位とした。前年度までの研究により、面外割裂破壊が生じることが予想されたので、開き留めの治具を設け実験を行った。写真8-3に試験実施状況を示す。



写真 8-3 接合部試験実施状況



#### 8.2.4 試験結果

構造特性値は文献 1) の 4.4 継手・仕口接合部の評価方法に準じ、包絡線を荷重-変位曲線より作成し、完全弾塑性モデル化して特異点を求め、特性値を算出した。表 8-11 に試験結果（平均値）及び、鉛直方向試験体と水平方向試験体の特性値を単位接合部試験体の特性値を 2 倍した値で除した値を示す。また、図 8-4 に代表的な平均包絡線を示す。また、代表的な破壊性状を写真 9-4 に示す。

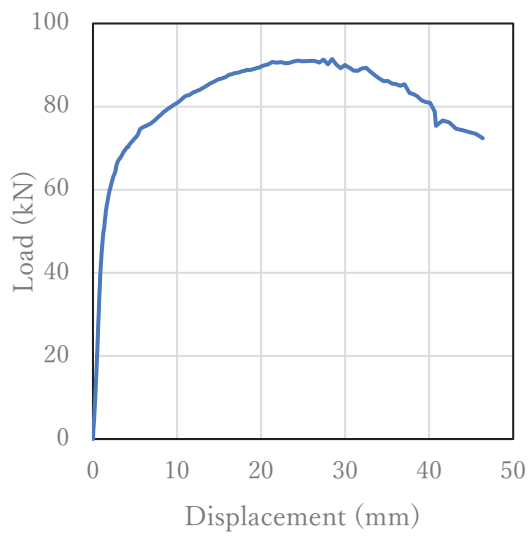
鉛直方向試験体については、接合具間距離を  $5d$  確保することにより、単位接合部の構造特性値の重ね合わせが成り立つことが示唆された。水平方向試験体については、端距離  $5d$  仕様では接合具間距離  $4d$  まででは重ね合わせが成り立たないことが示唆された。一方、端距離  $7d$  仕様では接合間距離  $3d$  を確保することにより、構造特性値の重ね合わせが成り立つことが示唆された。

表 8-11 試験結果一覧

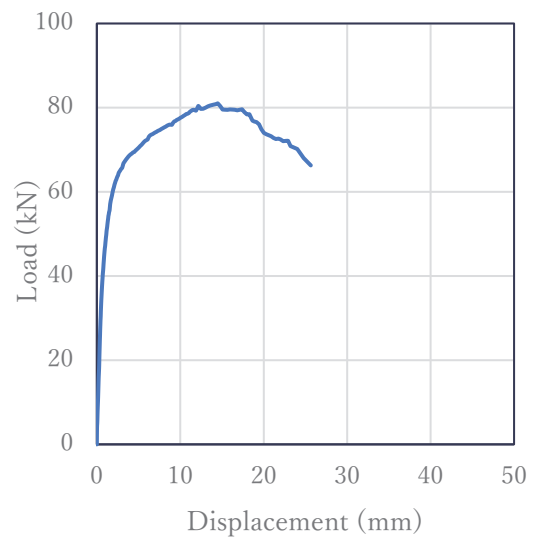
No.	Py		2/3Pmax		Pu		K	
	[kN]	実験値/ 単位接 合部実 験値×2	[kN]	実験値/ 単位接 合部実 験値×2	[kN]	実験値/ 単位接 合部実 験値×2	[kN/mm]	実験値/ 単位接 合部実 験値×2
1	53.19	0.94	55.22	0.96	76.27	0.97	28.10	0.95
2	59.59	1.05	61.50	1.07	84.97	1.08	30.54	1.03
3	54.34	0.96	56.00	0.97	75.84	0.97	38.31	1.29
4	55.21	0.98	55.83	0.97	75.61	0.96	34.08	1.15
5	57.20	1.01	58.05	1.01	79.49	1.02	31.75	1.07
6	60.02	1.06	62.90	1.10	86.54	1.10	34.39	1.16
7	56.16	0.99	59.67	1.04	82.31	1.05	30.53	1.03
8	54.84	0.97	58.27	1.01	78.87	1.00	30.97	1.05
9	56.93	1.01	61.29	1.07	82.64	1.05	31.70	1.07
10	60.21	1.06	63.32	1.10	86.88	1.11	33.02	1.11
11	54.88	0.97	58.31	1.01	79.33	1.01	31.24	1.05



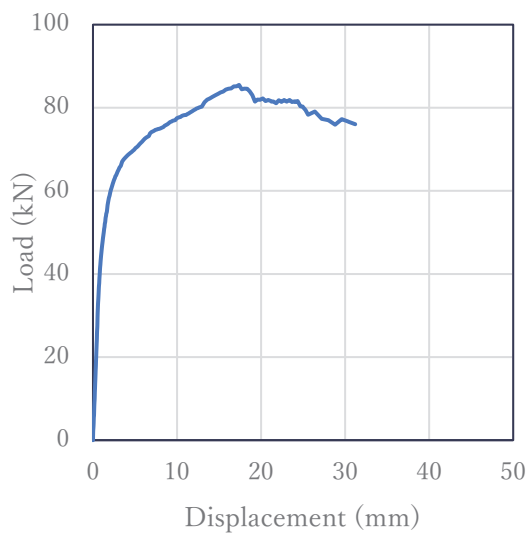
写真 8-4 破壊性状（左上：せん断破壊、右上：面外割裂破壊、左下：集合型せん断破壊）



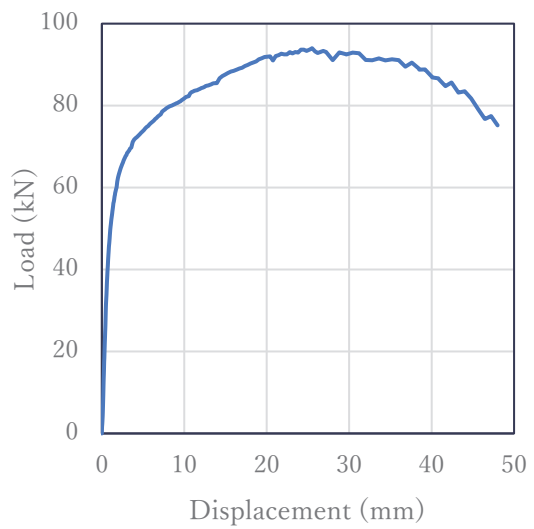
No. 2



No. 3



No. 5



No. 6

図 8-4 平均包絡線

参考文献

- 1) (公財) 日本住宅・木造技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017 年度）、pp305-313, 2017

## 9. 屋根構面利用の検討

### 9.1 はじめに

超厚合板の構造要素としての検討の一環として昨年度からは床・屋根構面利用に関する検討を行うこととした。中でも、在宅時間が増えた昨今、新築住宅において需要の高まっているアウターリビングや玄関ポーチ、カーポートなどの、半屋外空間の二方向スラブとなるような屋根の開発を目指すこととした。そうした木造屋根は、格子状に梁を設けてその上に面材を張るという手法が一般的であるが、分厚い屋根となってしまう意匠上の制約がある。しかし単板を直交積層接着するという構成によって、100 mm 前後の厚さでも直交異方性の小さい超厚合板を用いることで、従来の屋根よりも薄い屋根を実現できるのではないかと考えている。100 mm 前後という厚さは、CLT においては3層となり直交異方性の大きな厚さであり、超厚合板の直交異方性の小ささという優位性を最大限引き出せる厚さでもあると考えている。



図 9-1 アウターリビング事例

#### 9.1.2 検討事項

現状超厚合板は JAS 規格がないため、基本的には主要構造部・構造上主要な部分には使用できない。そこで建物とは分離して、超厚合板を鉄骨柱の柱頭でピン支持された荷重版とし、地震力は鉄骨柱に抵抗させる計画とした。そのため本研究で検討すべき箇所は、超厚合板のパネル間接合部と柱頭接合部の主に2か所である。現状超厚合板が910mm×3000mmのサイズでしか製造できないなど製造上の制限や輸送の制限のため、パネル間接合が必要となり、その部分での面外への曲げとせん断、面内のせん断に対する検討が必要である。柱頭接合部は超厚合板の重量によるめり込みの検討と主要構造部に使えるようになった場合を想定し、モーメント抵抗に関する検討を行う必要がある。

昨年度は、パネル間接合部に関して、接合部にスプライン接合を用いた試験体の曲げ試験（予備試験）と、柱頭接合部に関してめり込み試験とビスの引き抜き試験を実施し報告した。今年度はスプライン接合部の本試験、柱頭接合部の曲げ試験、弱軸の曲げ試験、解析による検討を行ったので、これらについて報告する。

## 9.2 スプライン接合部本試験

### 9.2.1 面外方向試験方法

供試材として、厚さ約 100 mm の超厚合板（全層スギ、積層数 29 層、単板のヤング率  $6.0 \text{ kN/mm}^2$  以上上限なし、密度  $422 \text{ kg/m}^3$ 、S.D. 6）を用いた。試験後の全乾法によって測定した含水率は 8.66 %（S.D. 0.19）であった。

幅 910 mm、長さ 300 mm に切断された 2 体の超厚合板を、超厚合板下面をスプライン材により接合し、上面を全ねじビスの斜め打ちにより接合した。スプライン材には表層がカラマツで内層がスギの構造用合板を用いた。密度は  $448 \text{ kg/m}^3$ （S.D. 7）であった。その後、構造用木材の強度試験マニュアル<sup>(i)</sup>を参考に 3 体ずつ 4 点荷重法による純曲げ試験、4 点荷重法による逆曲げ試験、逆対称 4 点荷重法によるせん断試験を実施した。各試験方法の概略を図 9-2 に示す。また変位の測定は、スパン中央部の変位を CDP50 により測定した。荷重速度は  $2 \text{ mm/min}$  程度となるように調整した。接合部仕様を図 9-3 に示す。

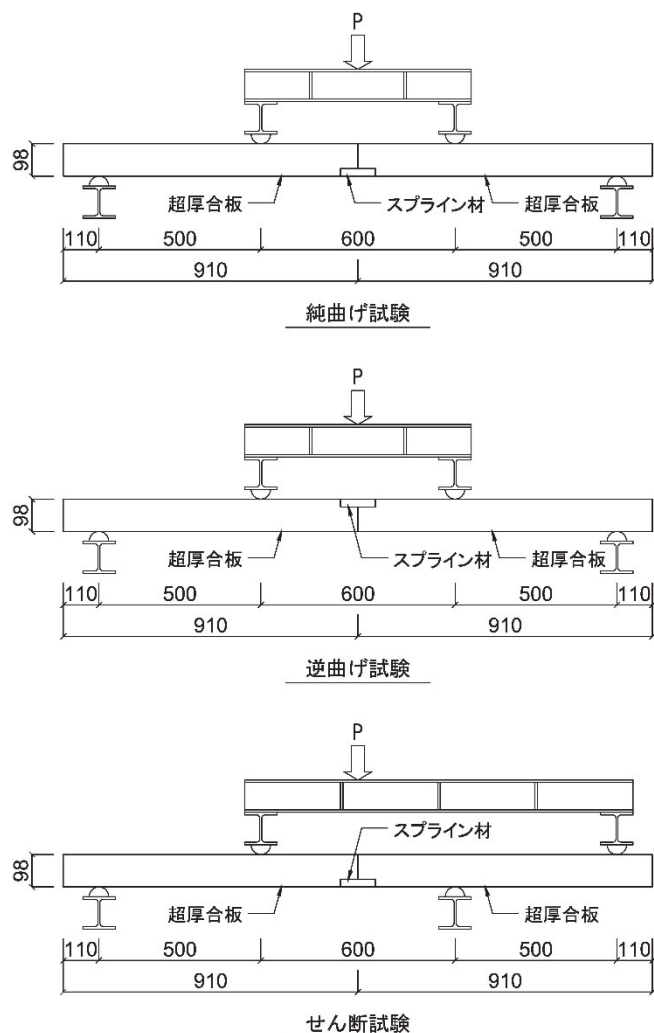


図 9-2 試験概略（単位：mm）

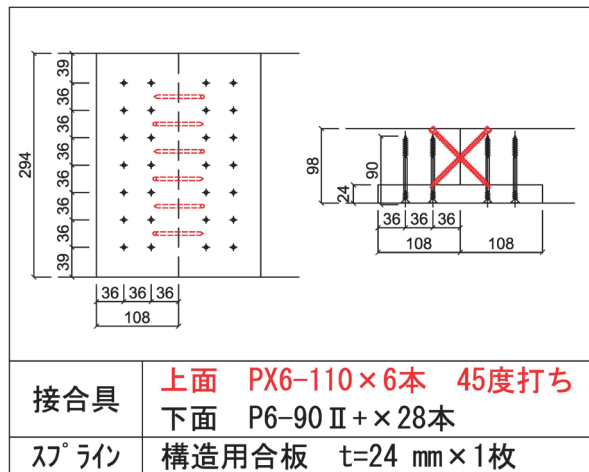


図 9-3 接合部概略 (単位: mm)

### 9.2.2 面外方向試験結果

試験で得られたモーメント-変形角関係について木造軸組工法住宅の許容応力度設計<sup>(ii)</sup>を参考に、降伏モーメントと回転剛性などの特性値を算出した。表 9-1 に得られた特性値を示す。見かけの回転剛性は、中央部の変位のみを用いて算出した。せん断強さ  $f_v$  は以下の式を用いて算出した。試験から得られた包絡線・破壊性状は付録に示す。

$$f_v = 3aP_{max} / \{2A(a + S)\}$$

- Pmax : 最大荷重 kN
- A : 断面積 (298mm×98mm)
- a : 跳ねだし距離 (500 mm)
- S : 中央部加力点・支点間距離 (600 mm)

表 9-1 試験から得られた特性値

	最大モーメント [kNm]	降伏モーメント [kNm]	見かけの回転剛性 [kNm/rad]
純曲げ試験	4.28 ( 0.23 )	2.46 ( 0.32 )	86.0 ( 20.1 )
逆曲げ試験	1.53 ( 0.16 )	0.79 ( 0.05 )	82.4 ( 17.0 )

	最大荷重 [kN]	降伏荷重 [kN]	せん断強さ [N/mm <sup>2</sup> ]
せん断試験	43.5 ( 2.4 )	25.8 ( 2.5 )	1.02 ( 0.06 )

### 9.2.3 面内方向試験概要

スプライン接合部は面内方向に地震力を伝達する必要があり、その際にスプライン接合部に面内せん断力がかかる。そこで、図 9-4 に示すように、幅 300 mm 高さ 400 mm の超厚合板を 3 枚スプライン接合した試験体に対してロケット型せん断試験を実施した。供試材として、厚さ約 100 mm の超厚合板 (全層スギ、積層数 29 層、単板のヤング率 6.0 kN/

mm<sup>2</sup>以上上限なし、密度 426 kg/m<sup>3</sup> S.D. 4) を用いた。試験後の全乾法によって測定した含水率は 9.73 % (S.D. 0.53) であった。試験体製作の際左右 2 カ所のスプライン接合部は表裏が反転するように施工した。

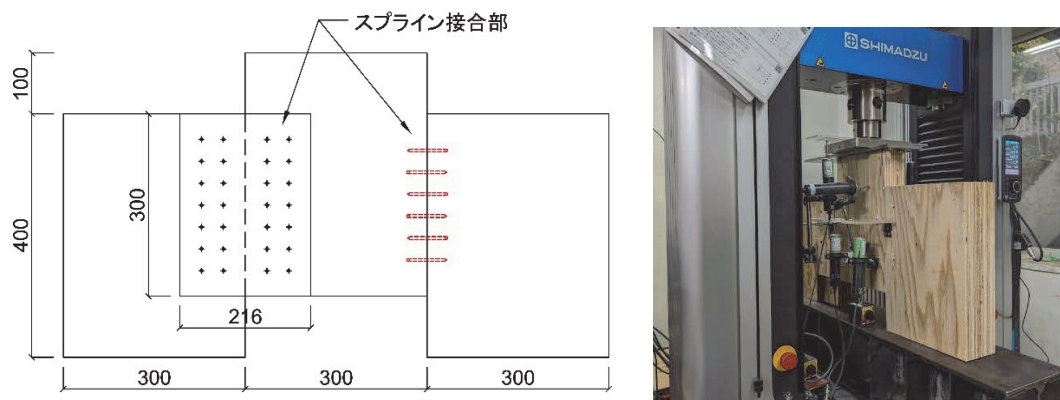


図 9-4 試験概略 (単位 : mm) と試験の様子

#### 9.2.4 面内方向試験結果

得られた結果を表 9-4 に示す。結果は、荷重を半分とし、変位は主材と側材の超厚合板同士の相対変位を用いて 1 つのスプライン接合部の結果として算出した。別途行った接合具の一面せん断試験の結果も併記する。接合具の一面せん断試験と今回の試験結果を比較すると、最大荷重は約 8 割、初期剛性は約 6 割との結果が得られた。降伏荷重は算出の仕方による部分が多いが、3 割程度大きい結果となった。破壊性状は付録に示す。

表 9-2 試験結果

	最大荷重 kN	降伏荷重 kN	初期剛性 kN/mm
実大試験	56.4 ( 3.2 )	42.2 ( 1.9 )	7.2 ( 1.5 )
1本あたり	4.03 ( 0.2 )	3.01 ( 0.1 )	0.5 ( 0.1 )
小型試験	4.84 ( 0.1 )	2.36 ( 0.2 )	0.9 ( 0.3 )
実大/小型	0.83	1.28	0.60

### 9.3 柱頭接合部の曲げ試験

#### 9.3.1 試験方法

現状では超厚合板が指定建築材料ではないため、柱頭接合部にモーメント抵抗を期待することはできず、地震力を柱に伝達できることとプレートに超厚合板がめり込まないことを確認すれば問題ない。ただし、今後超厚合板が指定建築材料となり、柱頭接合部にモーメント抵抗を期待できるようになった時のこと、設計においてはピンとしても実際にはモーメント抵抗することを考慮すると柱頭接合部のモーメント抵抗性能を確認することは

重要である。そこで、実際の回転剛性を得ることを目的として、曲げモーメントを与える試験を実施した。

供試材として、厚さ約 100 mm の超厚合板（全層スギ、積層数 29 層、単板のヤング率 6.0 kN/mm<sup>2</sup>以上上限なし、密度 414 kg/m<sup>3</sup> S.D. 10、含水率 9.18 %S.D. 0.17）を用いた。

試験体寸法については、超厚合板は柱頭接合部の影響を受けない十分なサイズとして接合プレートの 2 倍以上の 600 mm 角とした。

試験概要、試験体仕様を図 9-5 に示す。試験は壁試験機の架台に H 鋼を固定し、その上に超厚合板をボルトで接合した。その超厚合板に鉄骨柱をパネリード鋼 PK8-90mm で緊結し、その後ジャッキと鉄骨柱をつなぎ横方向に加力し、柱頭接合部にモーメントを負荷した。加力スケジュールは、木造軸組み工法住宅の許容応力度設計<sup>(ii)</sup>を参考に 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad の正負繰り返し加力とし、各変形角で 3 回繰り返すこととした。変形角はプレートの変形角を用いて制御した。試験体数は 3 体としたが 1 体目はジャッキの引き代不足で途中までの単調引張加力となった。試験の様子を図 9-6 に示す。変位は、ジャッキの水平変位、プレートの 4 隅の浮き上がり変位、超厚合板の浮き上がり変位、鋼材と超厚合板の水平変位を変位計により計測した。

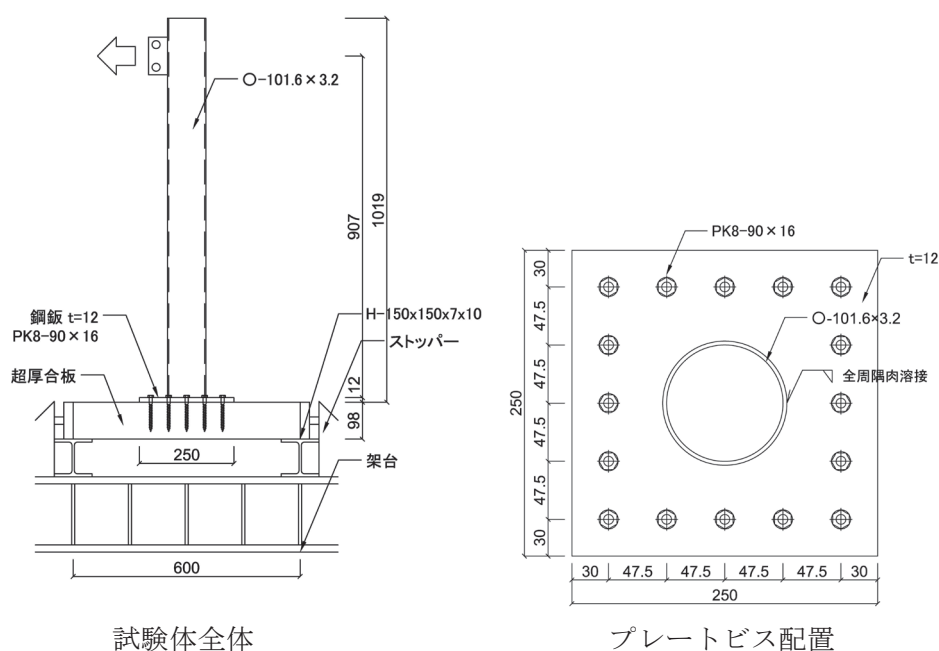


図 9-5 試験概要 (mm)



図 9-6 試験の様子

### 9.3.2 試験結果

得られた結果から、プレートの浮き上がり変位を用いてプレートの変形角、荷重を用いて柱頭接合部に働くモーメントを算出し、モーメント変形角曲線を作成し、そのグラフの傾きから木造軸組み工法住宅の許容応力度設計<sup>(ii)</sup>を参考に、回転剛性、降伏モーメントを算出した。また同様に、ジャッキの水平変位から求めた全体の変形角を用いて同様に回転剛性、降伏モーメントを算出した。図 9-7 にモーメント変形角曲線、表 9-3 に得られた特性値を示す。破壊性状は付録に示す。

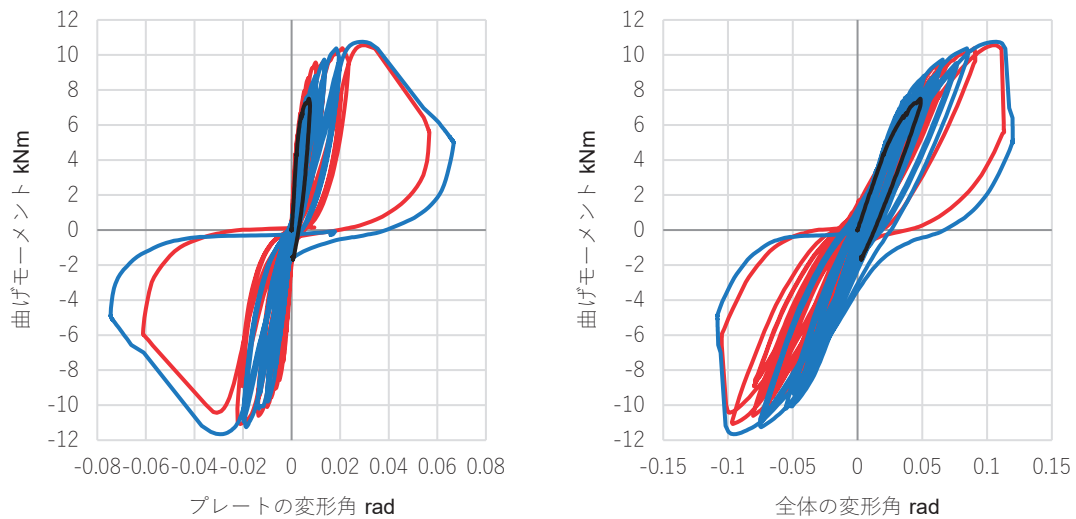


図 9-7 モーメント変傾角関係



表 9-3 特性値

	最大モーメント	降伏モーメント	プレート回転剛性	全体回転剛性
試験体 1	7.50 kNm	4.66 kNm	2075 kNm/rad	212.8 kNm/rad
試験体 2	10.56 kNm	6.12 kNm	2033 kNm/rad	185.7 kNm/rad
試験体 3	10.75 kNm	6.79 kNm	1338 kNm/rad	218.5 kNm/rad
平均	9.60 kNm	5.86 kNm	1815 kNm/rad	205.7 kNm/rad
標準偏差	1.82 kNm	1.09 kNm	414 kNm/rad	17.5 kNm/rad

#### 9.4 弱軸方向の曲げ試験

##### 9.4.1 試験方法

これまでの接合部試験の結果を用いて有限要素法解析を行おうと考えていたが、超厚合板の弱軸方向の曲げヤング率に関する試験が行われていないため、解析に先立って弱軸方向の曲げ試験を実施した。

屋根構面に用いることを想定している超厚合板の厚さは約 100 mm であるが、現状では弱軸方向には長さ 910 mm までしか製造ができない。しかし、曲げ試験を実施するためには板厚の 18 倍程度の長さが必要であるため、厚さ 100 mm の超厚合板では弱軸方向の曲げ試験は実施できない。そこで、供試材として厚さ約 50 mm の超厚合板（全層スギ、積層数 15 層、平行層の単板のヤング率 6.0 kN/mm<sup>2</sup>以上上限なし、密度 425 kg/m<sup>3</sup>、S.D. 8、含水率 9.31 %、S.D. 0.24）を幅 100 mm、長さ 910 mm に切断し、強軸、弱軸それぞれで曲げ試験を実施した。試験は各 6 体ずつ実施し、構造用木材の強度試験マニュアル<sup>(i)</sup>を参考にし、図 9-8 に示す寸法で試験を実施した。

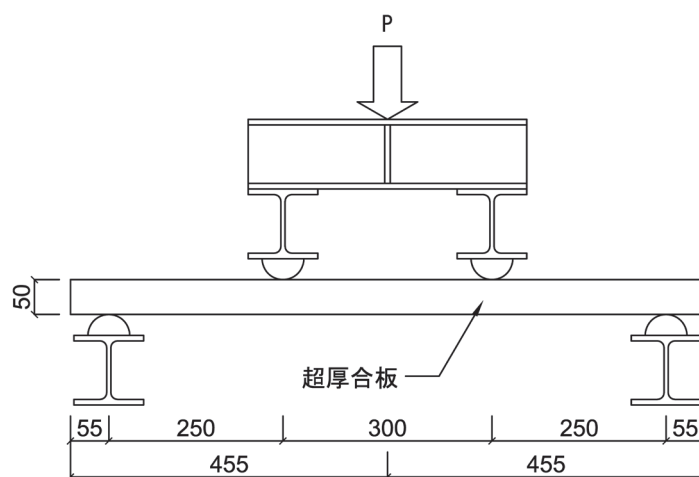


図 9-8 試験概要（単位：mm）

##### 9.4.2 試験結果と計算値との比較

得られた結果と平行層理論<sup>(iii)(iv)</sup>に基づく計算値との比較を行う。平行層理論に基づくヤング率の算出方法は以下のとおりである。

$$E_b = E_{vb} \cdot \frac{I_v}{I_{ap}}$$

- $E_b$  : 合板の曲げヤング係数 (kN/mm<sup>2</sup>)  
 $E_{vb}$  : 単板の繊維方向の曲げヤング係数 (kN/mm<sup>2</sup>)  
 $I_v$  : 有効断面の断面 2 次モーメント (mm<sup>4</sup>)  
 $I_{ap}$  : 断面の外形寸法による見かけの断面 2 次モーメント (mm<sup>4</sup>)

上記の計算式により得られた結果と実験値の比較を表 9.4 に示す。計算値では弱軸ヤング率が強軸のヤング率の約 8 割程度となり、実験値より 1 割程度高い結果となった。

表 9.4 実験値と計算値の比較

	強軸 kN/mm <sup>2</sup>	弱軸 kN/mm <sup>2</sup>	割合 (弱/強)
見かけのヤング率	5.32 ( 0.32 )	3.91 ( 0.27 )	0.73
真のヤング率	5.87 ( 0.50 )	4.28 ( 0.43 )	0.73
計算値	3.26	2.74	0.84
実験値真/計算値	1.80	1.56	0.87

## 9.5 解析による検証

### 9.5.1 解析方法

解析には Midas iGen を用いた。解析モデルは図 9-9 に示すように柱頭柱脚の境界条件の異なる 3 種類のモデルを作成した。モデル 1 は現行の法規に照らしあわせ、柱脚は剛とし、柱頭接合部にはモーメント抵抗に期待しないピンとしたモデル。モデル 2 は実情に近いモデルとして、RC 基礎への固定を想定し柱脚は剛、柱頭接合部は柱頭接合部の曲げ試験から得られた柱頭接合部の回転剛性を入力したモデル。モデル 3 は木造床等への留め付けを想定し、柱脚はピン、柱頭接合部の曲げ試験から得られた柱頭接合部の回転剛性を入力した柱頭接合部のみにモーメント抵抗を期待したモデルとした。

モデルは、柱を線要素、超厚合板を板要素として入力した。超厚合板同士の接合部分には弾性連結要素にて面内方向試験から得られたスプライン接合部の回転剛性を入力した。また、超厚合板の物性値として、前節の試験から得られたヤング率を強軸と弱軸のヤング率としてそれぞれ入力した。

想定する屋根寸法は図 9-10 の通り、1.82 m×4.55 m の厚さ 100 mm の超厚合板を 3 枚幅方向に接合し、4 本の丸鋼管柱で支持する。柱の高さは 2.4 m とした。仮定荷重は以下のとおりに設定した。また、解析モデルに入力した物性値等を表 10.5 に示す。

#### 長期荷重時

固定荷重	自重	: 420 N/m <sup>2</sup>
	防水+仕上げ	: 200 N/m <sup>2</sup>
	耐火版	: 140 N/m <sup>2</sup>
予備荷重	太陽光パネル	: 300 N/m <sup>2</sup>
	合計	: 1,060 N/m <sup>2</sup>

柱 1 本あたりの負担荷重 : 6.58 kN

短期荷重時 (風荷重よりも地震荷重の方が支配的であるため地震時を検討した。)

地震地域係数  $Z=1.0$

振動特性係数  $R_t=1.0$

高さ方向の分布係数  $A_i=1.0$

標準せん断力係数  $C_0=0.3$

柱 1 本あたりの負担地震力  $Q=6.58 \times 0.3=1.98 \text{ kN}$

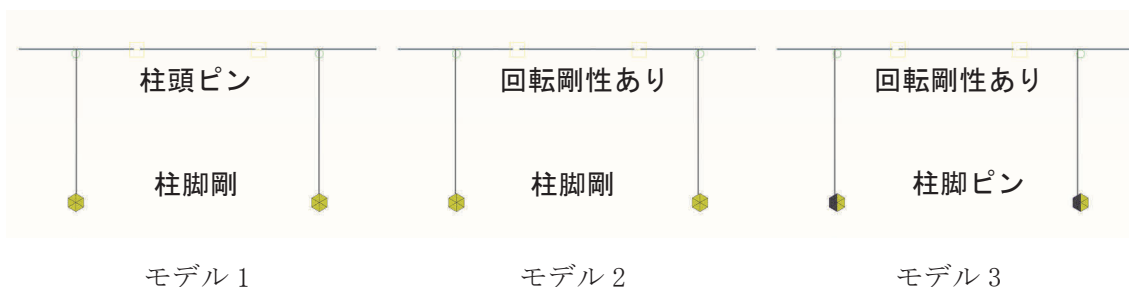


図 9-9 解析モデル境界条件

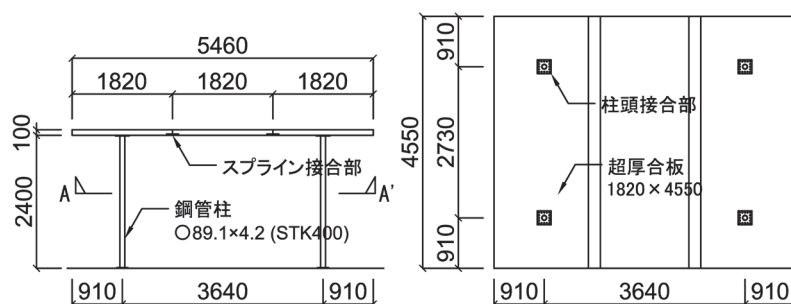


図 9-10 想定する屋根寸法 (左図: 正面、右図: A-A' 断面 単位: mm)

表 9-5 入力した値

超厚合板の強軸方向ヤング係数	5,870 N/mm <sup>2</sup>	※ 1
超厚合板の弱軸方向ヤング係数	4,280 N/mm <sup>2</sup>	※ 1
超厚合板の積層方向ヤング係数	590 N/mm <sup>2</sup>	※ 2
超厚合板のせん断弾性係数	400 N/mm <sup>2</sup>	※ 3
柱頭の回転剛性	1,815 kNm/rad	※ 4
スプライン接合部回転剛性	287 kNm/rad/m	※ 5

※1: 前節の結果より

※2: 木材工業ハンドブック<sup>(v)</sup>よりSのR方向のヤング係数を使用

※3: 中層・大規模木造建築物への合板利用マニュアル<sup>(vi)</sup>より面内せん断弾性係数を使用

※4: 9.2の結果より

※5: 9.3の結果より

## 9.5.2 解析結果

解析から得られたたわみと接合部に働く応力を表 9.6 に示す。

表 10.6 解析結果

	長期荷重時 全体変形		短期柱頭モーメント (kNm)			スプライン接合部 (単位長さ当たり)	
	たわみ (mm)	たわみ制限比	X方向地震時	Y方向地震時	曲げ (kNm/m)	面外せん断 (kN/m)	面内せん断 (kN/m)
モデル1	8.73	1/208	0	0	0.88	1.21	0.3
モデル2	6.23	1/292	1.9	1.3	0.88	1.21	0.3
モデル3	6.45	1/282	3.8	3.3	1.32	1.65	0.3

表 9-6 より長期荷重時のたわみは、変形増大係数として 2 をたわみに乗じて長辺方向の長さ 3640mm を除してたわみ制限比を求めているが、推奨値である 1/200<sup>(ii)</sup> よりもたわみが小さくなっているため、どのモデルにおいても推奨値を満足している。

柱頭接合部においては、柱頭に働く最大のモーメントが 3.8 kNm であるが、これは 9.3 の結果より、降伏モーメントの平均値の 2/3 である 3.90 kNm 以下であり、問題ない。また、接合部に働く最大せん断力は、1.76 kN であり、降伏時のせん断力の平均値の 2/3 である 4.2 kN 以下であり問題ない。

スプライン接合部においては、単位長さ当たりの最大曲げモーメントが 1.32 kNm であるが、これは 9.2 の結果より、単位長さ当たりの降伏モーメントの 2/3 である 5.47 kNm 以下であり問題ない。

吹上荷重については、建築物荷重指針<sup>(iii)</sup>により算出された吹上荷重は-331.3 N/m<sup>2</sup>であるがこれは長期荷重である 1060 N/m<sup>2</sup>以下であり、吹上荷重の検討は不要である。

また単位長さ当たりの面外せん断荷重の最大値は 1.65 kN であり、これは 9.2 の結果より、単位長さ当たりの降伏荷重の 2/3 である 57.3 kN 以下であり問題ない。

最後に単位長さ当たりの面内せん断荷重の最大値は 0.3 kN であり、これは 9.2 の結果より単位長さ当たりの降伏荷重の 2/3 である 93.8 kN 以下であり問題ない。

上記解析と実験から得られた結果の比較より、応力において接合部は問題なく、変形についても全体として問題無いことがわかり、検討していた接合部で想定していた屋根構面が成立することが分かった。

## 9.6 モックアップの製作

今年度本事業により製造した超厚合板を用いてモックアップを製作した。現状では幅 910mm 長さ 3000mm の超厚合板までしか製造できないため、図 9-11 に示すように、幅 910mm 長さ 3000mm の超厚合板を 3 枚幅方向に接合し、高さ 2.5m のモックアップを製作した (図 9-12)。

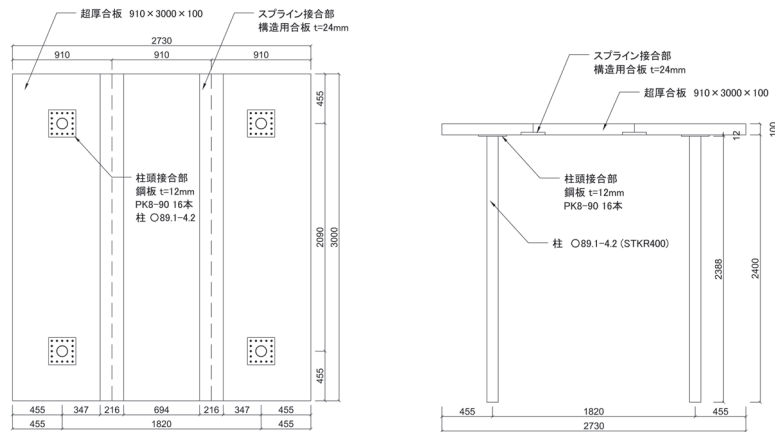


図 9-11 モックアップ概略 (単位: mm) 左: 見上げ、右: 側面



図 9-12 モックアップの製作

参考文献

- (i) (公財) 日本住宅・木材技術センター: 構造用木材の強度試験マニュアル, 2011. 03
- (ii) (公財) 日本住宅・木材技術センター: 木造軸組工法住宅の許容応力度設計, 2017
- (iii) Parasin, A. V., Stieda, C. K. A. : Recommendations for allowable stresses for Canadian softwood plywood. Plywood Technical Center Report. Vol. 131, p. 6-11, 1984
- (iv) Parasin, A. V., Nagy, N. J. : Derivation of characteristic capacities for Douglas fir plywood (CSA 0121) and Canadian softwood plywood (CSA 0151) . Plywood Technical Center Report. Vol. 161, p. 3-4, 1994
- (v) 森林総合研究所: 木材工業ハンドブック, p. 135, 2004
- (vi) 日本合板工業組合連合会: 中層・大規模木造建築物への合板利用マニュアル ver. 2, p. 62
- (vii) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説, pp. 12~73, 2015

## 10. 熱・湿気性能, 寸法変化

### 10.1 はじめに

近年, ゼロカーボンの流れから住宅の高断熱化が推奨され, 住宅性能表示制度においても, 省エネルギー性能の上位等級(等級 6, 等級 7)が新設される等の動きがある。建築物の設計において断熱性能の計算は必須のものとなっていることから, 新たに開発される材料については熱伝導率等の物性値を明らかにする必要がある。また, 建築物の長寿命化・高耐朽化のためには結露防止計算が必要であるが, この場合は熱伝導率とともに透湿抵抗等の湿気に係る性能値が必要となる。本事業で検討を行う超厚合板についても, その利用推進のためにはこれらの性能値を整備する必要があるといえる。一方, これらの物性値を測定する試験方法は, 超厚合板のような大断面を有する木質面材料に適したものとなっていない。そこで, 本事業では断熱性能として熱伝導率, 透湿抵抗に係る測定を行うとともに, 試験の改善点を検討した。また, 木質材料は水分の吸脱着により寸法変化が発生することが知られており, 木質材料を使用する建築物等では寸法変化をあらかじめ予測して, 設計に反映する必要がある。そこで, 超厚合板の吸湿による寸法変化及び平衡含水率の検討を行った。

### 10.2 断熱性能の測定

本事業では断熱性能の指標として用いられる熱伝導率の測定を行った。なお, 建築物の断熱設計等において使用される合板の熱伝導率の値としては, (一財)住宅・建築SDGs推進センターが示す,  $0.16\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})^1$ が用いられることが多い。

#### (1) 測定方法

令和 5 年に本事業で生産された厚さ 100mm の超厚合板(材種:スギ, 接着剤:水性高分子イソシアネート系接着剤)について試験を行った。ベースとなる合板から長手 300mm, 短手 300mm で製造企業において切り出された供試体を試験体として用いた。試験体を 23°C 50%RH の恒温恒湿室内で養生し, 1 日あたりの質量変化が 0.1%以内となったことを確認してから, 測定に供した。試験体数は,  $n=12$  である。

測定は JIS A 1412-2「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第 2 部:熱流計法(HFM 法)」に準拠して行った。すなわち, 試験体の上下に温度を一定に保つ熱盤を設置し, 両熱盤に温度差( $\Delta T$ )をかけた場合に発生する熱流密度( $q$ )を熱流計によって測定し, 材料面積と厚み( $d$ )から熱伝導率を算出する手法である(図 10-1)。測定にはネッチジャパン社:HFM-446 を用いた(図 10-2)。測定可能な試験体寸法の最大は長さ 310mm×幅 310mm×厚さ 100mm であり, 今回の試験体は試験器の測定可能厚さの最大値となっている。

測定時の材料平均温度は 23°C とし, 熱盤の温度差を 20°C (高温側 33°C, 低温側 13°C)とした。熱伝導率測定の前後に試験体の寸法をノギス(ミットヨ社:CD-30AX および NTD-15, 測定最小値 0.01mm), 質量を電子天秤(エーアンドディ社:FZ-5000i, 測定最小値 0.01g)で測定した。

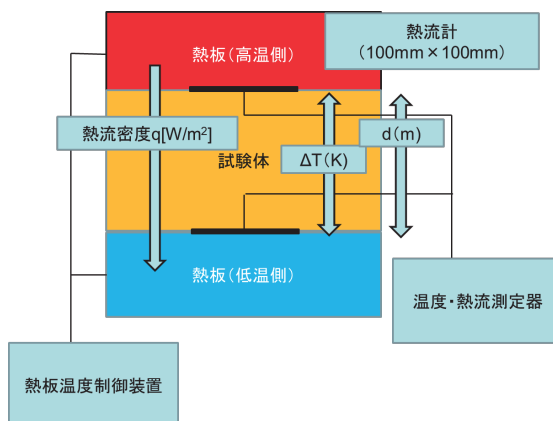


図 10-1 熱伝導率測定概念図



図 10-2 使用した測定装置

## (2) 測定結果

測定によって得られた結果および令和 4 年度に測定した 48mm～96mm のスギ超厚合板、60mm のカラマツおよびヒノキ超厚合板の熱伝導率を表 10-1 に示す。スギ超厚合板の熱伝導率の平均値は 0.096 から 0.104 W/(m・K) の範囲内にあり、すべての厚さの平均値は 0.099 W/(m・K) であった。

CLT の熱伝導率においては、測定値の平均に標準偏差の 2 倍 ( $2\sigma$ ) を加えた値を用いて判断している<sup>2)</sup>。今回測定した厚さ 100mm スギ超厚合板の平均値に  $2\sigma$  を加えた値は 0.11 W/(m・K) であり、スギ超厚合板の中では最大値である。しかしながら、一財)住宅・建築 SDGs 推進センターが示す合板の値である 0.16W/(m・K) より小さい。このことから、これまで合板の熱伝導率として使われていた値をスギ超厚合板を用いた建築物の設計に用いることは妥当と言えるが、実際の断熱性能より低く計算される可能性がある。

木質材料の熱伝導率と密度の間には正の関係があることが知られている。今回のスギ 100mm の超厚合板の測定結果において、密度と熱伝導率の関係を示したものが図 10-3 である。また、令和 4 年度の測定結果を合わせてプロットしたものが、図 10-4 である。今回の測定においても、密度と熱伝導率の間には正の関係が見られた。両者の関係に近似直線を当てはめた結果を同図中に示す。スギ 100mm 単独とスギ全数における近似直線の傾きは近い数値を示したが、ヒノキおよびカラマツを含めた場合はやや小さくなった。熱伝導率と密度の関係に単板の樹種が影響を及ぼすかについては、現状ではヒノキおよびカラマツの測定数が少ないことから明確ではないが、今後測定データを蓄積することで検討を行いたい。

なお、スギの測定においては、試験体の厚さが大きくなるにつれて熱伝導率がわずかに増加する傾向が見られた。試験体の厚さが増加すると高温側の熱盤からの熱が試験体側面から逃げることにより厚さ方向の熱流が減少し、見かけ上の熱伝導率が小さくなる可能性が考えられる。しかしながら、試験体の個体差に起因する可能性も考えられるため、こちらも測定データの蓄積を待って今後の検討課題としたい。

表 10-1 超厚合板の熱伝導率測定結果

樹種	厚さ(mm)		密度(kg/m <sup>3</sup> )		熱伝導率 (W/(m・K))			試験体数
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均+2σ	
スギ	48.2	0.140	418	1.7	0.097	0.0005	0.098	3
	62.3	0.715	387	5.6	0.096	0.0025	0.101	3
	72.4	0.046	406	3.2	0.099	0.0026	0.104	3
	97.5	0.205	413	0.7	0.100	0.0032	0.106	3
	100.4	0.749	435	8.4	0.104	0.0028	0.110	12
ヒノキ	62.1	0.086	486	10.0	0.111	0.0069	0.125	3
カラマツ	61.0	0.338	578	12.2	0.124	0.0029	0.130	3

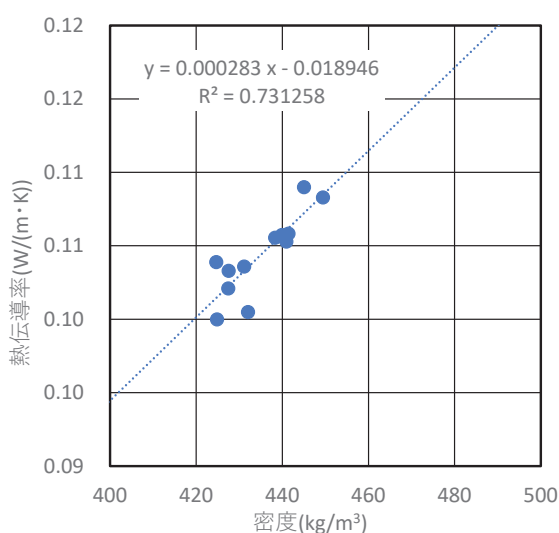
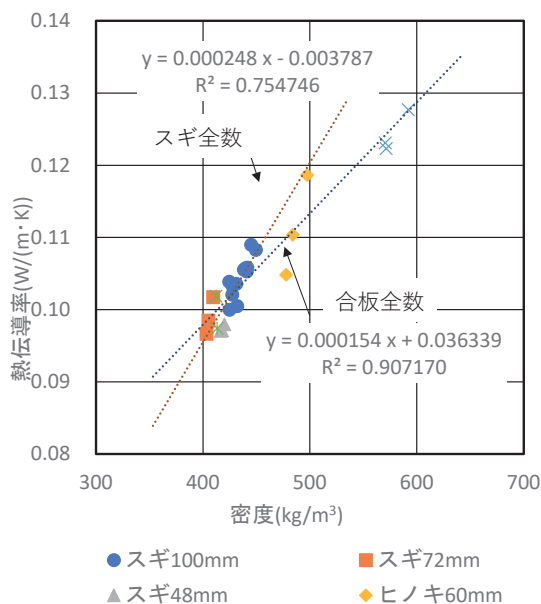


図 10-3 密度と熱伝導率の関係  
(スギ 100mm)



●スギ100mm      ■スギ72mm  
▲スギ48mm      ◆ヒノキ60mm

図 10-4 密度と熱伝導率の関係  
(合板全数)

図

### 10.3 透湿性能の測定

湿気に係る性能のうち、結露性状計算等に使用されることの多い透湿性能の測定を行った。

#### (1) 試験方法

透湿性能の測定は JIS A 1324「建築材料の透湿性測定方法」のうち透湿カップ法を用いた。透湿カップ法は建築面材料の透湿係数を測定することを目的とした試験方法である。図 10-5 に示すようなアルミ性のカップ状治具の内部に吸湿剤である塩化カルシウムを 500g 入れ、その上に透湿対象部分のみを開放しその他の部分をアルミテープで断湿した試験体を設置し、アルミテープとパラフィンで隙間をシールする。この試験体を 23℃50%RH の環



境下におき、質量変化を経時的に測定し、質量増加が一定となった時点で材内の湿気移動が一定になったと見なし、その時点の質量増加量から透湿係数を算出する。試験は質量増加が 50g を超えた時点で終了することとなっている。これは、吸湿剤の塩化カルシウムの吸湿力が低下するためとされている。一方、試験自体が厚さ 10mm 程度の無機系の建築材料を対象として設計されていると想定され、近年利用が進みつつある厚物合板、CLT 等の木質材料の測定を行う場合、試験開始時に材内に存在する水分量が多いため、材内の湿気移動が一定となる前に質量増加が試験終了の目安である 50g を超えてしまう場合があった。この問題を解決するために、森林総合研究所、静岡大学、北海道立総合研究機構林産試験場で、吸湿剤を交換可能なボルト締め透湿カップを開発した<sup>4)</sup>。これは、ステンレス製のカップと試験固定用のボルト締めステンレス枠から構成されており、試験体とカップ間のシールはゴムパッキンで行われている(図 10-6)。今回、超厚合板の透湿係数を測定するにあたり、このボルト締め透湿カップを使用することとした。

試験に先立ちボルト締め透湿カップのシール性を確認するため、厚さ 3mm の中空ポリプロピレン樹脂板を 300mm 角に裁断したものを 2 枚重ね、端部をアルミテープでシールしてボルト締め透湿カップに取り付けた。取り付けた試験体を 23℃50%RH の環境下におき、質量変化を 1 週間測定したところ、質量増加が発生しなかったことからシール性は保たれていると判断した。

測定に用いた試験体は、令和 3 年度に生産された厚さ 144mm のスギ厚物合板のうち、1 回の熱圧で製造するワンショット合板と厚物合板を積層して製造した 2 次接着合板の 2 種類であり、それぞれ n=1 計 2 体である。また、超厚合板は従来の木質面材料に比較して極めて厚く、短期的にはカップ内部の吸湿剤による水分移動より試験時周囲の温湿度変動等による吸放湿の影響を受ける可能性がある。また、試験体は試験開始前に 23℃50%RH の恒温恒湿室内で 24 時間あたりの質量変化が 0.1%以下となるまで養生したが、大断面のため内部は平衡状態になっていない可能性も考えられた。これらのことから、試験体と同様の温湿度条件で取り扱った合板をブランク試験体として透湿カップ試験体と同様に経時的に質量計測を行い、上記の影響を排除することとした。ブランク試験体は周囲を透湿カップ試験体と同様にアルミテープで断湿し、裏面は 3mm 厚の中空ポリプロピレンで断湿した。

作製した試験体およびブランク試験体を 23℃50%RH の恒温恒湿室内に設置し、経時的に質量を測定した。質量測定には電子天秤(エーアンドディ社:GX-32001M, 最小秤量ともに 0.1g)を用いた。なお、本試験は令和 3 年度から継続的に実施しているものである。

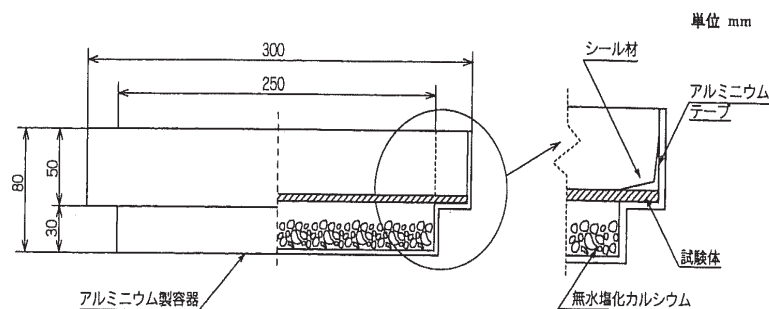


図 10-5 JIS A 1324 における透湿カップの模式図<sup>3)</sup>

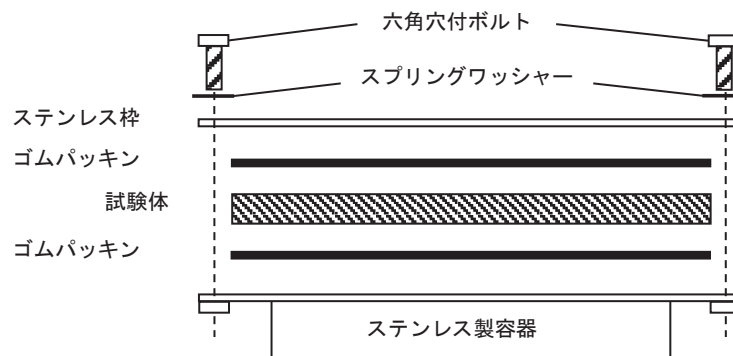


図 10-6 ボルト締め透湿カップの模式図<sup>4)</sup>

(2) 測定結果

透湿カップの質量変化量からブランク試験体の質量変化量を除したものを透湿による質量変化量として図 10-7 に、測定間隔日から計算した 1 日あたり質量変化量を図 10-8 に示す。2 次接着合板は測定開始から 300 日後までは質量が減少し、23°C50%RH の養生が十分ではなく、材料全体が乾燥傾向にあったと推測された。その後、ワンショット合板、2 次接着合板とも質量が増加したが、図 10-8 に示すように 1 日あたりの質量変化は一定とはならなかった。その後、測定から 500 日後に使用していた恒温恒湿室が故障し、温湿度制御ができない状況が約 1 ヶ月続いた。修理後に 23°C50%RH での測定を再び開始したが、試験開始から 700 日経過後も透湿係数等を算出する状況には至っていない。機械の専有時間を含め、厚さ 144mm の超厚合板の透湿性能の測定はカップ法では現実的ではないと言える。本測定は今後も継続して行う予定であるが、透湿性能の測定手法については他の手法の検討も必要であろう。

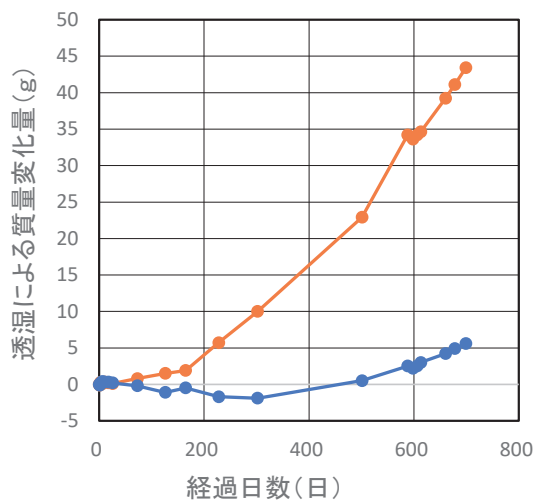


図 10-7 透湿による質量の経時変化

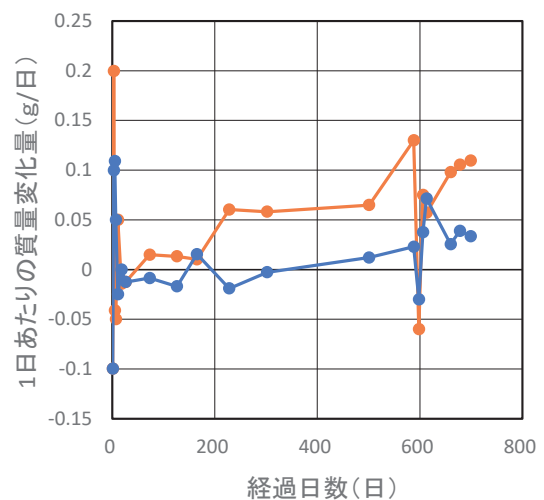


図 10-8 1 日あたりの質量変化量

#### 10.4 令和4年度生産試験体の含水率と厚さ変化

令和4年度に生産された48～96mm厚の超厚合板について、温度23℃相対湿度11%～97%での平衡含水率と厚さ変化量を測定した。

##### (1) 試験方法

試験に使用した合板を表10-2に示す。それぞれ、ベースとなる合板から長手300mm、短手300mmで製造企業において切り出された供試体3体のうち1体を試験機関で裁断し、長さ：90mm、幅：20mm、厚さ：製品厚さの試験体を20体得た。これを湿度5条件に割り振り、各湿度条件について4体の試験体を用いた。

得られた試験体を23℃50%RHの恒温恒湿室内で養生した後、同じく23℃50%RHの恒温恒湿室内に設置された飽和塩水溶液によって一定湿度に調整されたデシケータ内に投入した。測定湿度条件と使用した飽和塩水溶液名の関係を表10-3に示す。デシケータ内で約2ヶ月調湿した後、約3日ごとに試験体を取り出して質量を測定し、1日あたりの質量変化が0.1%以下になった時点で平衡に達したと判断した。試験体質量は電子天秤（島津製作所製：TW423N、最小ひょう量0.001g）を用いて測定し、試験体厚さをリニアゲージ（ミットヨ社：ID-C1050XB、測定最小値：0.001mm）にて測定した。その後、試験体を103℃の乾燥器にて絶乾状態とし、同様に質量と厚さを測定して含水率と絶乾状態に対する各湿度条件での厚さ変化率を算出した。なお、相対湿度50%の平衡含水率、厚さ変化率については、相対湿度11%用の試験体の養生時の測定値を用いた。

材厚が測定範囲を超えるために、あらかじめ寸法が既知のステンレス製ブロックを測定ステージにおき、これの高さで零点を調整した後にブロックを除去して測定を行った。なお、標準となるステンレス製ブロックは23℃の恒温室内にて保管して寸法安定性の確保に努めた。

表10-2 試験に用いた合板

試験体番号	樹種	製品厚さ (mm)	全乾密度 (kg/m <sup>3</sup> )
C2	スギ	48	390
C3		72	379
96		96	455
F	ヒノキ	60	555
H	カラマツ	60	383

表10-3 使用した飽和塩水溶液

相対湿度(23℃)	飽和塩水溶液
11	塩化リチウム
33	塩化マグネシウム
50	(恒温恒湿室)
75	塩化ナトリウム
93	硝酸カリウム
97	硫化カリウム

##### (2) 測定結果

図10-9に相対湿度と平衡含水率の関係を示す。また、図10-10に相対湿度と全乾時に対する厚さ変化率の関係、図10-11に平衡含水率と厚さ変化率の関係を示す。

両者の関係はほぼ直線関係となったが、高湿度域、高含水率域ではヒノキの厚さ変化率がやや高い傾向が見られた。なお、直線域での含水率1%当たりの厚さ変化率は0.18%であり令和4年度の測定値0.2%に近い値となった。

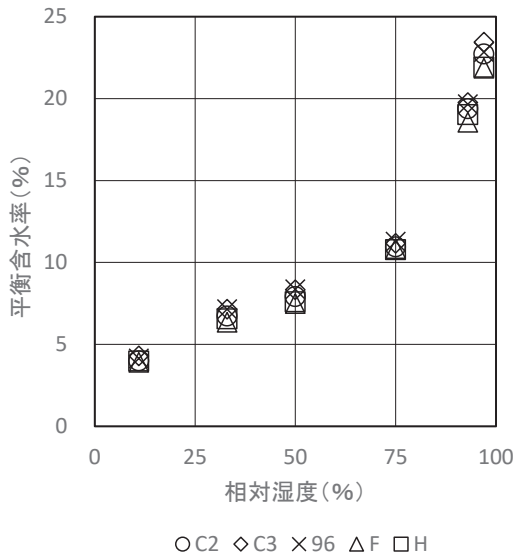


図 10-9 相対湿度と平衡含水率

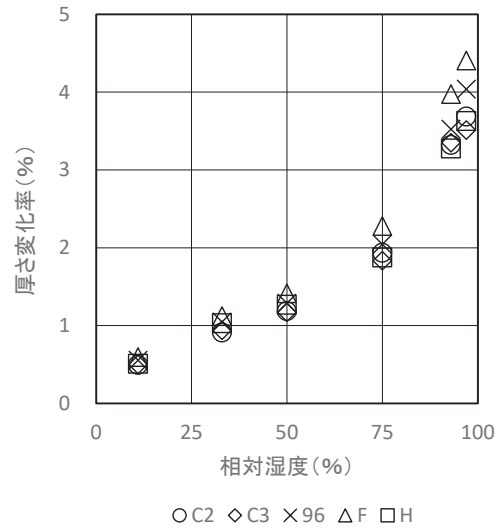


図 10-10 相対湿度と厚さ変化率

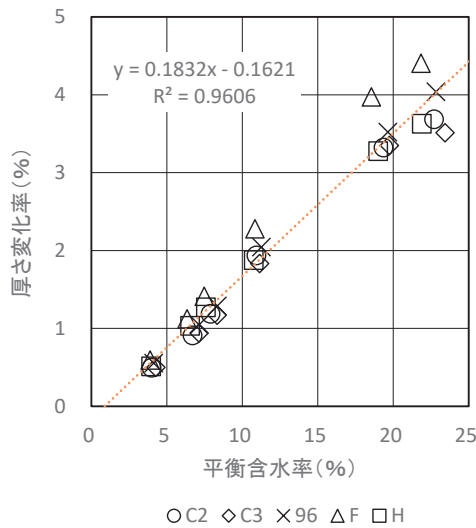


図 10-11 平衡含水率と厚さ変化率

### 10.5 令和 5 年度生産試験体の寸法変化

令和 5 年度生産試験体のうち、厚さ 120mm のスギ超厚合板（水性高分子イソシアネート系接着剤）について、温度を 23℃一定のまま相対湿度を 50%から 90%に変化させ、吸湿による寸法変化を測定した。今回用いた試験体は層構成が通常の合板型、LVL 型、直交層を含む B 種 LVL 型の 3 種であったため、厚さ変化以外にも長さ、幅方向の寸法変化を測定した。なお、吸湿時の寸法変化については、令和 3 年度から 4 年度において 144mm のスギ超厚合板を用いて長さ：300mm、幅：100mm、厚さ：製品厚さの試験体による測定を行ったが、試験開始から 1 年経過後も重量が安定せず、試験装置の都合から測定を中止した。そこで、今回は吸湿時間を短縮するために幅を大きく減じた試験体による測定を試みた。

## (1) 試験方法

試験体の寸法は前出のように吸湿時間を短くするために長さ 250mm×幅 20mm×製品厚とした。ベースとなる合板から表層単板 0° 方向 250mm, 90° 方向 300mm に製造企業において切り出された供試体から, 図 10-12 に示すように繊維方向ごとに各 2 枚の試験体を測定機関で切り出した。供試体を各層構成ごとに 2 体用意したことから, 各条件の試験体数は n=4 となった。得られた試験体の概要を表 10-4 に示す。各試験体は加工後に 23°C50%RH の恒温恒湿室内で 24 時間あたりの質量変化率が 0.1% になるまで養生した。質量測定には電子天秤 (エーアンドディ社 : FZ-5000i, 秤量最小値 0.01g) を用いた。寸法測定においては, 厚さ方向はリニアゲージ (ミットヨ社 : ID-C1050XB, 測定最小値 : 0.001mm) を用いて中央部, 両端部から 10mm の 3 点の測定を行った。長さ方向の測定には, 図 10-13 に示す。リニアゲージ (ミットヨ社 : ID-C1050XB, 測定最小値 : 0.001mm) を加工した線膨張率 (LE) 測定器を使用し, 中央部と両端部 (端部から 10mm) の 3 点の測定を行った。幅方向はデジタルネックノギス (ミットヨ社 : NTD-15, 測定最小値 : 0.01mm) を用いて, 隅角部から約 10mm の位置で測定を行った。リニアゲージ, LE 測定器については, あらかじめ寸法が既知のステンレス製ブロック, 定規を測定ステージにおき, これを用いて零点を調整した後にブロック, 定規を除去して測定を行った。養生後の試験体の質量および寸法を測定した後, 23°C90%RH の恒温恒湿槽 (エスペック社 : PR-2J, 容量 225L) に試験体を投入し, 吸湿を行った。吸湿開始から約 2 ヶ月の間, 数日毎に重量測定を行い, 1 日毎の重量変化が 0.1% 以下になった時点で寸法を測定した。その後, 試験体を 103°C の乾燥器にて絶乾状態とし, 同様に質量と寸法を測定し, 含水率と寸法変化率を算出した。

表 10-4 試験体番号と層構成の関係

試験体番号	試験体長さ方向の構成単板数		密度 (kg/m <sup>3</sup> )		
	繊維方向	直交方向	23°C50%RH	23°C90%RH	全乾
LVL型-A	74	0	417	431	396
LVL型-B	0	74	407	423	389
B種LVL型-A	52	22	430	448	400
B種LV型L-B	22	52	428	447	397
合板型-A	38	36	426	447	397
合板型-B	36	38	436	458	407

## (2) 測定結果

図 10-14 に含水率を示す。相対湿度 50% (養生時), 90% ともに層構成による差異は殆ど見られなかった。図 10-15 に全乾状態を基準とした厚さ方向の寸法変化量を示す。相対湿度 90% の場合では LVL 型の寸法変化量が最も小さかった。一方, 試験体長さ方向および幅方向の寸法変化量を図 10-16 及び図 10-17 に示す。LVL 型-A, LVL 型-B の双方で繊維直交方向の寸法変化が非常に大きい結果となった。また, 3 方向の寸法変化率の和を体積変化率とし, 図 10-18 に示す。体積変化率は LVL 型が最も大きかった。LVL 型では繊維直交方向の寸法変化が大きいことによって, ポアソン効果によって厚さ方向の寸法変化が減じられた可能性が考えられる。これらのことから, 層構成に偏りのある試験体を含めて厚さの寸法安定性を検討する場合は, 試験体形状や評価方法等に注意する必要があると考えられた。

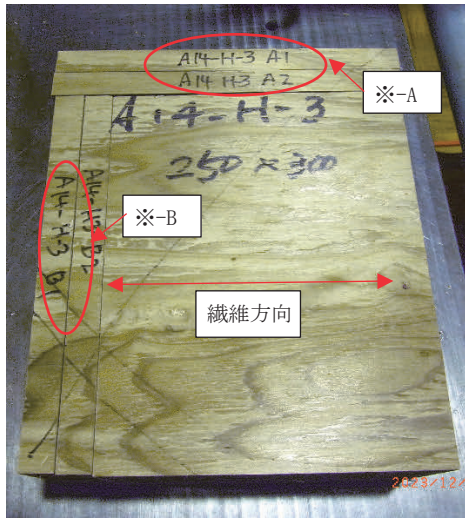


図 10-12 試験体の切り出し例

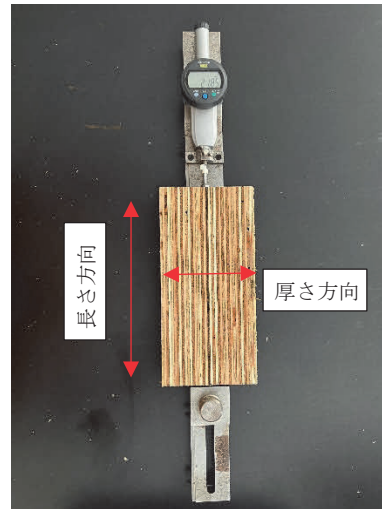


図 10-13 LE 測定器による測定

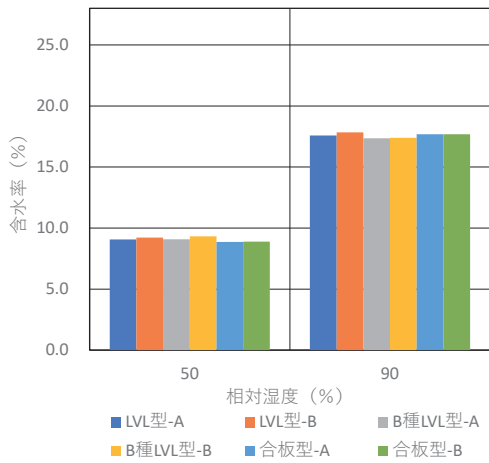


図 10-14 試験体含水率

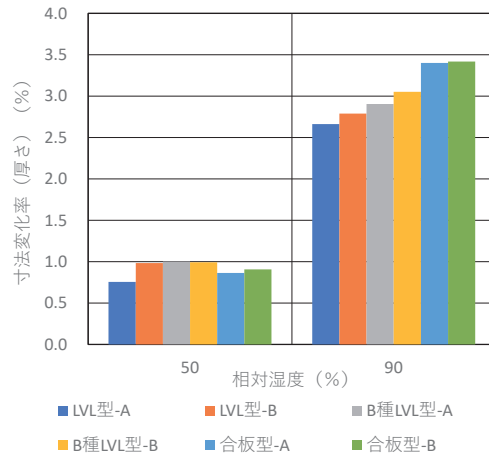


図 10-15 寸法変化率 (厚さ)

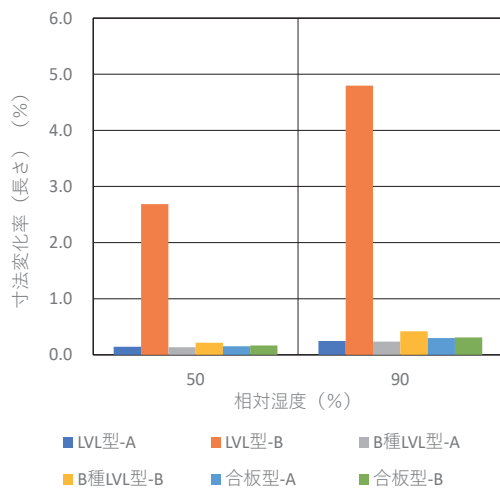


図 10-16 寸法変化率 (長さ)

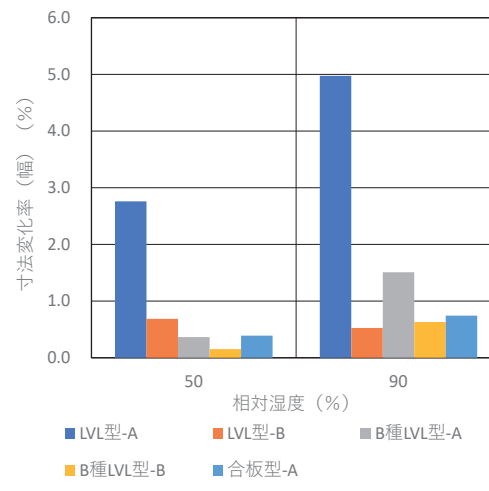


図 10-17 寸法変化率 (幅)

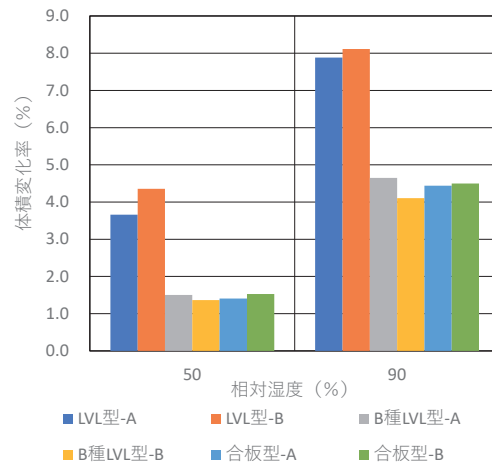


図 10-18 体積変化率

## 10.6 まとめ

- (1) 令和4年度の測定を含めて、スギ超厚合板の熱伝導率は0.096から0.104 W/(m・K)の範囲内にあり、平均値は0.099 W/(m・K)であった。熱伝導率の平均値に標準偏差の2倍を加えた値の最大は0.11 W/(m・K)であり、従来の建築物の断熱計算に用いられる合板の値(0.16 W/(m・K))より小さく、従来の合板の値を超厚合板に用いることは妥当であるが、実際の断熱性能より低く計算される可能性がある。
- (2) 厚さ144mmのスギ超厚合板のカップ法による透湿性能測定は、試験開始後700日経過後も安定せず、試験方法の検討が必要であることが示唆された。
- (3) 超厚合板の含水率と厚さ変化率の間には直線関係が示された。含水率1%あたりの厚さ変化率は0.18であり、昨年度の測定結果に近い値であった。
- (4) 超厚合板の吸湿による厚さ変化では、構成する単板の繊維方向に偏りがある場合は、面内方向の寸法変化が大きくなる場合があり、ポアソン効果によって厚さ方向の寸法変化が小さくなる可能性が考えられた。

## 参考文献

- 1) 一財)住宅・建築SDGs推進センター：材料の熱定数表  
[https://www.ibecs.or.jp/best/files/tec\\_info/material\\_3.pdf](https://www.ibecs.or.jp/best/files/tec_info/material_3.pdf) (参照 2024. 3. 19)
- 2) 一財)住宅・建築SDGs推進センター：検討結果回答書  
[https://www.ibecs.or.jp/contact\\_point/files/3-001-1700005.pdf](https://www.ibecs.or.jp/contact_point/files/3-001-1700005.pdf) (参照 2024. 3. 19)
- 3) 日本産業規格：JIS A 1324：1995，建築材料の透湿性測定方法（1995）
- 4) 田中 孝，朝倉靖弘，渋沢龍也：木材工業（投稿中）

## 11. 総括

本事業では、スギを対象樹種とし、全層の単板を  $60\text{tf}/\text{cm}^2$  以上で選別し、厚さ 144、120、100mm の超厚合板および構成比率を 100、70 以上、50%程度とした超厚合板を試作し、製造因子の影響について検討した。さらに、超厚合板の曲げ性能、水平せん断性能、水平せん断試験方法、接着性能、接合部性能、断熱・透湿性能および含水率・寸法変化について実験的検討を行い、以下の知見を得た。

### 11.1 試作試験結果について

製品厚さおよび単板の構成比率を変えた超厚合板を試作した。ワンショットにおいても  $3\times 10$  板であれば全く問題なく試作できたが、直交層単板の多い構成比率の場合、単板の積層に時間を要することに改善の余地があるため、厚物合板の2次接着による製造方法も検討すべきである。そのためには、性能上適正な単板構成・構成比率を導出した上で、当該仕様の超厚合板を容易に試作できるよう製造装置を考案する必要がある。

### 11.2 曲げ試験結果について

厚さ 100mm のスギ超厚合板の4点曲げ試験において、厚さに対して試験スパンが7倍-7倍-7倍(3等分点)の条件で、曲げ破壊を先行させて試験することが可能であった。厚さ 120mm の超厚合板については、試験装置の制限から、全スパンは厚さの21倍としたが、試験スパンは7.58倍-5.83倍-7.58倍の条件となったが、試験は実施可能であった。試験により得られた荷重変位の関係から曲げ強度、見かけの曲げヤング係数、真の曲げヤング係数の算出も可能であった。

供試した試験体の構成比率の影響についてみると、構成比率が高い仕様ほど曲げ強度、曲げヤング係数ともに高い値を示し、構成比率が下がるにつれて両数値は低下する傾向を示した。低下の傾向は有効断面係数比および有効断面2次モーメント比の低下と対応するものと考えられる。

供試した試験体の厚さの影響についてみると、厚さ 120mm の仕様は厚さ 100mm のものと比較して高い曲げ性能を示した。昨年度の結果では、厚さ 48mm のみ他の厚さと比較して曲げ性能が高かった。本年度の結果では、それより厚い範囲まで曲げ性能の向上が見られたこととなる。同一の強度水準の単板を使用している場合、単板が負担可能な外力は同水準となるが、厚さが厚くなるほど、最外層に生じる縁応力が高くなることから、一般に厚さが厚くなると曲げ性能はある範囲で向上しなくなり、やがて減少する様に算出される。本年度の結果では、厚さ 120mm まで曲げ性能が向上しており、超厚合板の厚さが性能に寄与する範囲が昨年度の結果より拡大していることとなるが更に検討が必要である。

また、構成比率が高いほど、曲げ性能は向上していたが、これは有効断面2次モーメント比、有効断面係数比が増加する効果であると考えられる。構成比率を高くすることは、同じ厚さの製品の強軸方向性能を向上させる一手法であるが、その際、弱軸方向の性能は低下しているため、製品厚さと構成比率の2つの因子を勘案して製品設計を行う必要がある。

### 11.3 水平せん断試験結果について



短スパン 3 点曲げ方式の水平せん断試験により、144、60、48mm の超厚合板について層内せん断性能を評価し、加圧板の形状(曲板：曲率 75mm、平板：接する幅 40mm、下側端部 R2mm) およびスパン梁成比(3h、4h、5h、6h、h：試験体梁成)の影響について検討した。その結果、スパン梁成比 5h、6h の場合、加圧板の形状の影響はみられず、せん断破壊を生じさせることが可能であった。スパン梁成比が小さい場合にせん断破壊が生じない理由は、めり込みが先行するためであると推察された。これらの傾向は樹種毎に異なっており、全ての樹種・厚さ等の仕様に適用可能な試験条件を導出するためには、さらに検討を要する。

#### 11.4 水平せん断試験方法の検討結果について

水平せん断試験法は、中央集中曲げ試験を短スパン条件で実施することで曲げ破壊に先行してせん断破壊を起こさせてせん断強度を算出する試験法であり、簡便にせん断強度を求めることができる手法ではある。しかし、スパンが長いと曲げ破壊が先行して発生するためせん断破壊が起こらず、逆に、スパンが短いとせん断破壊に至るまでの必要荷重が極めて大きくなり、加力点および支点で大きなめり込みが発生してその影響を受けてしまうという問題点がある。

LVL の日本農林規格では、スパンを試験体の厚さ(h)の 4 倍とし、荷重点用治具として先端部の曲率半径がほぼ 1.5h のものを用いるように定められているのに対し、直交集成板(CLT)の日本農林規格(CLT の日本農林規格では「水平せん断試験」ではなく「せん断試験」と呼ぶ)では、スパンを試験体の厚さ(h)の 5 倍とするよう定められており、荷重点については特に定めはない。構造用木材の強度試験マニュアル((公財) 日本住宅・木材技術センター)では、スパン 6h で試験を行うように定められているなど、規格により試験法が異なっている。したがって、超厚合板においてせん断破壊を生じさせる最適な試験条件を定める必要があり、そのためには、「正しい」せん断強度を把握する必要がある。

このことから昨年度は、水平せん断試験よりも曲げ破壊が起こりにくく、せん断破壊が発生しやすい逆対象 4 点荷重方式せん断試験法によるせん断試験を実施し、樹種および構成比率の影響を検討した。さらに、CLT の日本農林規格に準拠した水平せん断試験を行い、逆対象 4 点荷重方式せん断試験法により得られたせん断強度との比較検討をおこなった。その結果、ヒノキおよびカラマツの 2 樹種については、逆対象 4 点荷重方式せん断試験により「正しい」せん断強度を得ることができた。また、この 2 樹種については、CLT の JAS 規格に準拠した水平せん断試験において、ほぼすべての試験体がせん断破壊で破壊しており、その平均値は、逆対象 4 点荷重方式せん断試験より得られた平均値と統計的に有意差がみられない値となったことから、CLT の JAS 規格に準拠した水平せん断試験でも正しいせん断強度が得られる可能性が高いという結果が得られた。これに対し、スギについては逆対象 4 点荷重方式せん断試験では「正しい」せん断強度を求めることが可能であること、CLT の JAS 規格に準拠した水平せん断試験で正しいせん断強度が得られる可能性が高いことを示唆する結果が得られたが、同時に仕様によっては逆対象 4 点荷重方式せん断試験では「正しい」せん断強度を求めることが難しいことが示唆される結果が得られた。

これらを踏まえて、本年度は、昨年度試験を実施したすべての仕様に対して LVL の日本農林規格に準拠する水平せん断試験を追加実施し、昨年度実施した逆対象 4 点荷重方式せん断試験法により得られたせん断強度との比較検討をおこなった。さらに、厚さの違いに

よる影響を見ることを目的として、LVL型、B種LVL型、通常合板型の3つの構成比率タイプについて、厚さ120mm、100mmのスギ合板の逆対象4点荷重方式せん断試験および水平せん断試験を行い、比較検討をおこなった。

その結果、超厚合板の水平せん断試験条件としては、単板積層材の日本農林規格に準拠した試験条件(スパン：4h、加力点の曲率半径：1.5h)が最適な試験条件であるという結果が得られた。スパン4hで加力点に平板を用いた試験法、CLT規格に準拠した試験法でもほとんど得られるせん断強度に差はないので、利便性を考えると加力点には平板を用いる試験法を採用しても大きな問題はないと思われる。ただし、加力点の加圧板の幅が広くなりすぎるとせん断強度に影響する可能性があるため、幅を梁成(試験体厚さ)と同寸法程度以下にするといった制限を設ける必要はあると思われる。

なお、以上の結果は、主に試験体数が3体のみの厚さ60mmの超厚合板の水平せん断試験から得られた結果に基づくものであり、さらに追加の検証を行っていく必要がある。また、スギについては、逆対象4点荷重方式せん断試験でも曲げ破壊が比較的多く発生しており、基準となる「正しい」せん断強度を得るための試験法についても、さらに検討する必要がある。

#### 11.5 接着性能試験結果について

試作した超厚合板の接着性能について、構成要素が同じ単板であり、かつ、比較的厚い製品が存在する単板積層材の接着性能評価方法を用いて、接着性能の把握と当該評価方法の適用性の検証をおこなった。さらに、当該試験を用いた場合の判定基準の設定に資するデータ解析をおこなった。

その結果、層構成の影響に関して構成比率と剝離率について一定の関係はみられなかったが、構成比率だけでなく平行層の配置等の影響があることが示唆された。超厚合板の製品化においては多様な層構成が想定されるため、今後、剝離率など接着性能の判定基準の設定にあたっては更なる検証が必要と考えられる。単板樹種の影響に関して、カラマツを用いた場合は剝離率が高くなる傾向が見られた。実際の製造にあたっては、実証試験を踏まえて樹種に適した製造条件を設定していく必要がある。

試験体厚さ及び接着条件の影響については、本年度の検討範囲では明確な傾向が見られず、供試試験体において良好な接着が得られていたことが示された。

#### 11.6 接合部性能試験結果について

接合部の性能として、接合具のめり込みに対応する支圧性能および鋼板挿入ドリフトピン2面せん断性能を測定した。降伏支圧応力は超厚合板厚さが同じ場合、治具径が小さい方が大きい方より大きくなり、治具径が同じ場合には、表層単板の繊維方向の影響はほぼ見受けられなかった。支圧剛性にも同様の傾向が確認された。また、異なる厚さの超厚合板においては、超厚合板厚さ/治具径が同程度のものは、厚さに関わらず降伏支圧応力及び支圧剛性はほぼ同じ値を示した。

2面せん断性能については、鉛直方向試験体の場合、接合具間距離を5d(d：接合具径)確保することにより、単位接合部の構造特性値の重ね合わせが成り立つことが示唆された。水平方向試験体の場合、端距離5d仕様では接合具間距離4dまででは重ね合わせが成り立

たないことが示唆された。一方、端距離 7d 仕様では接合間距離 3d を確保することにより、構造特性値の重ね合わせが成り立つことが示唆された。これらの知見は実際の接合部の設計に重要な知見である。

#### 11.7 屋根構面利用に関する試験結果について

超厚合板の屋根構面利用を想定し、幅方向に接合した超厚合板を鉄骨柱の柱頭でピン支持された荷重版とし、地震力は鉄骨柱に抵抗させる構造計画について検討した。パネル間のスプライン接合については、面外曲げ性能の特性値を導出するとともに、面内せん断性能の寸法効果を導出した。また、超厚合板と柱頭接合部のモーメント抵抗性能について解析したところ、構造計画に従った屋根構面が成立することがわかった。

#### 11.8 含水率変化に関する試験結果について

近年、ゼロカーボンの流れから住宅の高断熱化が推奨され、住宅性能表示制度においても、省エネルギー性能の上位等級(等級 6、7)が新設される等の動きがある。建築物の設計において断熱性能の計算は必須のものとなっていることから、新たに開発される材料については熱伝導率等の物性値を明らかにする必要がある。また、建築物の長寿命化・高耐朽化のためには結露防止計算が必要であるが、この場合、熱伝導率とともに透湿抵抗等の湿気に係る性能値が必要となる。本事業で検討している超厚合板についても、その利用推進のためにはこれらの性能値を整備する必要がある。一方、これらの物性値を測定する試験方法は、超厚合板のような大断面を有する木質面材料に適したものとなっていない。そこで、本事業では断熱性能として熱伝導率、透湿抵抗に係る測定を行うとともに、試験の改善点を検討した。また、木質材料は水分の吸脱着により寸法変化が発生することが知られており、木質材料を使用する建築物等では寸法変化をあらかじめ予測して設計に反映する必要がある。そこで、超厚合板の吸湿による寸法変化及び平衡含水率の検討をおこなった。

含水率変化については、20°C65%RH から 20°C90%RH の条件に超厚合板を置いた場合、長さ、幅(面内方向)の寸法変化は小さかった。一方、厚さ(面外方向)の寸法変化は重量増加とともに増加する傾向がみられた。なお、今後は測定点や吸湿環境等の試験方法について改善が必要と考えられた。

断熱性能については、これまで供試した最大 100mm 厚までの超厚合板の熱伝導率の平均値は 0.096 から 0.104 W/(m・K) の範囲内にあり、(一財)住宅・建築 SDGs 推進センターが示す、0.16W/(m・k) より低い数値を示した。

透湿性能については、森林総合研究所、静岡大学、北海道立総合研究機構林産試験場で開発した、吸湿剤を交換可能なボルト締め透湿カップを用いて測定を実施している。測定開始から 700 日を経過したが、質量変化率がまだ安定せず、透湿係数等の算出のためにはさらに測定を継続する必要がある。また、透湿性能の予測手法を検討することも重要といえる。

さらに、平衡含水率、寸法変化についても測定を継続しているが、これらの試験項目についても測定に長期間を要するため、さらに次年度以降も測定を継続する必要がある。

#### 11.9 残された課題について

超厚合板の性能に影響を与える重要な製造因子である単板の構成比率と超厚合板の厚さを変えた試作試験を行い、製造因子と基礎物性、接合部性能、床構面性能の関係を把握した。試作試験結果より、建物の要求性能に応じた超厚合板の製造条件を決めることが可能となる。性能評価結果より、今回試作・評価をおこなった超厚合板を用いた際の、建物の構造的性能を予測することが可能となる。透湿性能および含水率・寸法変化については、経時的変化を長期間測定する必要があるため、次年度以降の継続が必要である。また、強度的性能に対する荷重継続時間の影響(長期使用による耐力性能の低減)およびクリープの影響(長期使用による変形増大係数)についても、今後検討する必要がある。

次年度以降、その他の製造因子を含め、さらに検討を行い、簡便な品質管理手法や設計用特性値の導出手法を確立し、要求性能を把握するとともに性能データの蓄積を図ることで、超厚合板の実用化に資する研究を進めたい。

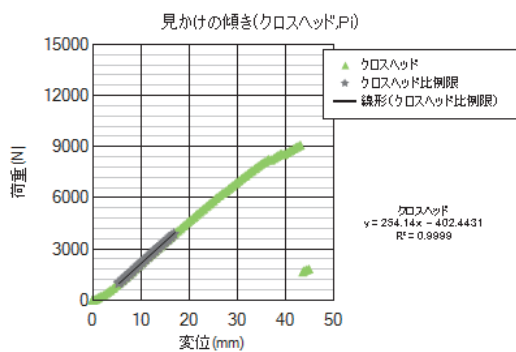
最後に、助成元を始めとする、本事業の実施にあたり多大なご尽力を賜った関係各位に深甚の謝意を表す。

## 12. 付録

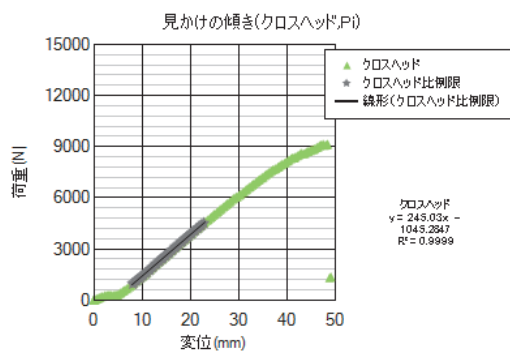
### 12.1 データ、写真

#### 12.1.1 曲げ性能

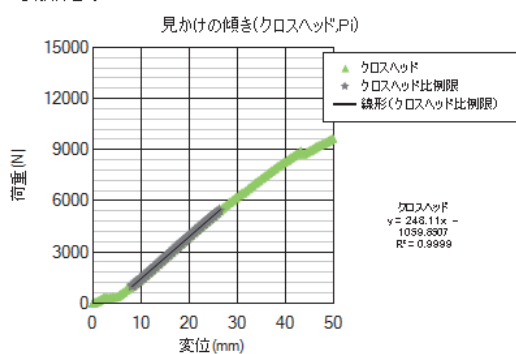
試験体番号: A11-A-01



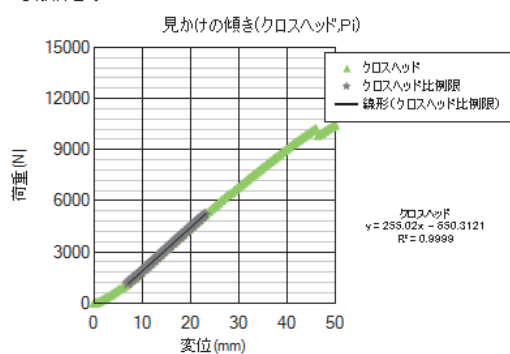
試験体番号: A11-A-02



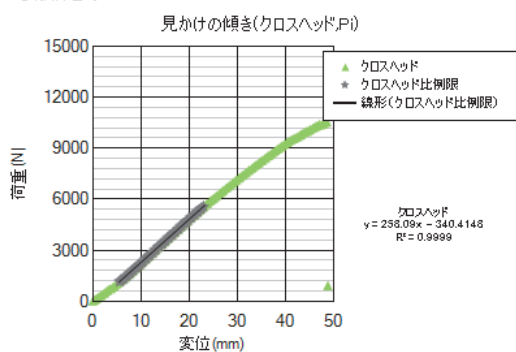
試験体番号: A11-A-03



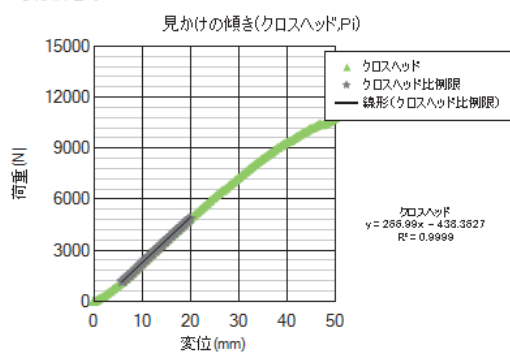
試験体番号: A11-A-04



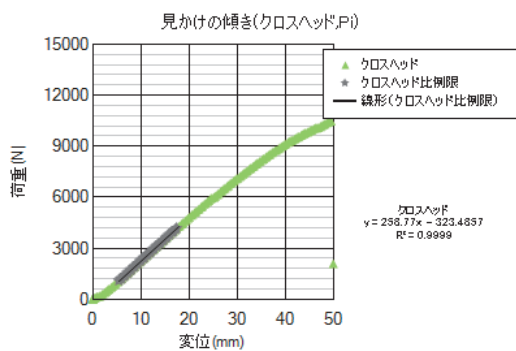
試験体番号: A11-A-05



試験体番号: A11-A-06



試験体番号: A11-A-07



試験体番号: A11-A-08

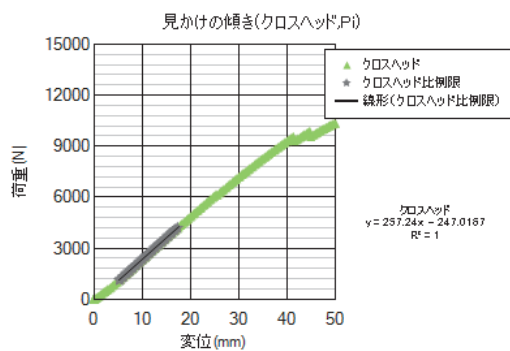
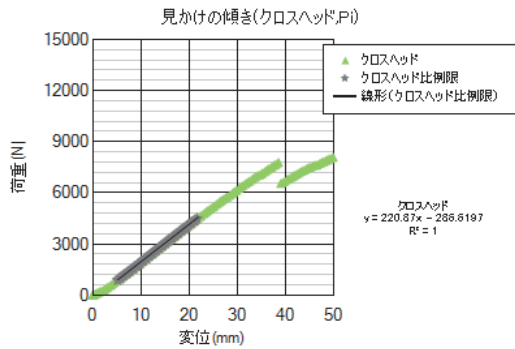
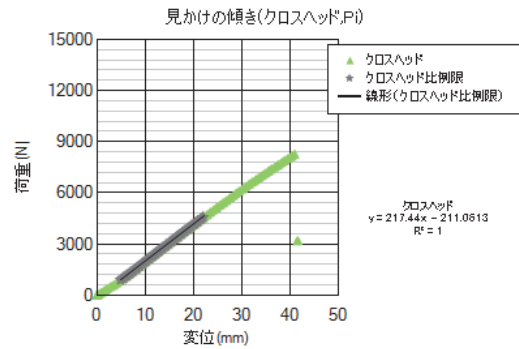


図 12.1.1-1 A11 見かけの傾きグラフ (1)

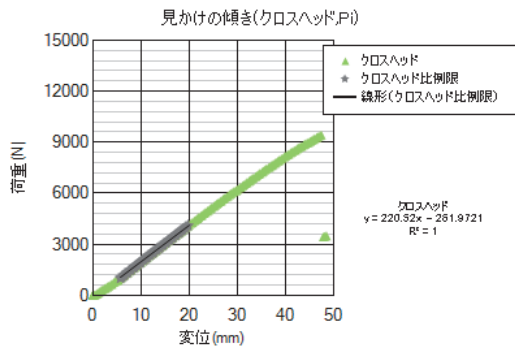
試験体番号: A11-A-09



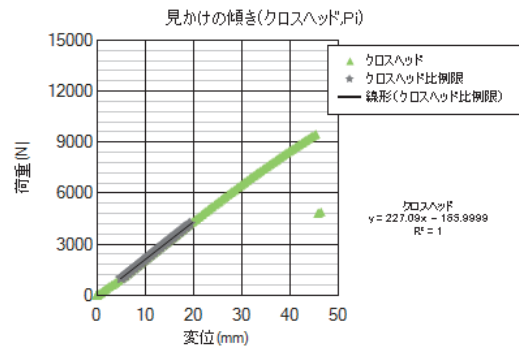
試験体番号: A11-A-10



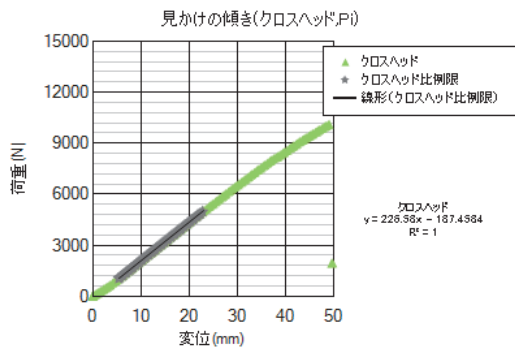
試験体番号: A11-A-11



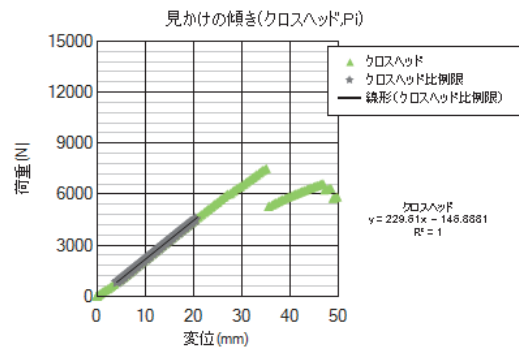
試験体番号: A11-A-12



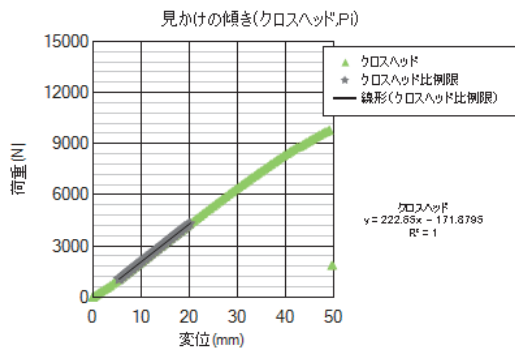
試験体番号: A11-A-13



試験体番号: A11-A-14



試験体番号: A11-A-15



試験体番号: A11-A-16

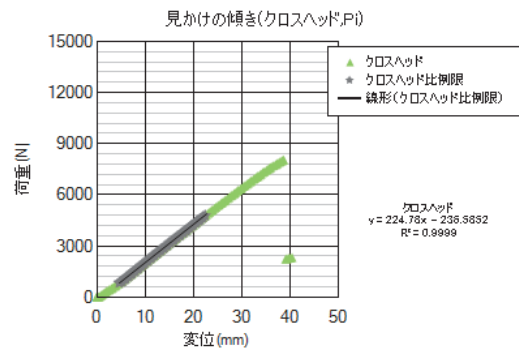
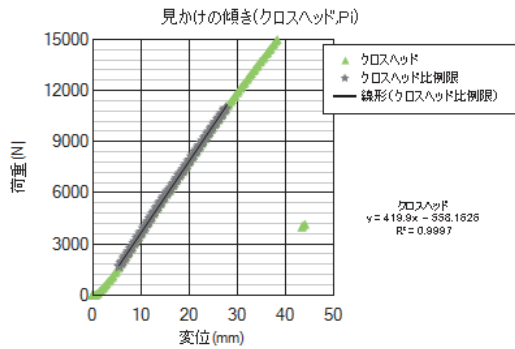
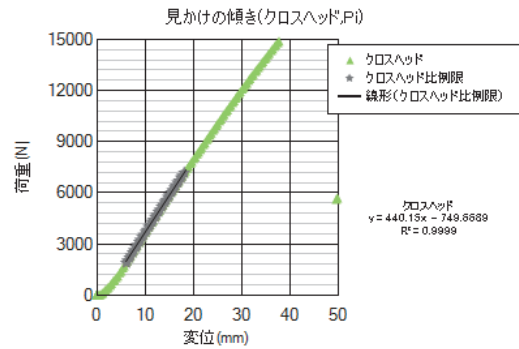


図 12.1.1-2 A11 見かけの傾きグラフ (2)

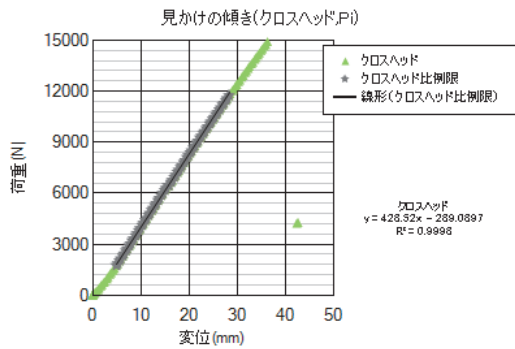
試験体番号: A12-A-01



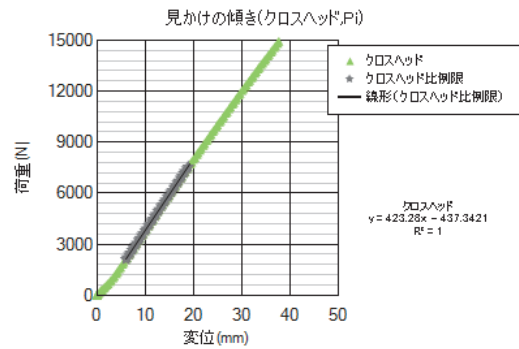
試験体番号: A12-A-02



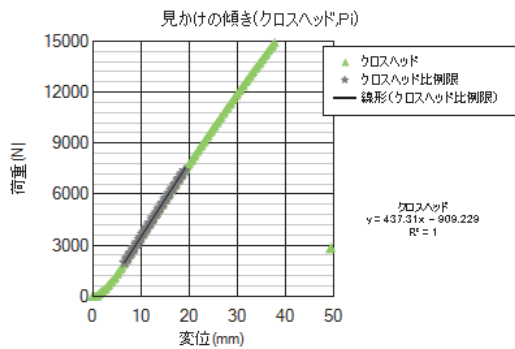
試験体番号: A12-A-03



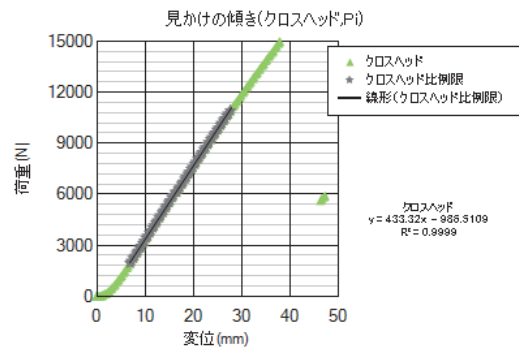
試験体番号: A12-A-04



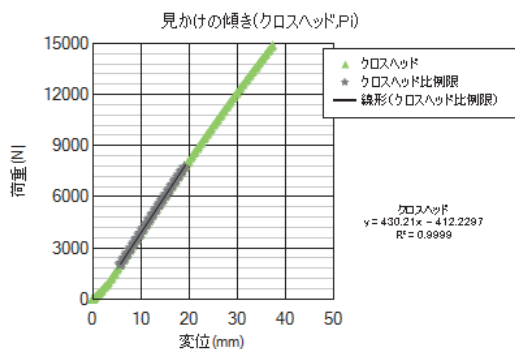
試験体番号: A12-A-05



試験体番号: A12-A-06



試験体番号: A12-A-07



試験体番号: A12-A-08

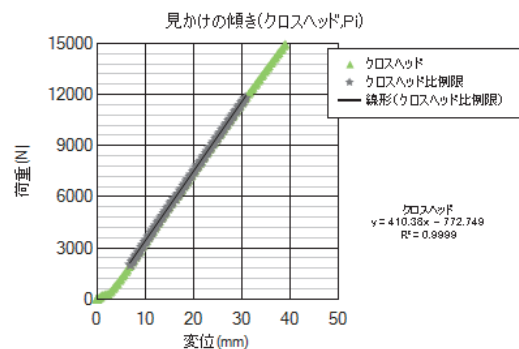
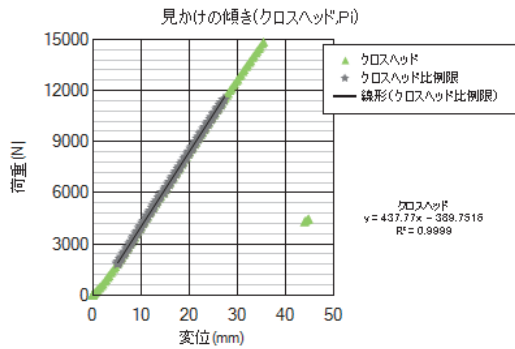
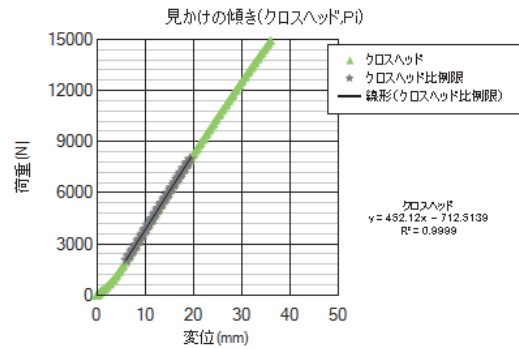


図 12.1.1-3 A12 見かけの傾きグラフ (1)

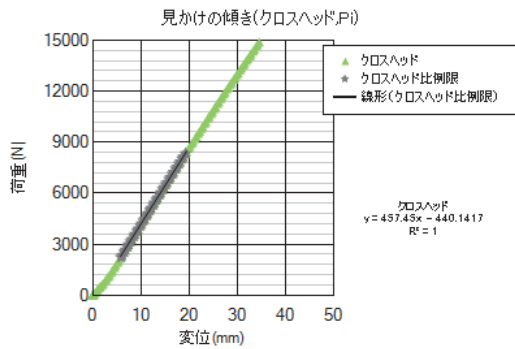
試験体番号: A12-A-09



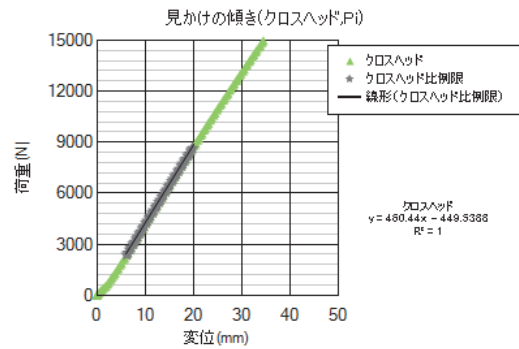
試験体番号: A12-A-10



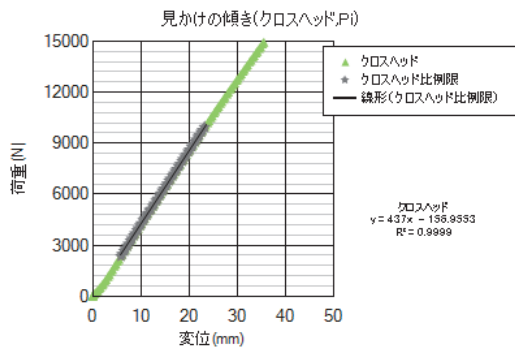
試験体番号: A12-A-11



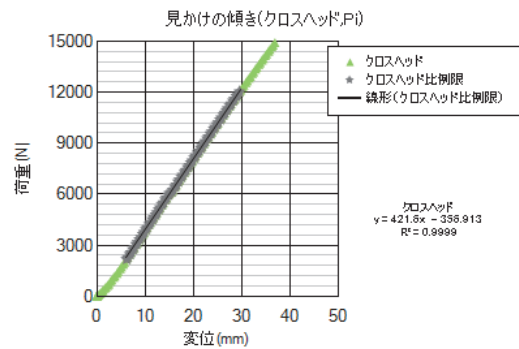
試験体番号: A12-A-12



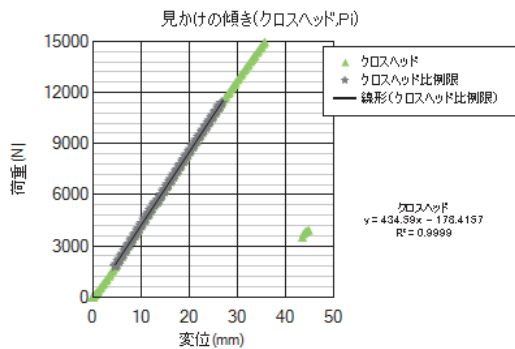
試験体番号: A12-A-13



試験体番号: A12-A-14



試験体番号: A12-A-15



試験体番号: A12-A-16

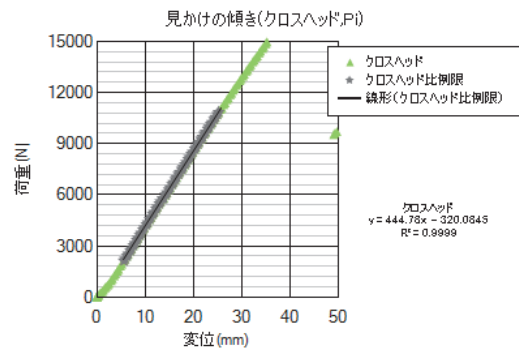
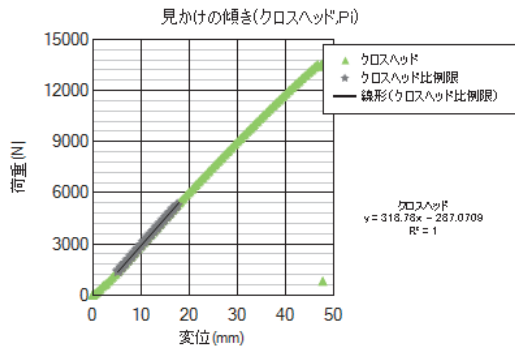


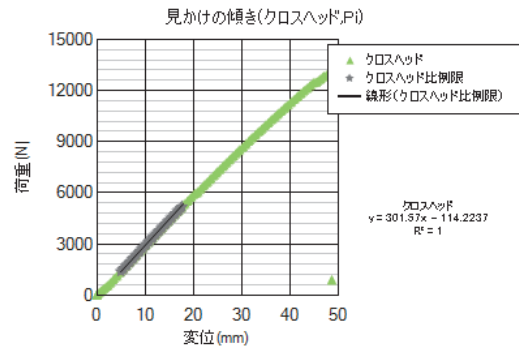
図 12.1.1-4 A12 見かけの傾きグラフ (2)



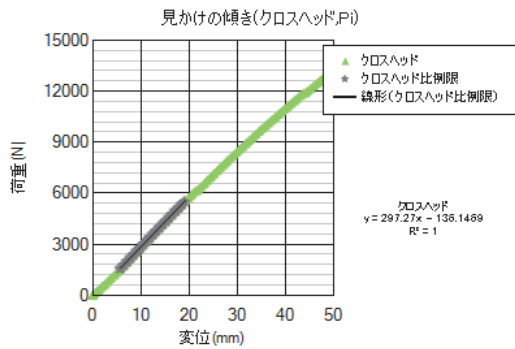
試験体番号: A13-A-01



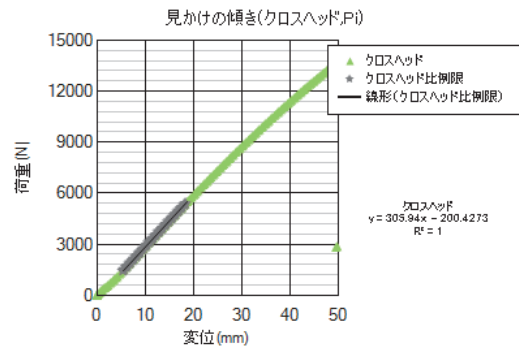
試験体番号: A13-A-02



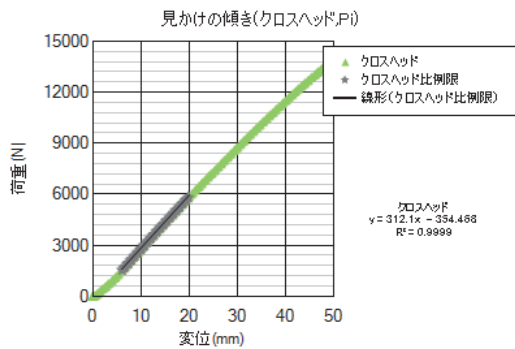
試験体番号: A13-A-03



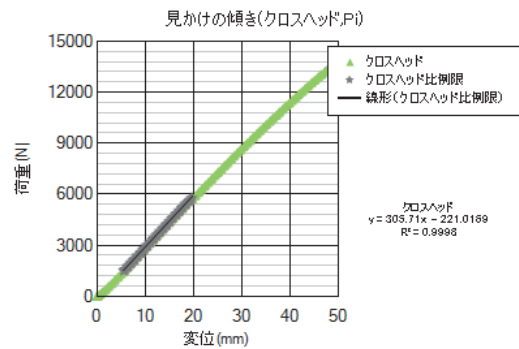
試験体番号: A13-A-04



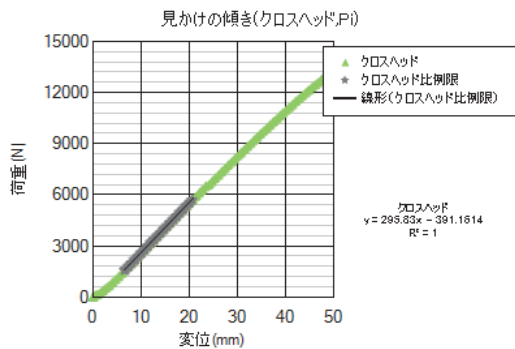
試験体番号: A13-A-05



試験体番号: A13-A-06



試験体番号: A13-A-07



試験体番号: A13-A-08

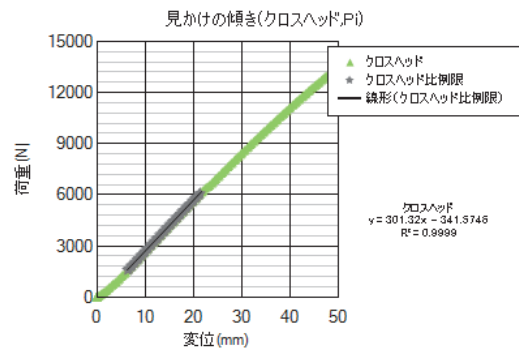
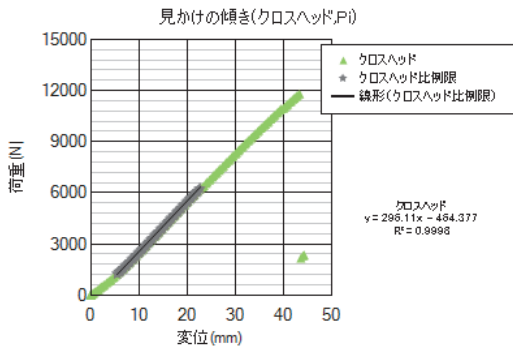
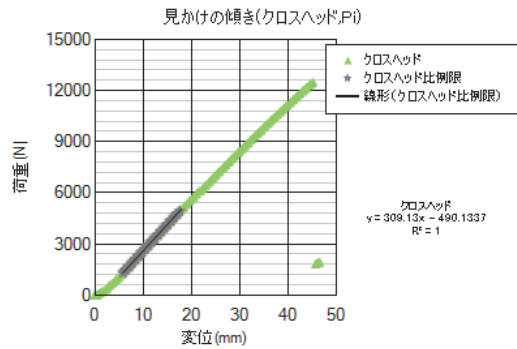


図 12.1.1-5 A13 見かけの傾きグラフ (1)

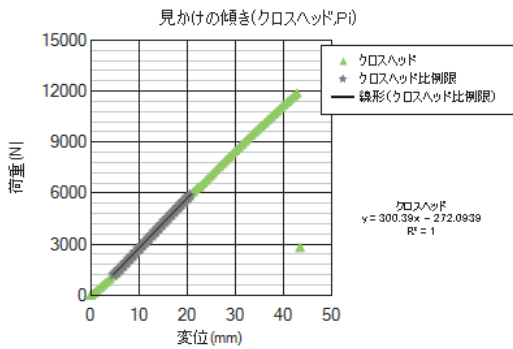
試験体番号: A13-A-09



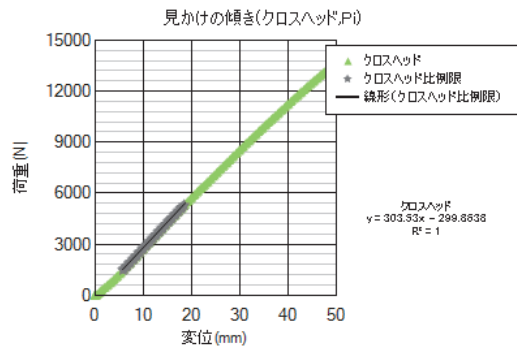
試験体番号: A13-A-10



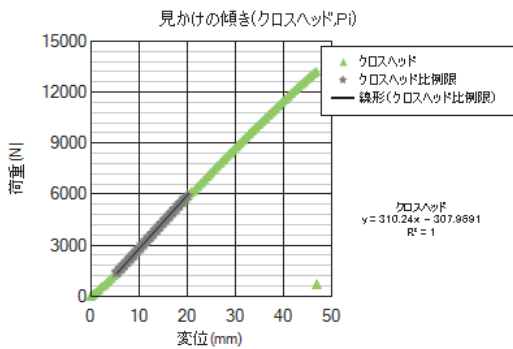
試験体番号: A13-A-11



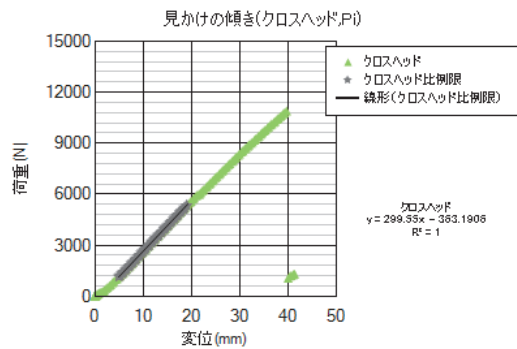
試験体番号: A13-A-12



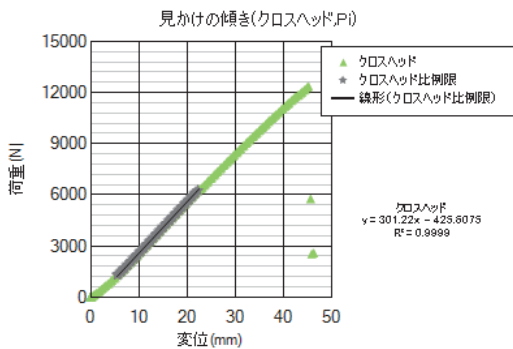
試験体番号: A13-A-13



試験体番号: A13-A-14



試験体番号: A13-A-15



試験体番号: A13-A-16

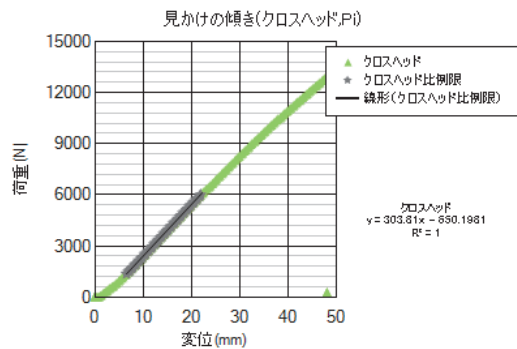
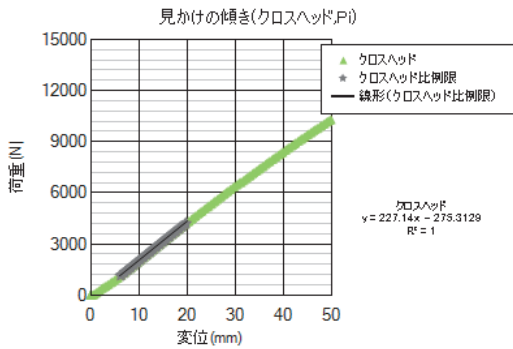
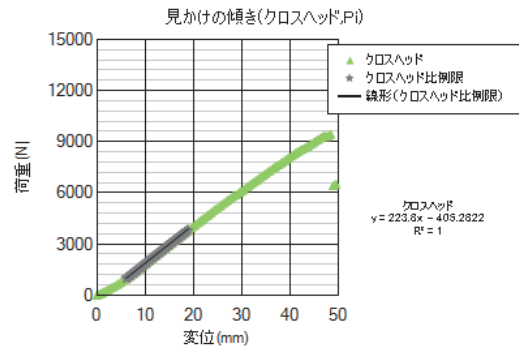


図 12.1.1-6 A13 見かけの傾きグラフ (2)

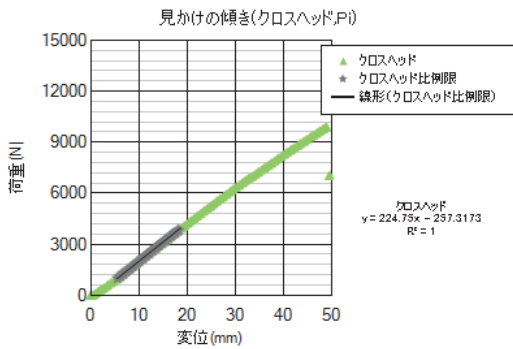
試験体番号: A14-A-01



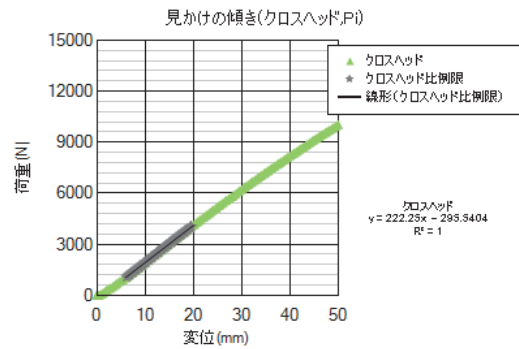
試験体番号: A14-A-02



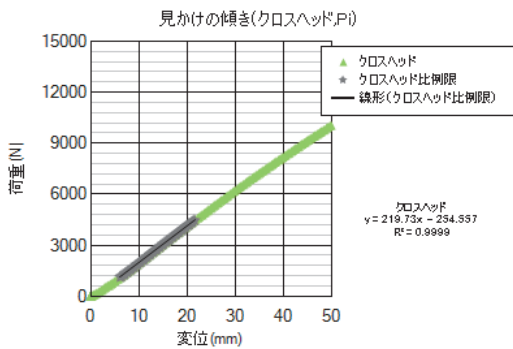
試験体番号: A14-A-03



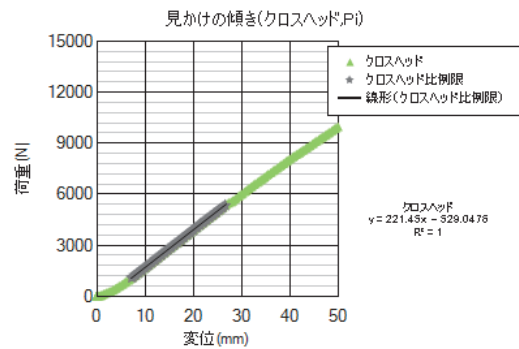
試験体番号: A14-A-04



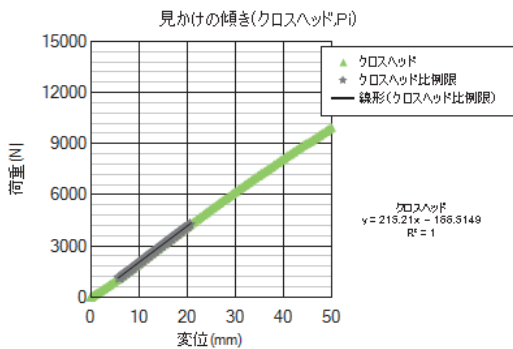
試験体番号: A14-A-05



試験体番号: A14-A-06



試験体番号: A14-A-07



試験体番号: A14-A-08

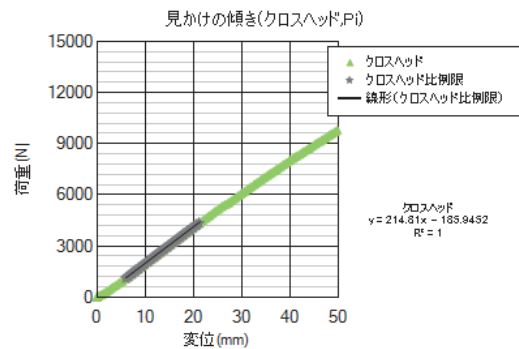
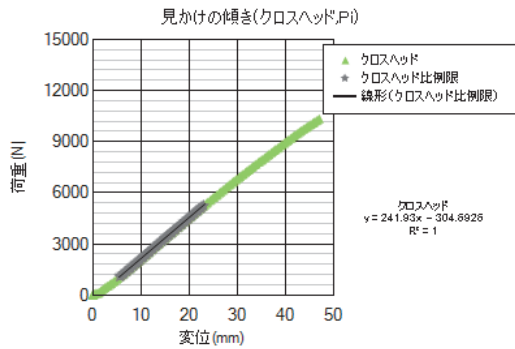
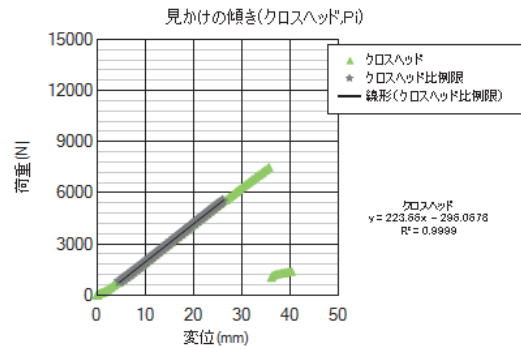


図 12.1.1-7 A14 見かけの傾きグラフ (1)

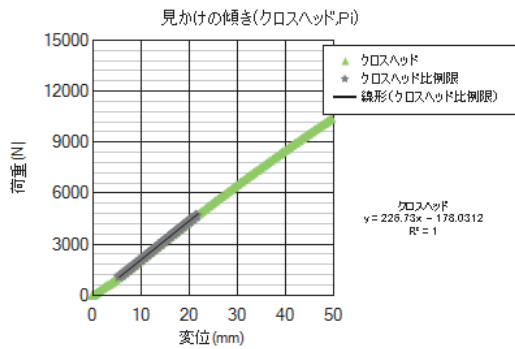
試験体番号: A14-A-09



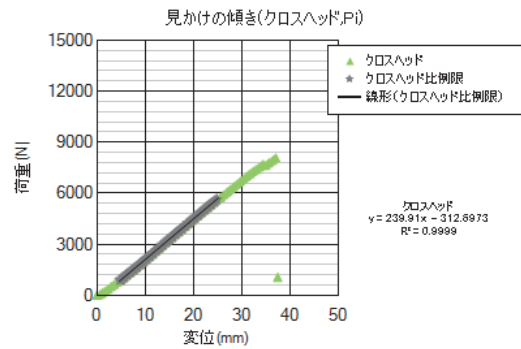
試験体番号: A14-A-10



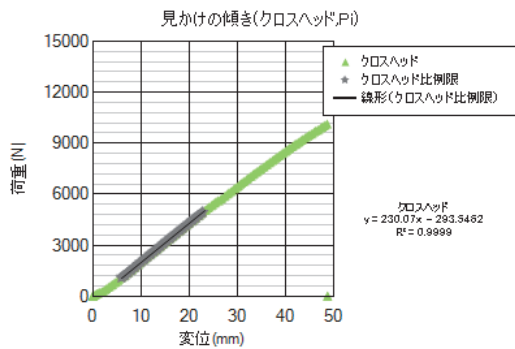
試験体番号: A14-A-11



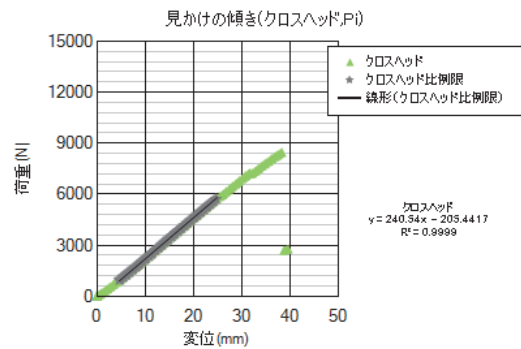
試験体番号: A14-A-12



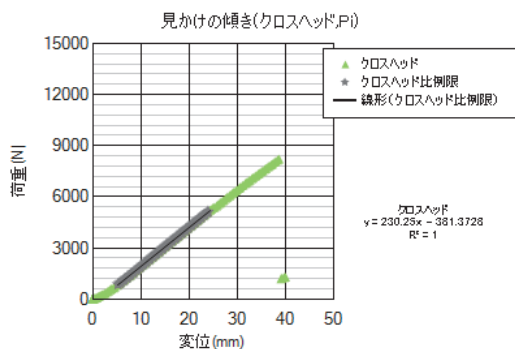
試験体番号: A14-A-13



試験体番号: A14-A-14



試験体番号: A14-A-15



試験体番号: A14-A-16

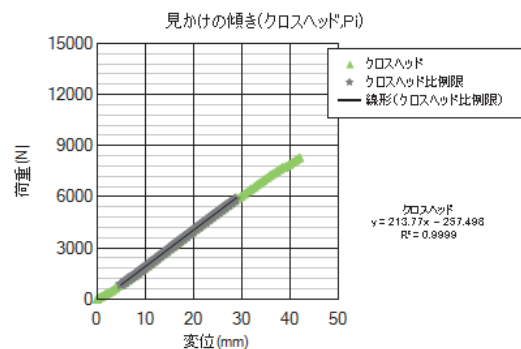


図 12.1.1-8 A14 見かけの傾きグラフ (2)

(1) A11 シリーズ (A11-A3)

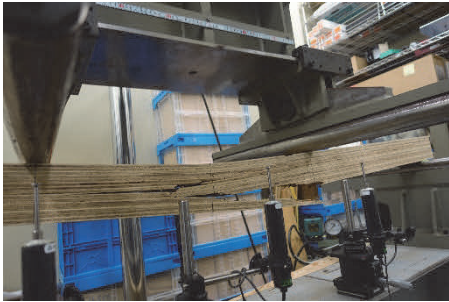


写真 12.1.1-1 最大荷重後 (概況)



写真 12.1.1-2 破壊概況

(2) A12 シリーズ (A113.1.1-A-4)



写真 12.1.1-3 最大荷重後 (概況)



写真 12.1.1-4 破壊概況

(3) A13 シリーズ (A13-A-2)



写真 12.1.1-5 最大荷重後 (概況)



写真 12.1.1-6 破壊概況

(4) A14 シリーズ (A14-A-4)



写真 12.1.1-7 最大荷重後 (概況)

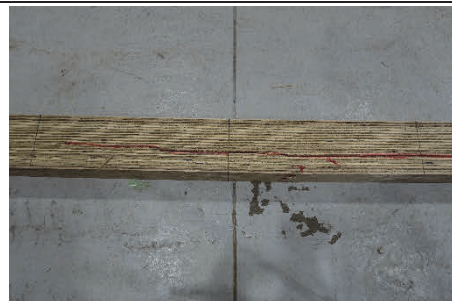


写真 12.1.1-8 破壊概況

## 12.1.2 水平せん断性能

### 表 12.1.2-1 小試験体スギ 試験結果

スパン	積層接着	単板 選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
3h	2次接着	6069	106	曲板	平使い	427	2.70	曲げ	8.6
3h	2次接着	6069	109	曲板	平使い	429	2.46	曲げ	8.9
3h	2次接着	6089	101	曲板	平使い	412	2.72	せん断	8.6
3h	2次接着	6089	104	曲板	平使い	433	2.71	せん断	8.6
3h	2次接着	6069	101	平板	平使い	379	2.48	曲げ	8.7
3h	2次接着	6069	110	平板	平使い	410	2.82	曲げ	8.7
3h	2次接着	6089	107	平板	平使い	405	2.77	せん断	8.7
3h	2次接着	6089	110	平板	平使い	437	3.30	曲げ	8.2
3h	ワジョット	6069	116	曲板	平使い	397	2.51	せん断	8.2
3h	ワジョット	6069	122	曲板	平使い	427	3.07	曲げ	8.5
3h	ワジョット	6089	124	曲板	平使い	420	1.89	曲げ	8.4
3h	ワジョット	6089	127	曲板	平使い	383	2.36	曲げ	8.2
3h	ワジョット	6069	119	平板	平使い	411	2.76	せん断	8.7
3h	ワジョット	6069	127	平板	平使い	412	2.81	せん断	8.3
3h	ワジョット	6089	118	平板	平使い	453	3.23	複合	8.5
3h	ワジョット	6089	121	平板	平使い	432	2.82	複合	8.6
3h	2次接着	6069	103	曲板	縦使い	395	4.23	曲げ	7.9
3h	2次接着	6069	107	曲板	縦使い	401	3.89	曲げ	8.7
3h	2次接着	6089	103	曲板	縦使い	432	3.75	曲げ	8.3
3h	2次接着	6089	112	曲板	縦使い	425	5.31	曲げ	8.3
3h	2次接着	6069	104	平板	縦使い	426	5.40	曲げ	9.1
3h	2次接着	6089	112	平板	縦使い	406	4.98	曲げ	9.3
3h	2次接着	6089	106	平板	縦使い	439	5.39	曲げ	9.3
3h	2次接着	6089	109	平板	縦使い	415	5.52	曲げ	9.2
3h	ワジョット	6069	121	曲板	縦使い	424	4.68	曲げ	8.5
3h	ワジョット	6069	124	曲板	縦使い	446	3.93	曲げ	8.6
3h	ワジョット	6089	119	曲板	縦使い	430	4.14	曲げ	8.5
3h	ワジョット	6089	122	曲板	縦使い	405	3.92	曲げ	8.3
3h	ワジョット	6069	118	平板	縦使い	417	5.78	曲げ	9.0
3h	ワジョット	6069	125	平板	縦使い	406	4.17	曲げ	8.9
3h	ワジョット	6089	116	平板	縦使い	452	6.54	曲げ	8.8
3h	ワジョット	6089	125	平板	縦使い	379	4.78	曲げ	8.7

スパン	積層接着	単板 選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
4h	2次接着	6069	106	曲板	平使い	410	2.16	曲げ	8.6
4h	2次接着	6069	109	曲板	平使い	406	2.14	せん断	8.7
4h	2次接着	6089	101	曲板	平使い	424	1.91	せん断	8.4
4h	2次接着	6089	104	曲板	平使い	426	2.37	曲げ	8.3
4h	2次接着	6069	101	平板	平使い	389	2.13	曲げ	8.6
4h	2次接着	6069	110	平板	平使い	427	2.03	曲げ	8.7
4h	2次接着	6089	107	平板	平使い	415	2.14	せん断	9.0
4h	2次接着	6089	110	平板	平使い	427	2.45	せん断	8.9
4h	ワジョット	6069	116	曲板	平使い	401	2.56	複合	8.4
4h	ワジョット	6069	122	曲板	平使い	425	2.34	せん断	8.6
4h	ワジョット	6089	124	曲板	平使い	425	2.08	曲げ	8.6
4h	ワジョット	6089	127	曲板	平使い	395	1.58	曲げ	8.4
4h	ワジョット	6069	127	平板	平使い	378	2.20	曲げ	8.7
4h	ワジョット	6089	118	平板	平使い	462	2.93	せん断	8.9
4h	ワジョット	6089	121	平板	平使い	437	2.21	複合	8.6
4h	2次接着	6069	103	曲板	縦使い	411	2.70	曲げ	8.0
4h	2次接着	6069	107	曲板	縦使い	404	3.18	曲げ	8.7
4h	2次接着	6089	103	曲板	縦使い	407	3.42	曲げ	8.7
4h	2次接着	6089	112	曲板	縦使い	434	3.55	曲げ	8.4
4h	2次接着	6069	104	平板	縦使い	440	4.53	曲げ	8.5
4h	2次接着	6069	112	平板	縦使い	410	4.41	曲げ	9.3
4h	2次接着	6089	106	平板	縦使い	424	3.90	曲げ	8.9
4h	2次接着	6089	109	平板	縦使い	409	3.34	曲げ	8.9
4h	ワジョット	6069	121	曲板	縦使い	413	3.48	曲げ	8.2
4h	ワジョット	6069	124	曲板	縦使い	429	4.34	曲げ	8.6
4h	ワジョット	6089	119	曲板	縦使い	420	3.13	曲げ	8.3
4h	ワジョット	6089	122	曲板	縦使い	417	3.98	曲げ	8.1
4h	ワジョット	6069	118	平板	縦使い	429	4.61	曲げ	8.3
4h	ワジョット	6069	125	平板	縦使い	414	2.91	曲げ	8.7
4h	ワジョット	6089	116	平板	縦使い	446	5.32	曲げ	8.6
4h	ワジョット	6089	125	平板	縦使い	379	3.51	曲げ	8.8

スパン	積層接着	単板 選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
5h	2次接着	6069	106	曲板	平使い	438	1.92	せん断	8.6
5h	2次接着	6069	109	曲板	平使い	428	2.08	せん断	8.9
5h	2次接着	6089	101	曲板	平使い	431	2.03	複合	8.5
5h	2次接着	6089	104	曲板	平使い	415	2.00	せん断	8.5
5h	2次接着	6069	101	平板	平使い	384	1.84	複合	8.3
5h	2次接着	6069	110	平板	平使い	411	1.90	複合	8.6
5h	2次接着	6089	107	平板	平使い	411	2.08	せん断	8.8
5h	2次接着	6089	110	平板	平使い	424	1.97	曲げ	8.7
5h	ワジョット	6069	116	曲板	平使い	398	1.96	曲げ	8.5
5h	ワジョット	6069	122	曲板	平使い	429	2.02	曲げ	8.3
5h	ワジョット	6089	124	曲板	平使い	421	1.57	曲げ	8.9
5h	ワジョット	6089	127	曲板	平使い	386	1.70	曲げ	8.7
5h	ワジョット	6069	119	平板	平使い	417	1.93	曲げ	8.7
5h	ワジョット	6069	127	平板	平使い	426	1.51	曲げ	8.4
5h	ワジョット	6089	118	平板	平使い	453	1.76	曲げ	8.8
5h	ワジョット	6089	121	平板	平使い	414	1.96	曲げ	8.6
5h	2次接着	6069	103	曲板	縦使い	407	2.66	曲げ	8.1
5h	2次接着	6069	107	曲板	縦使い	407	2.49	曲げ	8.1
5h	2次接着	6089	103	曲板	縦使い	423	2.78	曲げ	8.4
5h	2次接着	6089	112	曲板	縦使い	431	2.61	曲げ	8.0
5h	2次接着	6069	104	平板	縦使い	434	3.40	曲げ	8.7
5h	2次接着	6069	112	平板	縦使い	408	3.13	曲げ	9.3
5h	2次接着	6089	106	平板	縦使い	425	3.20	曲げ	9.5
5h	2次接着	6089	109	平板	縦使い	407	2.95	曲げ	9.0
5h	ワジョット	6069	121	曲板	縦使い	403	2.96	曲げ	8.0
5h	ワジョット	6069	124	曲板	縦使い	436	2.95	曲げ	8.7
5h	ワジョット	6089	119	曲板	縦使い	417	3.10	曲げ	8.4
5h	ワジョット	6089	122	曲板	縦使い	416	1.71	曲げ	8.2
5h	ワジョット	6069	118	平板	縦使い	419	3.26	曲げ	8.8
5h	ワジョット	6069	125	平板	縦使い	403	2.48	曲げ	8.7
5h	ワジョット	6089	116	平板	縦使い	444	3.23	曲げ	7.8
5h	ワジョット	6089	125	平板	縦使い	407	2.67	曲げ	8.9

スパン	積層接着	単板 選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
6h	2次接着	6069	103	曲板	平使い	417	1.45	曲げ	9.1
6h	2次接着	6069	104	曲板	平使い	405	1.33	曲げ	8.6
6h	2次接着	6069	107	曲板	平使い	415	1.57	曲げ	8.4
6h	2次接着	6069	110	曲板	平使い	413	1.53	せん断	9.0
6h	2次接着	6089	104	曲板	平使い	402	1.21	曲げ	8.8
6h	2次接着	6089	107	曲板	平使い	421	1.62	曲げ	8.7
6h	2次接着	6089	110	曲板	平使い	436	1.56	曲げ	8.7
6h	2次接着	6069	101	平板	平使い	422	1.45	曲げ	9.2
6h	2次接着	6069	109	平板	平使い	424	1.76	せん断	8.2
6h	2次接着	6069	112	平板	平使い	410	1.78	曲げ	8.7
6h	2次接着	6069	106	平板	平使い	413	1.51	曲げ	8.9
6h	2次接着	6089	101	平板	平使い	405	2.30	せん断	8.3
6h	2次接着	6089	103	平板	平使い	424	2.09	せん断	8.7
6h	2次接着	6089	109	平板	平使い	414	1.05	せん断	8.6
6h	2次接着	6089	112	平板	平使い	426	1.71	せん断	8.5
6h	ワジョット	6069	118	曲板	平使い	406	1.29	曲げ	8.9
6h	ワジョット	6069	119	曲板	平使い	415	1.33	曲げ	8.5
6h	ワジョット	6069	124	曲板	平使い	416	1.80	曲げ	8.7
6h	ワジョット	6069	127	曲板	平使い	399	1.31	曲げ	8.7
6h	ワジョット	6089	118	曲板	平使い	417	1.44	曲げ	9.8
6h	ワジョット	6089	119	曲板	平使い	434	1.96	曲げ	9.2
6h	ワジョット	6089	121	曲板	平使い	432	1.93	せん断	8.9
6h	ワジョット	6089	127	曲板	平使い	412	1.36	せん断	9.2
6h	ワジョット	6069	116	平板	平使い	425	1.87	曲げ	8.1
6h	ワジョット	6069	121	平板	平使い	395	1.37	曲げ	8.8
6h	ワジョット	6069	122	平板	平使い	414	1.31	曲げ	8.5
6h	ワジョット	6069	125	平板	平使い	412	1.29	曲げ	8.5
6h	ワジョット	6089	122	平板	平使い	422	1.13	曲げ	8.4
6h	ワジョット	6089	124	平板	平使い	420	1.79	曲げ	8.7
6h	ワジョット	6089	125	平板	平使い	403	1.74	せん断	8.3

表 12.1.2-2 小試験体ヒノキ試験結果

スパン	積層接着	単板選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
3h	2次接着	9099	106	曲板	平使い	476	5.10	せん断	8.7
3h	2次接着	9099	112	曲板	平使い	479	4.79	せん断	8.4
3h	2次接着	90119	106	曲板	平使い	466	3.92	せん断	8.3
3h	2次接着	90119	112	曲板	平使い	486	5.03	せん断	8.6
3h	2次接着	9099	101	平板	平使い	462	4.67	せん断	9.6
3h	2次接着	9099	107	平板	平使い	474	4.95	せん断	8.5
3h	2次接着	90119	101	平板	平使い	487	4.95	せん断	9.3
3h	2次接着	90119	107	平板	平使い	499	5.03	曲げ	9.1
3h	ワジョット	9099	126	曲板	平使い	477	5.20	複合	9.3
3h	ワジョット	9099	132	曲板	平使い	476	4.91	複合	9.4
3h	ワジョット	90119	130	曲板	平使い	463	4.82	複合	9.0
3h	ワジョット	90119	132	曲板	平使い	474	4.63	曲げ	8.9
3h	ワジョット	9099	121	平板	平使い	474	4.24	複合	9.3
3h	ワジョット	9099	127	平板	平使い	475	4.13	せん断	9.1
3h	ワジョット	90119	121	平板	平使い	473	4.96	曲げ	9.0
3h	ワジョット	90119	127	平板	平使い	471	4.62	曲げ	9.2
3h	2次接着	9099	103	曲板	縦使い	449	5.79	曲げ	9.3
3h	2次接着	9099	109	曲板	縦使い	477	6.35	曲げ	8.5
3h	2次接着	90119	103	曲板	縦使い	483	7.02	曲げ	8.7
3h	2次接着	90119	109	曲板	縦使い	492	7.47	曲げ	8.6
3h	2次接着	9099	104	平板	縦使い	455	7.08	曲げ	8.5
3h	2次接着	9099	110	平板	縦使い	450	6.30	曲げ	8.3
3h	2次接着	90119	104	平板	縦使い	466	7.30	曲げ	8.8
3h	2次接着	90119	110	平板	縦使い	475	7.45	曲げ	8.8
3h	ワジョット	9099	123	曲板	縦使い	472	6.54	曲げ	9.3
3h	ワジョット	9099	129	曲板	縦使い	474	5.96	曲げ	9.5
3h	ワジョット	90119	123	曲板	縦使い	488	7.34	曲げ	9.0
3h	ワジョット	90119	129	曲板	縦使い	456	6.28	曲げ	9.2
3h	ワジョット	9099	124	平板	縦使い	474	7.23	曲げ	9.0
3h	ワジョット	9099	130	平板	縦使い	479	8.15	曲げ	8.9
3h	ワジョット	90119	124	平板	縦使い	478	6.99	曲げ	9.2
3h	ワジョット	90119	126	平板	縦使い	509	7.42	曲げ	8.8

スパン	積層接着	単板選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
4h	2次接着	9099	103	曲板	平使い	458	2.62	せん断	9.5
4h	2次接着	9099	104	曲板	平使い	467	3.24	せん断	8.6
4h	2次接着	90119	107	曲板	平使い	493	3.47	曲げ	8.7
4h	2次接着	90119	110	曲板	平使い	476	3.67	複合	8.6
4h	2次接着	9099	107	平板	平使い	453	3.23	せん断	8.8
4h	2次接着	9099	109	平板	平使い	467	3.33	せん断	8.3
4h	2次接着	90119	104	平板	平使い	472	3.36	曲げ	8.2
4h	2次接着	90119	112	平板	平使い	483	3.80	せん断	8.3
4h	ワジョット	9099	124	曲板	平使い	459	3.99	せん断	8.8
4h	ワジョット	9099	130	曲板	平使い	479	2.85	せん断	8.9
4h	ワジョット	90119	127	曲板	平使い	465	3.16	せん断	9.0
4h	ワジョット	90119	129	曲板	平使い	459	2.24	せん断	9.0
4h	ワジョット	9099	121	平板	平使い	460	3.03	せん断	9.1
4h	ワジョット	9099	126	平板	平使い	481	3.45	せん断	9.4
4h	ワジョット	90119	124	平板	平使い	484	3.26	せん断	8.8
4h	ワジョット	90119	132	平板	平使い	460	3.62	せん断	8.6
4h	2次接着	9099	110	曲板	縦使い	439	5.02	曲げ	8.0
4h	2次接着	9099	112	曲板	縦使い	465	5.65	曲げ	8.2
4h	2次接着	90119	106	曲板	縦使い	464	6.06	曲げ	8.0
4h	2次接着	90119	109	曲板	縦使い	481	5.61	曲げ	8.2
4h	2次接着	9099	101	平板	縦使い	463	4.46	曲げ	9.5
4h	2次接着	9099	106	平板	縦使い	469	5.42	曲げ	8.0
4h	2次接着	90119	101	平板	縦使い	501	6.87	曲げ	8.8
4h	2次接着	90119	103	平板	縦使い	477	6.75	曲げ	8.5
4h	ワジョット	9099	129	曲板	縦使い	473	5.05	曲げ	8.9
4h	ワジョット	9099	132	曲板	縦使い	497	5.35	曲げ	9.1
4h	ワジョット	90119	123	曲板	縦使い	460	5.24	曲げ	8.9
4h	ワジョット	90119	126	曲板	縦使い	485	5.59	曲げ	8.7
4h	ワジョット	9099	123	平板	縦使い	459	6.06	曲げ	8.9
4h	ワジョット	9099	127	平板	縦使い	474	5.50	曲げ	9.0
4h	ワジョット	90119	121	平板	縦使い	457	4.40	曲げ	8.9
4h	ワジョット	90119	130	平板	縦使い	462	5.86	曲げ	8.9

スパン	積層接着	単板選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
5h	2次接着	9099	103	曲板	平使い	469	2.48	せん断	9.5
5h	2次接着	9099	112	曲板	平使い	458	2.62	せん断	8.4
5h	2次接着	90119	101	曲板	平使い	483	2.31	せん断	8.0
5h	2次接着	90119	104	曲板	平使い	461	2.26	せん断	7.8
5h	2次接着	9099	101	平板	平使い	480	2.62	せん断	9.4
5h	2次接着	9099	106	平板	平使い	468	2.50	せん断	8.1
5h	2次接着	90119	103	平板	平使い	485	2.86	せん断	8.6
5h	2次接着	90119	112	平板	平使い	475	2.63	せん断	9.0
5h	ワジョット	9099	121	曲板	平使い	469	2.67	せん断	8.3
5h	ワジョット	9099	132	曲板	平使い	490	2.46	せん断	9.0
5h	ワジョット	90119	121	曲板	平使い	478	2.18	せん断	8.4
5h	ワジョット	90119	129	曲板	平使い	468	2.49	せん断	8.8
5h	ワジョット	9099	124	平板	平使い	467	2.79	せん断	8.6
5h	ワジョット	9099	129	平板	平使い	488	2.70	せん断	9.2
5h	ワジョット	90119	126	平板	平使い	463	2.18	せん断	8.6
5h	ワジョット	90119	127	平板	平使い	474	2.78	せん断	8.9
5h	2次接着	9099	104	曲板	縦使い	472	4.24	曲げ	7.8
5h	2次接着	9099	110	曲板	縦使い	462	3.71	曲げ	7.9
5h	2次接着	90119	107	曲板	縦使い	473	4.43	曲げ	8.3
5h	2次接着	90119	109	曲板	縦使い	475	4.74	曲げ	8.5
5h	2次接着	9099	107	平板	縦使い	472	4.39	曲げ	8.7
5h	2次接着	9099	109	平板	縦使い	460	4.14	曲げ	8.1
5h	2次接着	90119	106	平板	縦使い	470	4.68	曲げ	8.4
5h	2次接着	90119	110	平板	縦使い	481	5.08	曲げ	8.3
5h	ワジョット	9099	123	曲板	縦使い	481	3.46	曲げ	8.6
5h	ワジョット	9099	126	曲板	縦使い	465	4.70	曲げ	9.1
5h	ワジョット	90119	124	曲板	縦使い	471	5.29	曲げ	8.5
5h	ワジョット	90119	130	曲板	縦使い	455	5.37	曲げ	8.8
5h	ワジョット	9099	127	平板	縦使い	498	4.63	曲げ	8.7
5h	ワジョット	9099	130	平板	縦使い	479	4.74	曲げ	8.5
5h	ワジョット	90119	123	平板	縦使い	479	5.15	曲げ	8.9
5h	ワジョット	90119	132	平板	縦使い	468	4.81	曲げ	8.2

スパン	積層接着	単板選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
6h	2次接着	9099	104	曲板	平使い	464	1.68	せん断	7.9
6h	2次接着	9099	109	曲板	平使い	481	2.22	せん断	7.8
6h	2次接着	9099	110	曲板	平使い	477	2.37	せん断	7.6
6h	2次接着	90119	103	曲板	平使い	479	2.30	せん断	8.1
6h	2次接着	90119	104	曲板	平使い	470	2.20	複合	8.1
6h	2次接着	90119	107	曲板	平使い	472	2.33	せん断	8.4
6h	2次接着	9099	103	平板	平使い	469	1.68	せん断	8.3
6h	2次接着	9099	107	平板	平使い	481	2.23	せん断	8.5
6h	2次接着	9099	112	平板	平使い	467	1.99	せん断	7.5
6h	2次接着	90119	101	平板	平使い	466	1.95	せん断	8.8
6h	2次接着	90119	109	平板	平使い	488	2.19	せん断	7.7
6h	2次接着	90119	110	平板	平使い	476	2.03	せん断	7.8
6h	2次接着	90119	112	平板	平使い	476	2.49	せん断	7.8
6h	ワジョット	9099	123	曲板	平使い	509	2.33	せん断	8.9
6h	ワジョット	9099	129	曲板	平使い	461	2.37	せん断	8.6
6h	ワジョット	9099	130	曲板	平使い	477	2.62	せん断	8.5
6h	ワジョット	90119	126	曲板	平使い	477	2.18	せん断	8.5
6h	ワジョット	90119	127	曲板	平使い	493	2.13	せん断	8.5
6h	ワジョット	90119	130	曲板	平使い	476	2.30	せん断	8.5
6h	ワジョット	90119	132	曲板	平使い	489	2.15	せん断	9.1
6h	ワジョット	9099	121	平板	平使い	480	2.25	せん断	8.9
6h	ワジョット	9099	124	平板	平使い	494	2.37	せん断	8.3
6h	ワジョット	9099	126	平板	平使い	470	2.15	せん断	8.4
6h	ワジョット	9099	127	平板	平使い	466	2.13	せん断	8.1
6h	ワジョット	90119	123	平板	平使い	486	2.74	せん断	8.7
6h	ワジョット	90119	129	平板	平使い	484	2.56	せん断	8.2

表 12.1.2-3 小試験体カラマツ試験結果

スパン	積層接着	単板選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
3h	2次接着	120129	110	曲板	平使い	604	2.70	曲げ	8.0
3h	2次接着	120129	112	曲板	平使い	574	2.46	せん断	8.1
3h	2次接着	120149	110	曲板	平使い	596	2.72	せん断	8.4
3h	2次接着	120149	112	曲板	平使い	588	2.71	曲げ	8.5
3h	2次接着	120129	106	平板	平使い	593	2.48	複合	7.5
3h	2次接着	120129	107	平板	平使い	540	2.82	せん断	8.7
3h	2次接着	120149	103	平板	平使い	592	2.77	曲げ	8.6
3h	2次接着	120149	104	平板	平使い	602	3.30	せん断	8.3
3h	ワジョット	120129	123	曲板	平使い	634	2.51	せん断	9.0
3h	ワジョット	120129	124	曲板	平使い	615	3.07	せん断	8.2
3h	ワジョット	120149	124	曲板	平使い	590	1.89	曲げ	8.8
3h	ワジョット	120149	132	曲板	平使い	627	2.36	せん断	9.0
3h	ワジョット	120129	129	平板	平使い	605	2.76	せん断	8.9
3h	ワジョット	120129	130	平板	平使い	611	2.81	せん断	9.1
3h	ワジョット	120149	127	平板	平使い	606	3.23	せん断	8.4
3h	ワジョット	120149	130	平板	平使い	630	2.82	曲げ	8.8
3h	2次接着	120129	101	曲板	縦使い	574	4.23	曲げ	8.6
3h	2次接着	120129	103	曲板	縦使い	610	3.89	曲げ	8.1
3h	2次接着	120149	101	曲板	縦使い	613	3.75	曲げ	9.0
3h	2次接着	120149	106	曲板	縦使い	592	5.31	曲げ	7.8
3h	2次接着	120129	104	平板	縦使い	592	5.40	曲げ	8.0
3h	2次接着	120129	109	平板	縦使い	539	4.98	曲げ	7.8
3h	2次接着	120149	107	平板	縦使い	595	5.39	曲げ	8.6
3h	2次接着	120149	109	平板	縦使い	572	5.52	曲げ	8.1
3h	ワジョット	120129	121	曲板	縦使い	646	4.68	曲げ	8.7
3h	ワジョット	120129	126	曲板	縦使い	623	3.93	曲げ	8.4
3h	ワジョット	120149	121	曲板	縦使い	612	4.14	曲げ	9.0
3h	ワジョット	120149	129	曲板	縦使い	641	3.92	曲げ	8.2
3h	ワジョット	120129	127	平板	縦使い	628	5.78	曲げ	8.6
3h	ワジョット	120129	132	平板	縦使い	633	4.17	曲げ	9.0
3h	ワジョット	120149	123	平板	縦使い	615	6.54	曲げ	8.6
3h	ワジョット	120149	126	平板	縦使い	583	4.78	曲げ	9.0
4h	2次接着	120129	106	曲板	平使い	582	2.16	せん断	7.3
4h	2次接着	120129	107	曲板	平使い	558	2.98	せん断	8.1
4h	2次接着	120149	104	曲板	平使い	616	3.33	せん断	7.8
4h	2次接着	120149	112	曲板	平使い	580	3.02	複合	8.2
4h	2次接着	120129	101	平板	平使い	580	3.12	曲げ	8.3
4h	2次接着	120129	103	平板	平使い	600	3.63	せん断	7.7
4h	2次接着	120149	107	平板	平使い	590	3.18	せん断	8.4
4h	2次接着	120149	110	平板	平使い	567	2.91	せん断	8.4
4h	ワジョット	120129	126	曲板	平使い	617	2.60	曲げ	8.3
4h	ワジョット	120129	129	曲板	平使い	593	2.96	曲げ	8.6
4h	ワジョット	120149	121	曲板	平使い	598	3.47	複合	8.9
4h	ワジョット	120149	129	曲板	平使い	631	2.76	せん断	8.3
4h	ワジョット	120129	121	平板	平使い	661	3.25	曲げ	8.8
4h	ワジョット	120129	123	平板	平使い	610	2.97	せん断	9.0
4h	ワジョット	120149	124	平板	平使い	577	2.84	せん断	8.9
4h	ワジョット	120149	130	平板	平使い	611	3.17	せん断	8.6
4h	2次接着	120129	110	曲板	縦使い	584	4.80	曲げ	7.9
4h	2次接着	120129	112	曲板	縦使い	567	5.38	曲げ	7.9
4h	2次接着	120149	101	曲板	縦使い	607	7.12	曲げ	8.7
4h	2次接着	120149	106	曲板	縦使い	568	5.25	曲げ	7.8
4h	2次接着	120129	104	平板	縦使い	583	6.87	曲げ	7.6
4h	2次接着	120129	109	平板	縦使い	562	6.44	曲げ	7.4
4h	2次接着	120149	103	平板	縦使い	615	8.10	曲げ	8.5
4h	2次接着	120149	109	平板	縦使い	572	7.11	曲げ	7.9
4h	ワジョット	120129	124	曲板	縦使い	631	4.95	曲げ	7.9
4h	ワジョット	120129	132	曲板	縦使い	608	6.36	曲げ	9.0
4h	ワジョット	120149	123	曲板	縦使い	614	6.55	曲げ	8.5
4h	ワジョット	120149	126	曲板	縦使い	587	6.97	曲げ	8.8
4h	ワジョット	120129	127	平板	縦使い	597	7.09	曲げ	8.7
4h	ワジョット	120129	130	平板	縦使い	627	8.09	曲げ	8.8
4h	ワジョット	120149	127	平板	縦使い	596	7.36	曲げ	8.0
4h	ワジョット	120149	132	平板	縦使い	624	8.15	曲げ	8.7

スパン	積層接着	単板選別	番号	加圧板	方向	密度 kg/m <sup>3</sup>	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊要因	含水率 %
5h	2次接着	120129	104	曲板	平使い	603	2.84	せん断	7.5
5h	2次接着	120129	107	曲板	平使い	581	2.36	せん断	8.0
5h	2次接着	120149	101	曲板	平使い	604	2.76	せん断	8.7
5h	2次接着	120149	110	曲板	平使い	576	2.18	せん断	8.5
5h	2次接着	120129	101	平板	平使い	579	2.47	せん断	8.2
5h	2次接着	120129	110	平板	平使い	602	2.64	せん断	7.8
5h	2次接着	120149	103	平板	平使い	600	2.44	複合	8.5
5h	2次接着	120149	112	平板	平使い	573	2.34	曲げ	8.1
5h	ワジョット	120129	124	曲板	平使い	630	2.40	せん断	8.2
5h	ワジョット	120129	129	曲板	平使い	593	2.51	せん断	8.7
5h	ワジョット	120149	123	曲板	平使い	591	2.51	せん断	8.7
5h	ワジョット	120149	129	曲板	平使い	605	2.49	せん断	8.4
5h	ワジョット	120129	121	平板	平使い	631	3.27	曲げ	8.7
5h	ワジョット	120129	130	平板	平使い	613	2.49	複合	9.0
5h	ワジョット	120149	126	平板	平使い	591	2.53	せん断	8.5
5h	ワジョット	120149	127	平板	平使い	622	2.93	せん断	8.1
5h	2次接着	120129	109	曲板	縦使い	561	4.01	曲げ	7.8
5h	2次接着	120129	112	曲板	縦使い	595	4.06	曲げ	8.0
5h	2次接着	120149	106	曲板	縦使い	583	4.55	曲げ	7.8
5h	2次接着	120149	107	曲板	縦使い	572	4.39	曲げ	8.2
5h	2次接着	120129	103	平板	縦使い	622	5.16	曲げ	7.8
5h	2次接着	120129	106	平板	縦使い	589	6.24	曲げ	7.6
5h	2次接着	120149	104	平板	縦使い	609	4.19	曲げ	7.7
5h	2次接着	120149	109	平板	縦使い	578	6.79	曲げ	7.8
5h	ワジョット	120129	123	曲板	縦使い	639	5.37	曲げ	8.8
5h	ワジョット	120129	127	曲板	縦使い	618	4.66	曲げ	9.0
5h	ワジョット	120149	121	曲板	縦使い	601	5.57	曲げ	8.6
5h	ワジョット	120149	130	曲板	縦使い	624	5.68	曲げ	8.8
5h	ワジョット	120129	126	平板	縦使い	628	5.36	曲げ	8.4
5h	ワジョット	120129	132	平板	縦使い	592	4.82	曲げ	8.7
5h	ワジョット	120149	124	平板	縦使い	597	6.02	曲げ	8.9
5h	ワジョット	120149	132	平板	縦使い	604	6.66	曲げ	8.4
6h	2次接着	120129	103	曲板	平使い	576	2.31	せん断	7.8
6h	2次接着	120129	104	曲板	平使い	612	2.02	せん断	7.4
6h	2次接着	120129	107	曲板	平使い	598	2.18	複合	8.3
6h	2次接着	120129	112	曲板	平使い	598	2.44	せん断	7.8
6h	2次接着	120149	101	曲板	平使い	582	2.21	せん断	8.2
6h	2次接着	120149	106	曲板	平使い	584	2.21	せん断	7.5
6h	2次接着	120149	110	曲板	平使い	618	2.00	せん断	7.9
6h	2次接着	120149	112	曲板	平使い	608	2.45	せん断	7.8
6h	2次接着	120129	101	平板	平使い	601	2.10	曲げ	8.5
6h	2次接着	120129	106	平板	平使い	585	2.03	複合	7.5
6h	2次接着	120129	109	平板	平使い	609	2.15	曲げ	7.7
6h	2次接着	120129	110	平板	平使い	578	2.15	曲げ	8.1
6h	2次接着	120149	103	平板	平使い	572	2.41	せん断	7.5
6h	2次接着	120149	104	平板	平使い	586	2.37	せん断	7.8
6h	2次接着	120149	107	平板	平使い	607	2.37	せん断	8.4
6h	2次接着	120149	109	平板	平使い	625	2.38	せん断	8.2
6h	ワジョット	120129	126	曲板	平使い	656	2.02	せん断	8.4
6h	ワジョット	120129	127	曲板	平使い	612	2.50	複合	8.6
6h	ワジョット	120129	132	曲板	平使い	586	1.89	せん断	8.7
6h	ワジョット	120149	123	曲板	平使い	665	2.71	せん断	8.2
6h	ワジョット	120149	124	曲板	平使い	597	1.80	曲げ	8.1
6h	ワジョット	120149	127	曲板	平使い	612	2.48	せん断	7.9
6h	ワジョット	120149	129	曲板	平使い	615	2.83	せん断	8.3
6h	ワジョット	120129	124	平板	平使い	656	2.59	せん断	7.9
6h	ワジョット	120129	129	平板	平使い	516	2.21	せん断	8.2
6h	ワジョット	120129	130	平板	平使い	611	2.51	せん断	8.3
6h	ワジョット	120149	121	平板	平使い	610	2.36	せん断	8.3
6h	ワジョット	120149	126	平板	平使い	607	2.45	複合	8.0
6h	ワジョット	120149	130	平板	平使い	650	2.25	せん断	8.3
6h	ワジョット	120149	132	平板	平使い	648	2.23	せん断	8.6



表 12.1.2-4 スギ 144mm 厚 試験結果

樹種	単板選別基準 (tf/cm <sup>2</sup> )	公称厚さ mm	積層接着 方向	荷重	番号	重量 g	長さ mm	幅 mm	厚さ mm	密度 kg/m <sup>3</sup>	スパン mm	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊形状	含水率 %		
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	正寸	平使い	1003	10359	1151.7	144.10	147.51	423	864	1.44	曲げ	8.3
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	正寸	平使い	1004	10220	1151.45	144.09	146.80	420	864	1.37	せん断	8.0
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	正寸	平使い	1007	10433	1152.30	144.18	145.18	433	864	1.38	曲げ	8.2
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	正寸	平使い	1008	10437	1152.35	144.36	145.41	431	864	1.38	曲げ	8.2
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	正寸	平使い	1011	10138	1152.65	144.64	145.48	418	864	1.44	せん断	8.1
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	正寸	平使い	1012	10118	1152.35	144.68	145.72	417	864	1.45	せん断	8.1
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	逆寸	平使い	1001	8032	910.65	147.04	144.18	416	720	1.54	せん断	8.8
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	逆寸	平使い	1002	8033	909.90	143.94	146.80	418	720	1.51	曲げ	8.5
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	逆寸	平使い	1005	8138	909.70	144.44	145.87	425	720	1.50	せん断	8.2
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	逆寸	平使い	1006	8120	909.80	143.61	145.59	427	720	1.47	せん断	8.0
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	逆寸	平使い	1009	8015	910.20	144.12	145.63	420	720	1.42	曲げ	8.0
スギ	60以上	合板	144	ワジョット	逆寸	平使い	1010	7925	910.45	144.07	145.37	416	720	1.46	曲げ	7.7
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1007	10588	1151.90	144.91	144.71	438	864	1.46	曲げ	7.7
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1008	10460	1151.80	144.61	144.87	433	864	1.44	曲げ	7.4
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1009	10361	1151.90	144.68	144.75	430	864	1.27	曲げ	7.3
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1019	10214	1151.70	144.64	144.77	424	864	1.43	曲げ	6.9
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1020	10273	1152.00	144.87	144.76	425	864	1.48	せん断	6.9
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1021	10243	1152.20	144.78	144.69	424	864	1.37	複合	6.9
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1031	10181	1151.80	144.17	144.81	423	864	1.52	せん断	7.4
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1032	10172	1152.20	144.31	144.80	422	864	1.41	せん断	7.1
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	平使い	1033	10189	1152.05	144.43	144.68	423	864	1.35	複合	7.3
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1010	10478	1152.20	144.81	144.78	434	864	2.49	曲げ	7.4
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1011	10436	1152.10	144.74	144.98	432	864	2.35	曲げ	7.5
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1012	10618	1151.90	144.70	145.38	438	864	2.02	曲げ	7.9
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1022	10138	1152.35	144.74	144.57	420	864	2.65	曲げ	7.0
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1023	10174	1152.05	144.53	144.71	422	864	2.53	曲げ	7.3
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1024	10276	1152.00	144.78	144.74	426	864	2.43	曲げ	7.7
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1034	10098	1152.05	144.60	144.68	419	864	2.39	曲げ	7.1
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1035	10206	1151.85	144.83	144.65	423	864	2.36	曲げ	7.5
スギ	60以上	合板	144	2次接着	正寸	縦使い	1036	10166	1152.20	144.56	144.53	422	864	2.53	曲げ	7.8
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1001	8170	910.65	147.04	144.28	423	720	1.45	せん断	7.7
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1002	8201	910.75	144.15	144.58	432	720	1.51	せん断	7.6
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1003	8336	910.55	144.73	144.72	437	720	1.51	せん断	7.7
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1013	8106	910.45	144.52	144.68	426	720	1.47	曲げ	8.2
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1014	8104	910.80	144.84	144.90	424	720	1.50	せん断	7.9
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1015	8047	911.05	144.63	144.87	422	720	1.46	せん断	7.7
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1025	8052	910.35	144.14	144.29	425	720	1.48	せん断	8.2
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1026	7980	910.60	144.36	144.54	420	720	1.45	せん断	7.9
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	平使い	1027	8013	910.50	144.56	144.64	421	720	1.45	せん断	7.9
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1004	8369	910.15	144.59	144.68	440	720	2.60	曲げ	7.6
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1005	8250	910.45	144.32	144.72	434	720	2.84	曲げ	7.4
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1006	8309	910.20	144.37	144.78	437	720	2.77	曲げ	7.5
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1016	8110	911.05	144.59	144.82	425	720	2.51	曲げ	7.8
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1017	8130	910.80	144.49	144.85	427	720	2.35	曲げ	7.8
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1018	8079	910.60	144.58	144.88	424	720	2.27	曲げ	8.0
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1028	8014	910.25	144.39	144.73	421	720	2.04	曲げ	8.0
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1029	8095	910.35	144.50	144.68	425	720	2.26	曲げ	8.0
スギ	60以上	合板	144	2次接着	逆寸	縦使い	1030	8108	910.40	144.50	144.78	426	720	2.38	曲げ	8.0

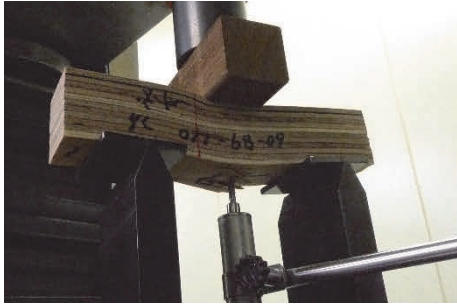
表 12.1.2-5 スギ 60mm・48mm 試験結果

樹種	単板選別基準 (t/cm <sup>2</sup> )	公称厚さ mm	積層接着	方向	荷重	番号	重量 g	長さ mm	幅 mm	厚さ mm	密度 kg/m <sup>3</sup>	スパン mm	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊形状	含水率 %
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	平使い	1001	752.59	480.05	61.12	59.69	429	360	1.68	せん断	7.4
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	平使い	1005	740.15	479.90	60.64	60.09	423	360	1.46	せん断	7.1
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	平使い	1009	720.13	480.25	60.91	59.98	410	360	1.65	せん断	7.5
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	平使い	1013	752.52	479.80	60.82	59.82	431	360	1.54	曲げ	8.0
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	平使い	1017	747.63	479.85	61.08	59.93	426	360	1.02	曲げ	8.2
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	縦使い	1002	743.73	479.55	60.37	59.94	428	300	2.57	曲げ	7.0
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	縦使い	1006	740.91	480.10	60.91	59.98	422	300	2.57	曲げ	7.4
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	縦使い	1010	717.09	480.00	60.46	60.08	411	300	2.54	曲げ	7.4
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	縦使い	1014	730.37	479.30	60.57	60.06	419	300	2.53	曲げ	7.9
スギ	60以上	合板	60 2次接着	正寸	縦使い	1018	726.59	479.60	60.43	60.07	417	300	2.21	曲げ	7.7
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	平使い	1003	724.07	449.95	61.12	60.32	436	360	1.63	せん断	7.1
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	平使い	1007	688.65	449.85	60.33	60.06	422	360	1.72	せん断	7.1
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	平使い	1011	676.79	450.05	60.38	60.00	415	360	1.48	曲げ	6.9
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	平使い	1015	675.33	449.65	60.53	59.95	413	360	1.47	せん断	7.5
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	平使い	1019	685.92	449.75	60.50	60.16	419	360	1.51	せん断	7.0
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	縦使い	1004	723.7	449.15	60.83	60.40	438	300	3.58	曲げ	7.2
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	縦使い	1008	695.9	449.90	60.72	60.13	423	300	3.82	曲げ	7.1
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	縦使い	1012	670.25	449.90	60.76	60.06	408	300	3.12	曲げ	6.9
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	縦使い	1016	682.39	449.45	60.66	59.99	417	300	3.00	曲げ	7.5
スギ	60以上	合板	60 2次接着	逆寸	縦使い	1020	692.27	449.85	60.57	60.18	422	300	3.26	曲げ	6.9
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	正寸	平使い	1001	485.47	383.80	61.85	48.09	425	288	1.94	複合	7.1
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	正寸	平使い	1002	473.65	384.05	61.32	47.68	422	288	1.96	せん断	7.4
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	正寸	平使い	1005	473.59	384.25	61.17	48.00	420	288	1.61	せん断	6.8
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	正寸	平使い	1006	470.13	383.40	61.40	47.89	417	288	1.56	複合	6.9
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	正寸	平使い	1009	463.69	384.05	61.40	47.99	410	288	1.83	せん断	7.5
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	正寸	平使い	1010	469.46	384.05	61.13	48.30	414	288	1.90	せん断	7.2
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	逆寸	平使い	1003	464.46	384.30	61.07	47.99	412	288	1.25	曲げ	6.9
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	逆寸	平使い	1004	456.49	384.50	60.84	48.11	405	288	1.19	曲げ	7.2
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	逆寸	平使い	1007	461.59	384.40	60.92	48.06	410	288	1.39	せん断	6.4
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	逆寸	平使い	1008	467.83	384.35	61.39	48.10	412	288	1.40	せん断	6.5
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	逆寸	平使い	1011	466.57	384.20	61.05	48.15	413	288	1.28	曲げ	6.7
スギ	60以上	合板	48 ヲジョット	逆寸	平使い	1012	467.15	384.40	61.54	48.14	410	288	1.45	せん断	6.6
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	正寸	平使い	1001	759.85	479.95	60.28	60.42	435	360	1.45	曲げ	8.8
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	正寸	平使い	1002	760.48	480.00	59.81	60.52	438	360	1.35	曲げ	8.8
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	正寸	平使い	1005	701.34	479.55	60.87	59.70	402	360	1.77	せん断	8.2
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	正寸	平使い	1006	691.62	479.35	60.34	59.93	399	360	1.77	複合	8.1
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	正寸	平使い	1009	697.98	479.85	60.76	59.54	402	360	1.49	せん断	8.3
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	正寸	平使い	1010	689.2	479.85	60.32	59.91	397	360	1.40	曲げ	7.8
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	逆寸	平使い	1003	694.18	449.45	60.54	60.22	423	300	1.57	せん断	8.1
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	逆寸	平使い	1004	695.19	449.70	60.44	60.26	424	300	1.53	せん断	8.0
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	逆寸	平使い	1007	671.64	449.65	60.63	60.15	409	300	1.44	複合	7.7
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	逆寸	平使い	1008	644.58	450.05	60.34	60.06	395	300	1.30	曲げ	7.1
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	逆寸	平使い	1011	640.02	450.00	60.75	60.24	388	300	1.41	曲げ	6.7
スギ	60以上	合板	60 ヲジョット	逆寸	平使い	1012	634.11	450.60	60.21	60.37	387	300	1.33	複合	6.5

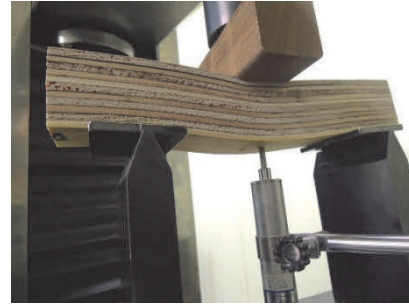
表 12.1.2-6 ヒノキ、カラマツ 60mm 厚試験結果

樹種	単板選別基準 (tf/cm <sup>2</sup> )	公称厚さ mm	積層接着	方向	荷重	番号	重量 g	長さ mm	幅 mm	厚さ mm	密度 kg/m <sup>3</sup>	入心 mm	せん断強さ N/mm <sup>2</sup>	破壊形状	含水率 %	
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1001	906.96	479.50	61.03	61.69	502	5.91	せん断	7.4	
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1002	912.37	480.05	60.94	61.78	505	4.78	せん断	7.8	
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1005	878.22	480.30	61.04	61.92	483	5.02	せん断	7.7	
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1006	874.53	480.15	60.83	61.85	484	5.23	せん断	7.7	
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1009	888.4	480.05	61.09	61.83	490	5.68	せん断	7.7	
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1010	878.21	479.85	60.85	61.91	486	4.98	せん断	7.6	
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1003	825.78	451.65	60.10	61.90	491	300	0.16	曲げ	7.0
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1004	831.24	452.25	60.44	61.88	491	300	0.19	曲げ	7.0
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1007	809.47	451.75	60.26	60.84	488	300	0.17	曲げ	7.2
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1008	808.06	452.40	60.32	61.91	477	300	0.21	曲げ	7.1
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1011	814.96	451.75	60.06	61.89	485	300	0.16	曲げ	7.2
ヒノキ	90以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1012	819.83	452.25	60.52	61.94	483	300	0.21	曲げ	6.6
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1001	917.79	480.10	60.72	62.04	507	360	3.29	せん断	7.5
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1002	905.83	480.15	60.49	61.91	504	360	3.30	せん断	7.8
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1005	917.34	480.15	60.74	62.15	506	360	3.32	せん断	7.6
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1006	919.19	480.30	60.50	62.16	509	360	3.02	せん断	7.6
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1009	888.9	480.10	60.78	62.17	490	360	2.89	せん断	7.6
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1010	880.51	480.35	60.54	62.13	487	360	2.72	せん断	7.3
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1003	860.96	450.80	60.00	62.08	513	300	1.72	せん断	7.2
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1004	859.17	450.90	60.56	62.11	506	300	1.89	せん断	7.3
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1007	827.16	450.75	60.11	62.10	491	300	1.69	せん断	7.4
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1008	848.59	450.85	60.42	62.21	500	300	1.74	せん断	7.4
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1011	823.74	450.50	60.13	62.15	489	300	1.62	せん断	7.1
ヒノキ	90以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1012	839.66	450.75	60.58	62.22	493	300	1.54	せん断	6.5
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1001	878.18	484.15	60.64	62.13	485	360	2.78	せん断	7.1
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1002	868.83	480.25	60.58	62.10	481	360	2.56	せん断	7.4
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1005	890.72	480.35	60.80	62.03	491	360	2.45	せん断	7.2
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1006	897.54	480.50	60.53	62.15	496	360	2.42	せん断	7.2
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1009	928.25	480.85	60.94	62.23	509	360	2.56	せん断	7.0
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1010	902.77	479.95	60.52	62.20	499	360	2.41	せん断	6.9
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1003	812.12	450.95	60.21	61.74	484	300	2.29	せん断	6.4
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1004	816.92	450.70	60.51	61.88	484	300	2.28	せん断	6.4
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1007	837.57	450.45	60.21	62.05	498	300	2.33	せん断	6.4
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1008	839.88	450.85	60.60	62.14	494	300	2.18	せん断	6.4
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1011	877.95	450.70	60.30	62.18	519	300	2.31	せん断	6.2
ヒノキ	90以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1012	858.18	450.85	60.52	62.21	505	300	2.18	せん断	5.8
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	正寸	平使い	1001	911.47	480.15	60.81	62.54	499	360	2.46	せん断	7.1
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	正寸	平使い	1002	902.77	480.30	60.52	62.69	495	360	1.98	曲げ	7.6
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	正寸	平使い	1005	899.14	480.05	60.74	62.64	492	360	1.79	曲げ	7.2
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	正寸	平使い	1006	908.25	480.45	60.79	62.77	495	360	2.31	せん断	7.3
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	正寸	平使い	1009	905.23	480.35	60.94	62.68	493	360	2.24	せん断	7.2
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	正寸	平使い	1010	915.78	480.10	60.55	62.89	501	360	2.01	曲げ	7.0
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	逆寸	平使い	1003	837.79	450.85	60.28	62.29	495	300	2.75	せん断	7.0
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	逆寸	平使い	1004	850.27	450.75	60.69	62.01	501	300	2.62	せん断	7.1
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	逆寸	平使い	1007	827.07	450.65	60.55	62.81	482	300	2.56	せん断	6.9
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	逆寸	平使い	1008	848.42	450.65	60.60	62.54	496	300	2.66	せん断	6.8
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	逆寸	平使い	1011	856.43	450.65	60.43	62.92	499	300	2.60	せん断	6.9
ヒノキ	90以上	合板40	60	ワジョット	逆寸	平使い	1012	857.12	450.65	60.63	62.83	499	300	2.51	せん断	6.4
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1001	1005.76	480.15	60.95	60.99	563	360	3.64	せん断	7.3
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1002	1046.31	480.10	60.78	60.98	588	360	4.00	せん断	7.3
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1005	1059.08	479.45	61.22	60.91	592	360	4.11	せん断	7.5
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1006	1055.66	479.95	60.95	61.01	591	360	4.32	曲げ	7.4
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1009	1084.61	479.45	61.05	61.02	607	360	4.22	せん断	7.5
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1010	1073.72	479.70	60.78	61.06	603	360	4.71	せん断	7.4
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1003	955.8	452.90	60.25	60.68	577	300	0.17	曲げ	6.4
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1004	981.5	452.50	60.56	60.59	591	300	0.20	曲げ	6.7
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1007	977.06	452.80	60.10	60.98	588	300	0.17	曲げ	6.9
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1008	986.19	452.85	60.70	61.11	586	300	0.15	曲げ	6.9
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1011	1041.96	451.75	60.37	60.46	631	300	0.18	曲げ	6.9
カラマツ	120以上	LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1012	1039.77	451.70	60.71	61.03	621	300	0.19	曲げ	6.7
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1001	1070.62	479.90	60.73	60.99	602	360	2.89	せん断	7.5
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1002	1051.54	479.10	60.46	60.95	595	360	2.87	せん断	7.6
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1005	1071.38	479.85	60.77	61.08	602	360	2.59	せん断	7.3
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1006	1073.22	479.75	60.48	61.06	605	360	2.49	せん断	7.2
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1009	1077.17	479.30	60.91	61.20	602	360	2.41	せん断	7.0
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	正寸	平使い	1010	1092.03	479.65	60.77	61.19	612	360	2.46	せん断	6.8
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1003	1021.1	450.70	60.69	61.04	611	300	1.42	せん断	6.7
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1004	1000.28	450.65	60.40	61.11	601	300	1.39	せん断	7.0
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1007	997.84	450.85	60.19	61.15	601	300	1.29	せん断	6.9
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1008	1022.5	450.95	60.62	61.07	612	300	1.30	せん断	6.9
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1011	997.33	451.60	60.10	61.19	600	300	1.23	せん断	6.6
カラマツ	120以上	B_LVL	60	ワジョット	逆寸	平使い	1012	1005.42	450.95	60.65	61.25	600	300	1.23	せん断	6.4
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1001	1014.19	479.05	60.64	60.76	574	360	2.16	曲げ	7.6
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1002	1000.25	479.80	60.41	60.84	567	360	1.93	せん断	7.5
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1005	1059.82	479.55	60.78	61.18	594	360	2.20	せん断	7.2
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1006	1052.8	479.95	60.48	61.17	593	360	2.24	せん断	7.1
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1009	1030.37	479.85	60.85	61.20	576	360	1.99	せん断	7.0
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	正寸	平使い	1010	1034.53	480.10	60.48	61.21	582	360	2.04	せん断	6.7
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1003	946.96	450.05	60.22	60.25	580	300	2.12	せん断	6.5
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1004	948.3	464.95	60.57	60.34	576	300	2.13	せん断	6.8
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1007	988.79	450.70	60.10	61.13	596	300	2.08	せん断	6.3
カラマツ	120以上	合板	60	ワジョット	逆寸	平使い	1008	977.03	450.55	60.65	61.12	585				

写真 12.1.2-1 小試験体



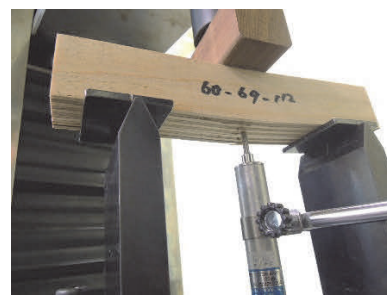
スギ 3h 平使い 6089 110  
 曲げ破壊 (めり込み)  $3.30\text{N/mm}^2$



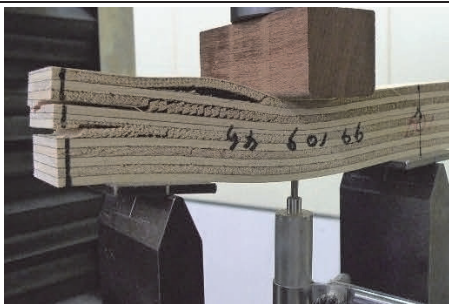
スギ 4h 平使い 6089 110  
 せん断破壊  $2.45\text{N/mm}^2$



スギ 5h 平使い 6089 107  
 せん断破壊 (ローリングシア)  $2.08\text{N/mm}^2$



スギ 4h 縦使い 6069 112  
 曲げ破壊  $4.41\text{N/mm}^2$



ヒノキ 4h 平使い 9099 109  
 せん断破壊 (ローリングシア) (めり込み)  
 $3.33\text{N/mm}^2$



ヒノキ 4h 縦使い 9099 106  
 曲げ破壊  $5.42\text{N/mm}^2$



カラマツ 4h 平使い 120129 106  
 せん断破壊 (ローリングシア)  $2.16\text{N/mm}^2$



カラマツ 4h 平使い 120129 129  
 曲げ破壊 (めり込み)  $2.96\text{N/mm}^2$

写真 12.1.2-2 スギ 144mm 厚

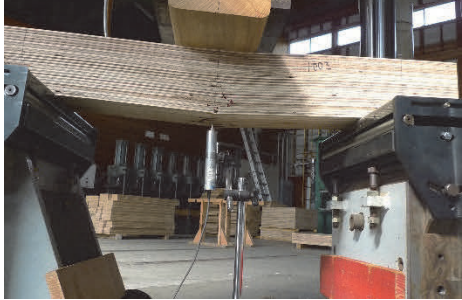


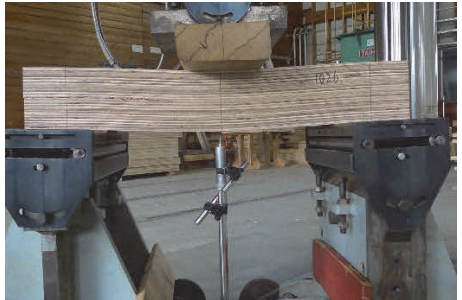

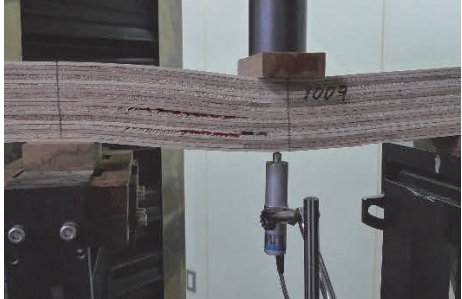

	
<p>スギワンショット正寸平使い 1003          曲げ破壊 1.44N/mm<sup>2</sup></p>	<p>スギワンショット正寸平使い 1008          せん断破壊 1.38N/mm<sup>2</sup></p>
	
<p>スギ2次接着逆寸平使い 1013          曲げ破壊 1.47N/mm<sup>2</sup></p>	<p>スギ2次接着逆寸平使い 1026          せん断破壊 1.45N/mm<sup>2</sup></p>
	
<p>スギ2次接着逆寸縦使い 1029          曲げ破壊 2.26N/mm<sup>2</sup></p>	

写真 12.1.2-3 スギ 60mm 厚

	
<p>スギ2次接着正寸平使い 1009          せん断破壊 (ローリングシヤ) 1.65/mm<sup>2</sup></p>	<p>スギ2次接着正寸平使い 1017          曲げ破壊 1.02N/mm<sup>2</sup></p>

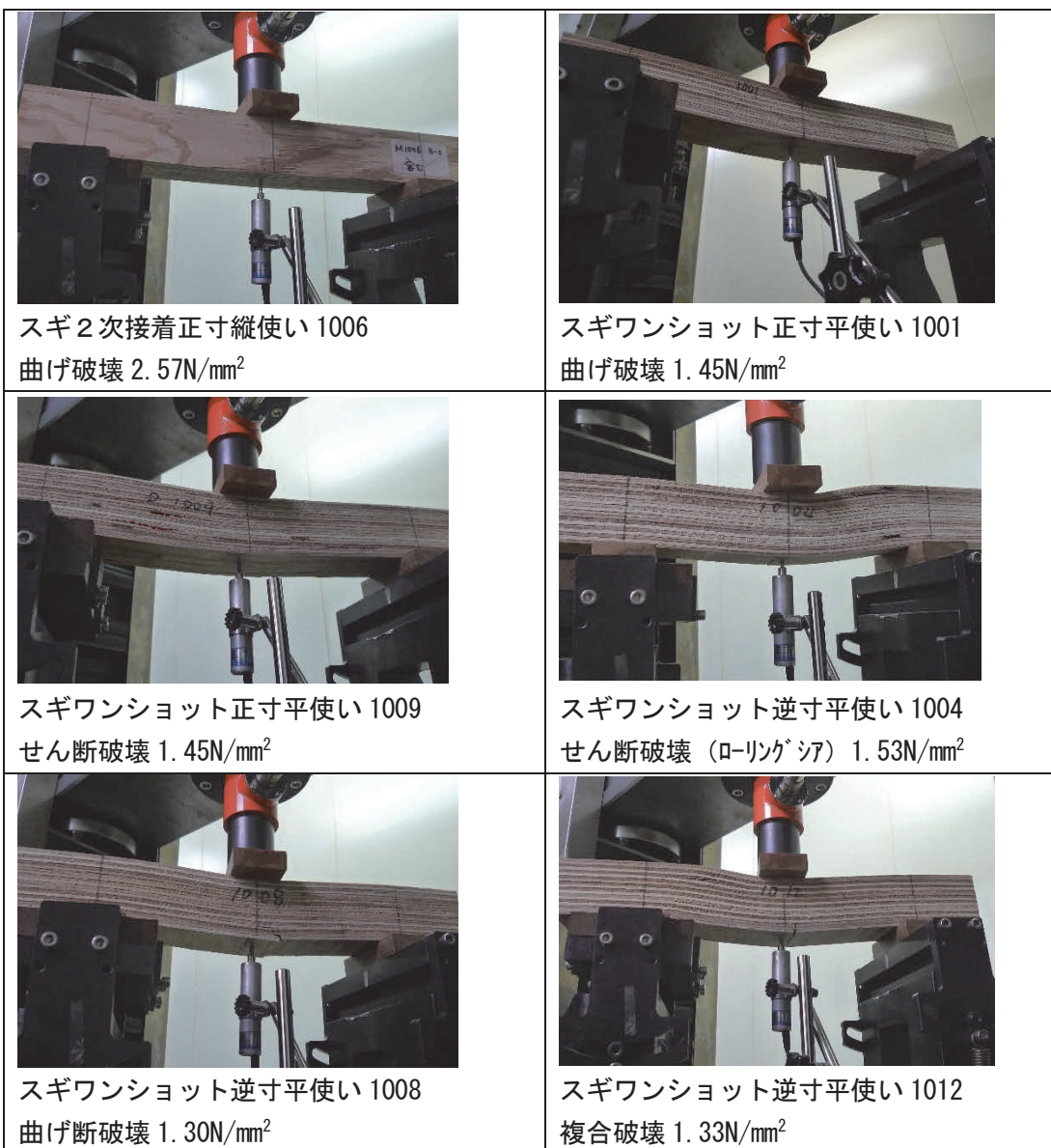
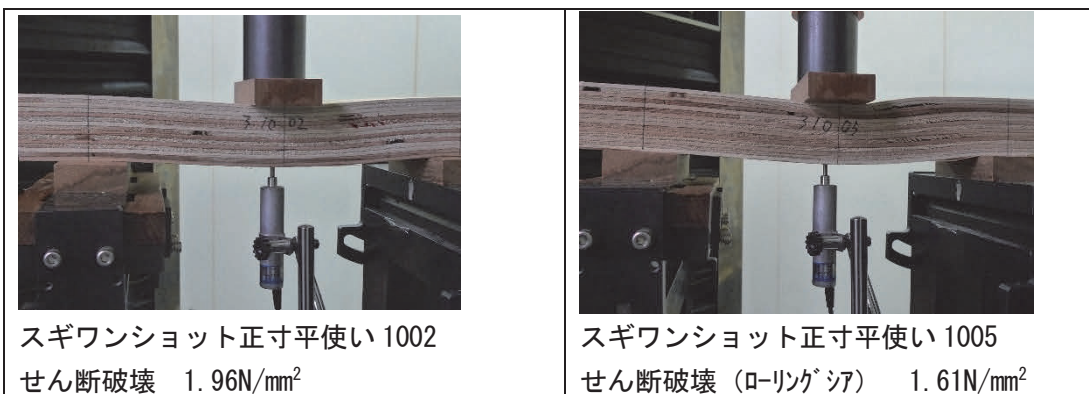
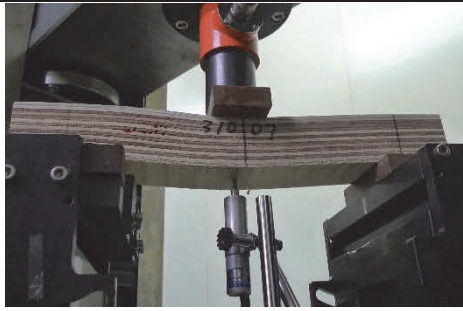


写真 12.1.2-4 スギ 48mm 厚



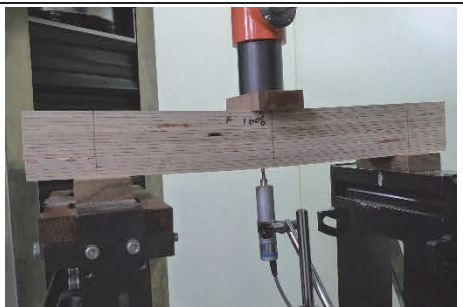


スギワンショット逆寸平使い 1007  
せん断破壊 1.39N/mm<sup>2</sup>



スギワンショット逆寸平使い 1011  
曲げ破壊 1.28N/mm<sup>2</sup>

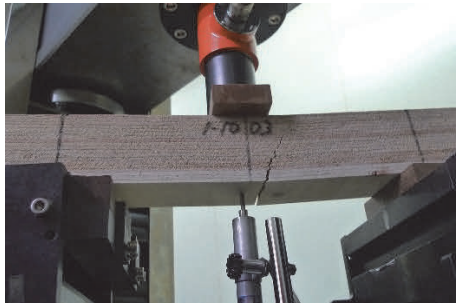
写真 12.1.2-5 ヒノキ 60mm 厚



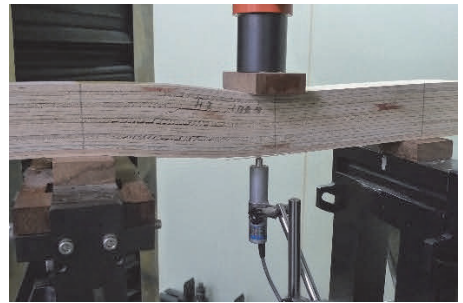
ヒノキ LVL 正寸平使い 1006  
せん断破壊 5.23N/mm<sup>2</sup>



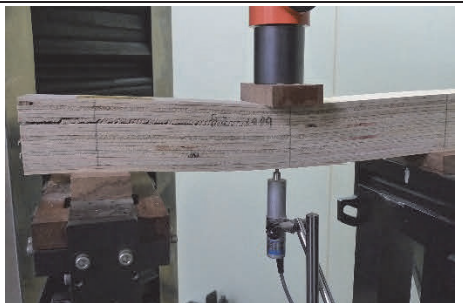
同左



ヒノキ LVL 逆寸平使い 1003  
曲げ破壊 0.16N/mm<sup>2</sup>



スギ BLVL 正寸使い 1006  
せん断破壊 (ローリングシア) 3.02N/mm<sup>2</sup>



ヒノキ BLVL 正寸平使い 1009  
せん断破壊 2.89N/mm<sup>2</sup>



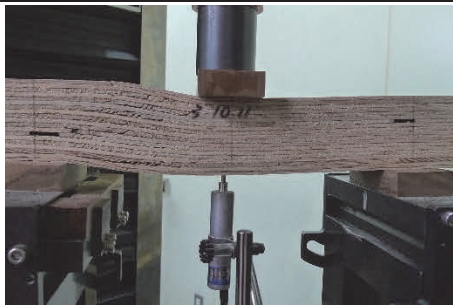
ヒノキ BLVL 逆寸平使い 1012  
せん断破壊 (ローリングシア) 1.54N/mm<sup>2</sup>

<p>ヒノキ合板正寸平使い 1009 せん断破壊 (ローリングシア) 2.56N/mm<sup>2</sup></p>	<p>ヒノキ合板 40 正寸平使い 1001 せん断破壊 (ローリングシア) 2.46N/mm<sup>2</sup></p>
<p>ヒノキ合板 40 正寸平使い 1010 曲げ破壊 2.01N/mm<sup>2</sup></p>	<p>ヒノキ合板 40 逆寸平使い 1012 せん断破壊 (ローリングシア) 2.51N/mm<sup>2</sup></p>

写真 12.1.2-6 カラマツ 60mm 厚

<p>カラマツ LVL 正寸平使い 1009 せん断破壊 4.22N/mm<sup>2</sup></p>	<p>同左</p>
<p>カラマツ LVL 逆寸平使い 1008 曲げ破壊 0.15N/mm<sup>2</sup></p>	<p>カラマツ BLVL 正寸平使い 1006 せん断破壊 2.49N/mm<sup>2</sup></p>

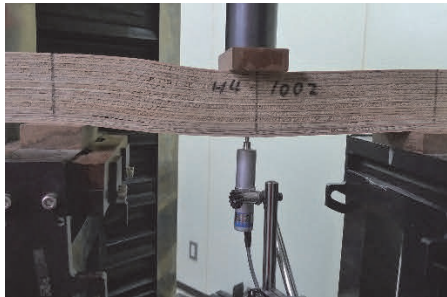




カラマツ合板逆寸平使い 1011  
せん断破壊 (ローリングシア)  $1.95\text{N/mm}^2$



カラマツ合板 40 正寸平使い 1001  
曲げ破壊  $1.50\text{N/mm}^2$



カラマツ合板 40 正寸平使い 1002  
せん断破壊 (ローリングシア)  $1.71\text{N/mm}^2$



カラマツ合板 40 逆寸平使い 1007  
せん断破壊 (ローリングシア)  $2.24\text{N/mm}^2$

12.1.3 水平せん断試験方法の検討

【60mm 超厚合板せん断試験結果】

供試体	逆対称試験		水平せん断試験					
			5h		4hR9		4hF5	
	$\tau$ N/mm <sup>2</sup>	FS	$\tau$ N/mm <sup>2</sup>	FS	$\tau$ N/mm <sup>2</sup>	FS	$\tau$ N/mm <sup>2</sup>	FS
D1	3.57	5/1/0	3.42	3/0/0	3.78	3/0/0	3.77	2/1/0
	0.18		0.22		0.42		0.53	
D2	2.31	6/0/0	2.29	2/0/1	2.68	2/0/1	2.76	2/0/1
	0.32		0.36		0.35		0.30	
D3	2.03	5/0/1	1.80	1/0/2	2.04	1/1/1	2.07	1/0/2
	0.24		0.07		0.02		0.09	
D4	2.15	3/0/3	***1.56	2/0/1	**1.77	1/1/1	*1.83	1/1/1
	0.15		0.09		0.15		0.08	
B0	1.86	8/0/0	1.91	3/0/2	1.99	2/0/3	***2.16	4/0/1
	0.12		0.09		0.15		0.05	
D3-69	1.52	6/0/0	1.57	13/0/2	1.65	12/2/2	**1.79	7/2/0
	0.10		0.12		0.13		0.18	
D3-89	1.85	4/0/2	1.63	13/0/2	1.78	10/5/1	1.90	6/3/0
	0.37		0.14		0.1		0.13	
B0-69	2.01	4/1/1	*1.84	8/0/7	2.02	3/5/8	2.15	1/3/5
	0.16		0.16		0.14		0.22	
B0-89	2.09	4/0/2	**1.84	8/1/6	2.04	6/5/5	2.08	4/1/4
	0.16		0.16		0.18		0.08	
F1	6.20	6/0/0	5.71	3/0/0	6.44	3/0/0	*6.54	3/0/0
	0.15		0.57		0.19		0.22	
F2	3.86	6/0/0	3.07	3/0/0	4.13	3/0/0	4.38	3/0/0
	0.75		0.61		0.07		0.04	
F3	2.96	6/0/0	2.77	3/0/0	3.08	2/1/0	3.18	1/1/1
	0.48		0.16		0.27		0.17	
F4	2.41	6/0/0	2.39	3/0/0	2.72	3/0/0	*2.90	2/0/1
	0.28		0.22		0.25		0.25	
H1	5.24	3/2/1	4.63	3/0/0	5.51	3/0/0	5.48	3/0/0
	0.90		0.31		0.5		0.11	
H2	3.11	6/0/0	3.34	3/0/0	*3.61	2/1/0	*3.66	3/0/0
	0.22		0.07		0.26		0.34	
H3	2.50	6/0/0	2.21	3/0/0	2.44	2/0/1	2.54	3/0/0
	0.49		0.13		0.11		0.14	
H4	2.35	5/1/0	***1.90	2/0/1	**2.08	2/1/0	*2.13	1/2/0
	0.08		0.01		0.1		0.12	

n:試験体数,  $\tau$ :せん断強度[N/mm<sup>2</sup>], FS:破壊形態,\*:有意水準5%で有意差有り, \*\*:有意水準1%で有意差有り, \*\*\*:有意水準0.1%で有意差有り

※  $\tau$ の欄の1行目は平均値を2行目は標準偏差を示す

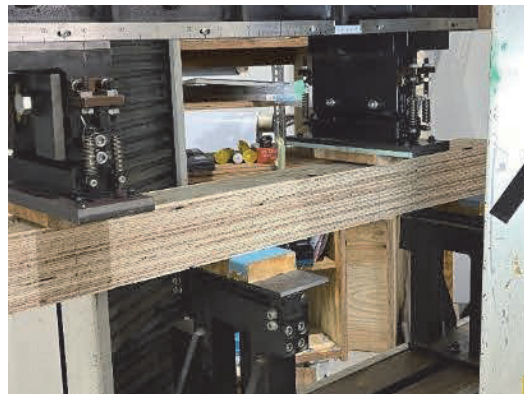
※ FSの欄の数値は, 前から順番にS(せん断破壊)/B+S(せん断と曲げの複合破壊)/B(曲げ破壊)の数を示す

【100mm、120mm 超厚合板せん断試験実施状況】

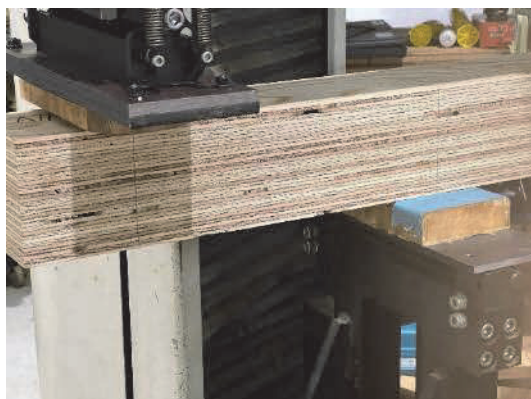
○ 逆対称4点荷重方式せん断試験



(全景 1)



(全景 2)

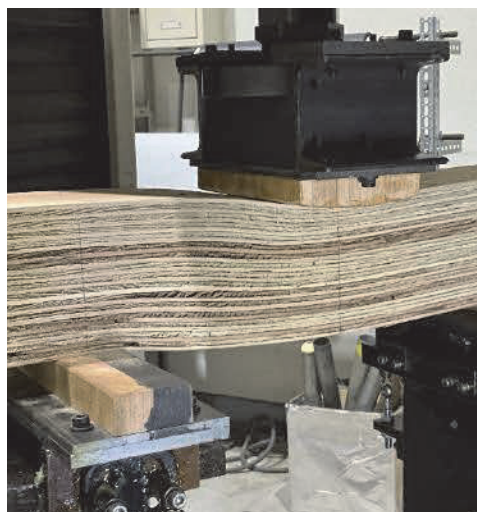


(加力点および支点)




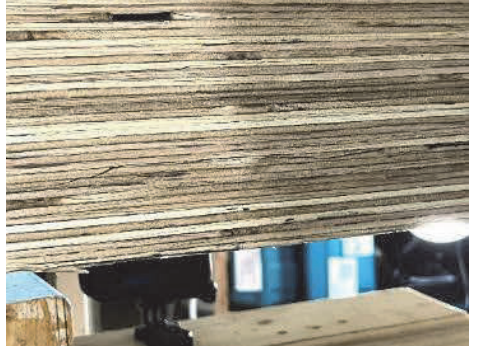
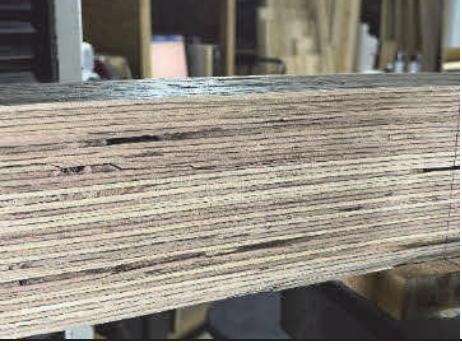


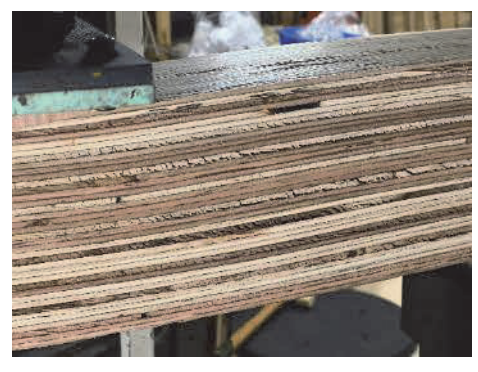

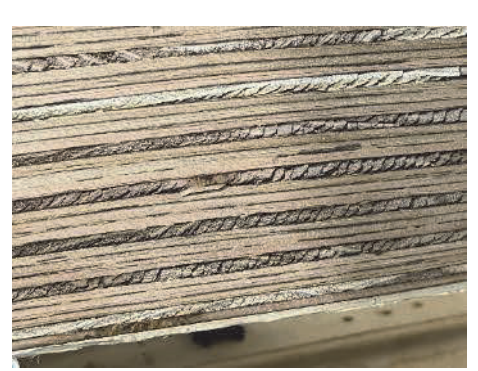
(加力点および支点)

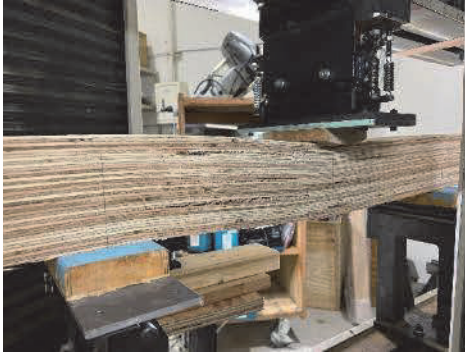
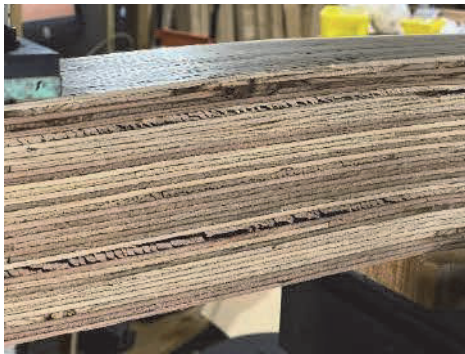


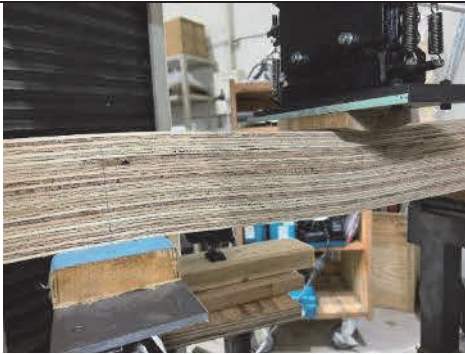

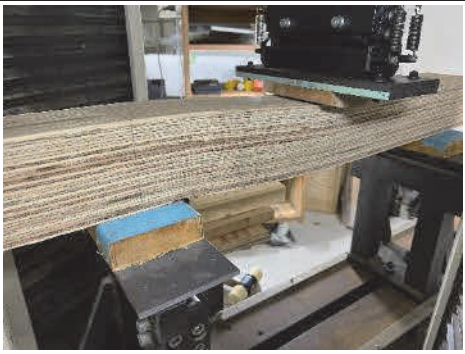

○ 水平せん断試験





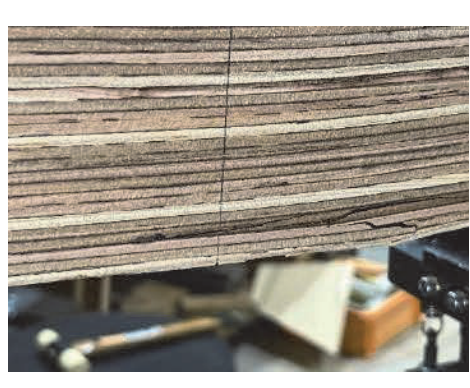





【せん断試験における試験体の破壊性状】


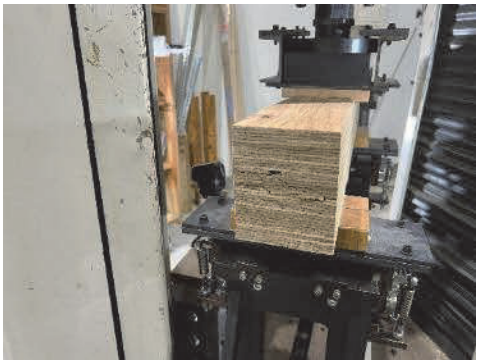

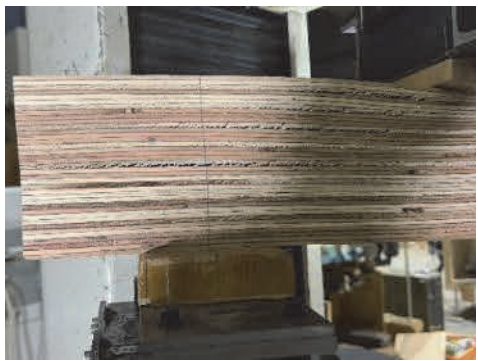




○ 逆対称4点荷重方式せん断試験

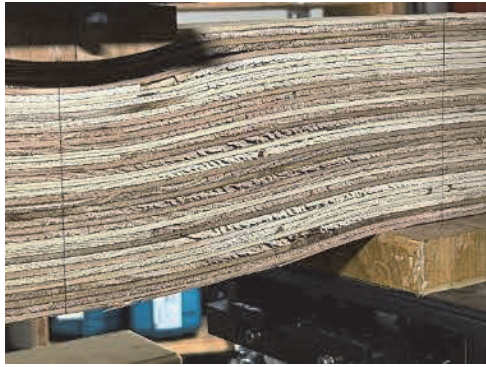

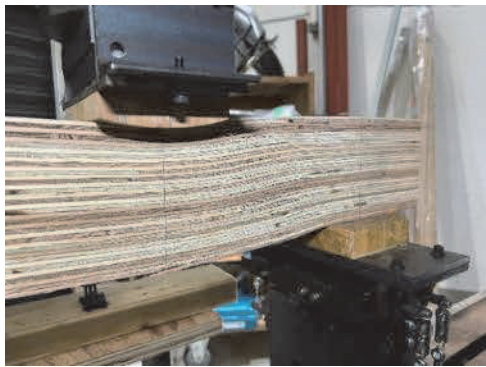

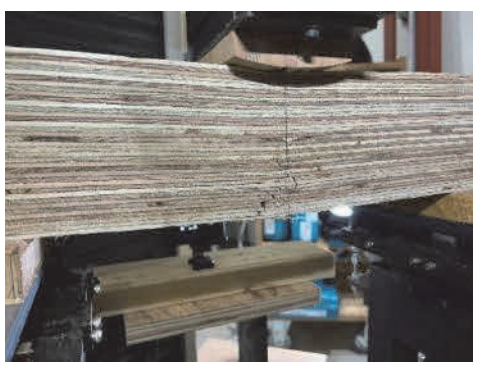

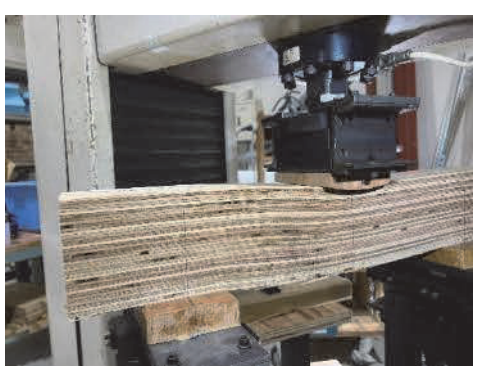

<p>D1-120 (1) せん断破壊</p>		
<p>D1-120 (2) せん断破壊</p>		
<p>D2-120 (1) せん断破壊</p>		
<p>D2-120 (2) せん断破壊</p>		

<p>D3-120 (1) せん断破壊</p>		
<p>D3-120 (2) 曲げ破壊</p>		
<p>D3-100 (1) せん断破壊</p>		
<p>D3-100 (2) せん断破壊</p>		



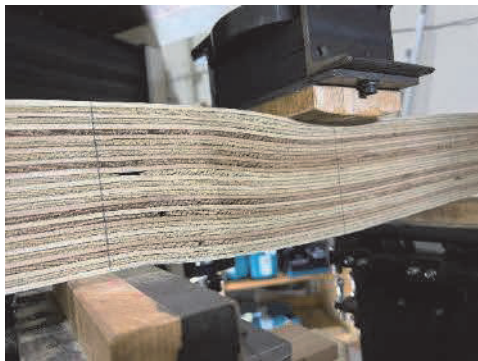


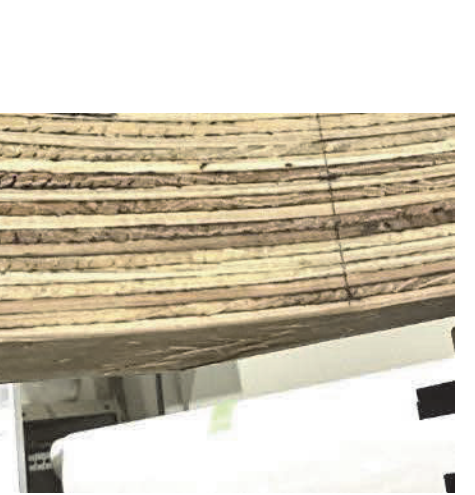


○ 水平せん断試験

<p>D1-120 (1) 曲げ破壊</p>		
<p>D1-120 (2) 複合破壊</p>		
<p>D1-120 (3) 曲げ破壊</p>		
<p>D1-120 (3) せん断破壊</p>		

<p>D2-120 (1) 曲げ破壊</p>		
<p>D2-120 (2) 曲げ破壊</p>		
<p>D2-120 (3) せん断破壊</p>		
<p>D2-120 (4) 曲げ断破壊</p>		

<p>D3-120 (1) せん断 破壊</p>		
<p>D3-120 (2) せん断 破壊</p>		
<p>D3-120 (3) 曲げ破 壊</p>		
<p>D3-120 (4) 曲げ破 壊</p>		



<p>D3-100 (1) せん断 破壊</p>		
<p>D3-100 (2) せん断 破壊</p>		
<p>D3-100 (3) 曲げ破 壊</p>		
<p>D3-100 (4) 複合破 壊</p>		

#### 12.1.4 接着性能

7章の報告において、接着性能を評価するための煮沸剥離試験及び減圧加圧剥離試験を実施した試験片のうち、剥離を生じた試験片の例を写真12-1-4-1～18に示す。

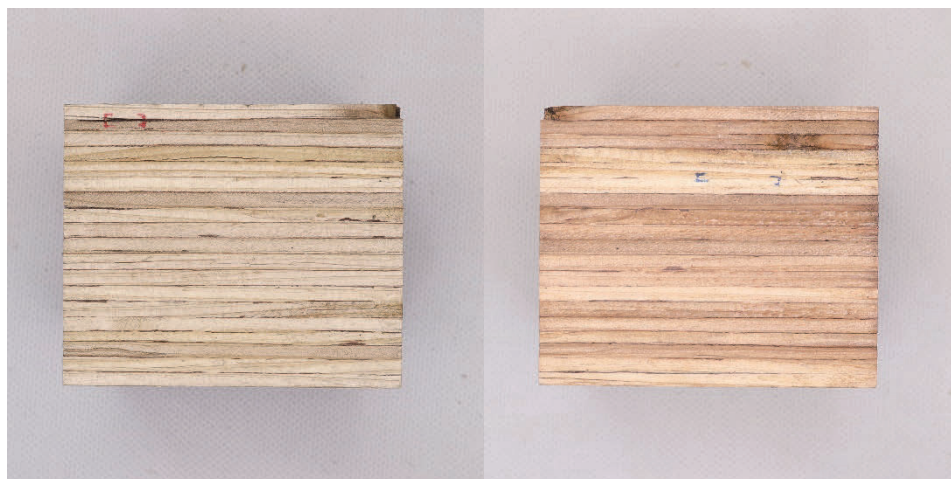


写真 12-1-4-1 試験後の様子（スギ・LVL型）（左：減圧加圧、右：煮沸）



写真 12-1-4-2 試験後の様子（スギ・B種LVL型）（減圧加圧）



写真 12-1-4-3 試験後の様子（スギ・B種LVL型）（煮沸）

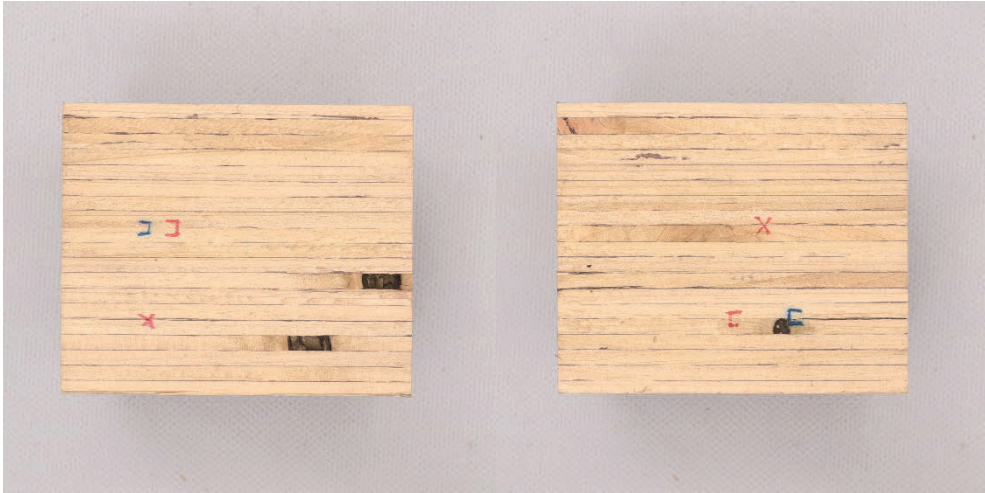


写真 12-1-4-4 試験後の様子 (ヒノキ・LVL 型) (煮沸)



写真 12-1-4-5 試験後の様子 (ヒノキ・合板型通常仕様) (煮沸)

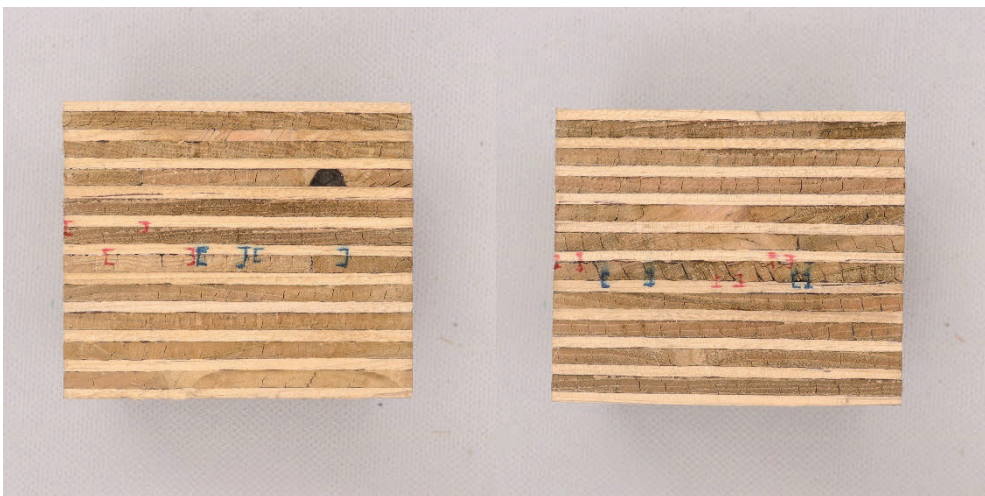


写真 12-1-4-6 試験後の様子 (ヒノキ・合板型構成比率 40%) (煮沸)



写真 12-1-4-7 試験後の様子（カラマツ・LVL型）（左：減圧加圧、右：煮沸）

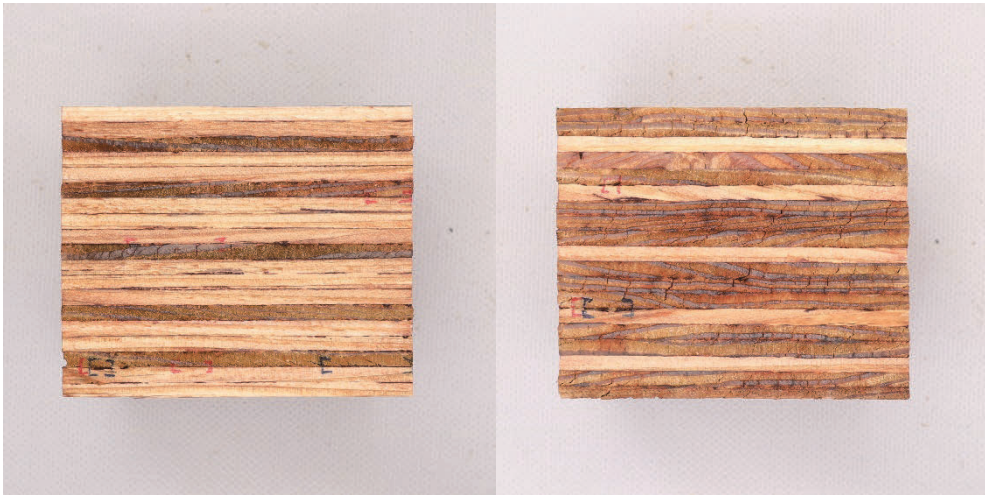


写真 12-1-4-8 試験後の様子（カラマツ・B種LVL型）（減圧加圧）



写真 12-1-4-9 試験後の様子（カラマツ・B種LVL型）（煮沸）



写真 12-1-4-10 試験後の様子 (カラムツ・合板型通常仕様) (煮沸)



写真 12-1-4-11 試験後の様子 (カラムツ・合板型通常仕様) (減圧加圧)

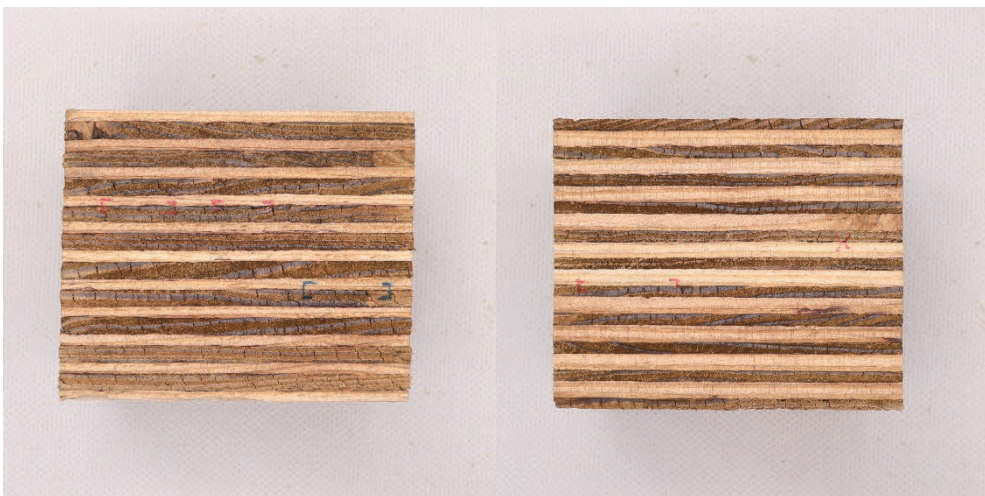


写真 12-1-4-12 試験後の様子 (カラムツ・合板型構成比率 40%) (煮沸)



写真 12-1-4-13 試験後の様子（スギ・厚さ 144mm・ワンショット）（減圧加圧）



写真 12-1-4-14 試験後の様子（スギ・厚さ 144mm・2次接着）（煮沸）



写真 12-1-4-15 試験後の様子（スギ・厚さ 96mm・ワンショット）（減圧加圧）



写真 12-1-4-16 試験後の様子（スギ・厚さ 72mm・ワンショット）（煮沸）



写真 12-1-4-17 試験後の様子（スギ・厚さ 60mm・二次接着）（煮沸）



写真 12-1-4-18 試験後の様子（スギ・厚さ 48mm・ワンショット）（煮沸）

12.1.5 接合部性能

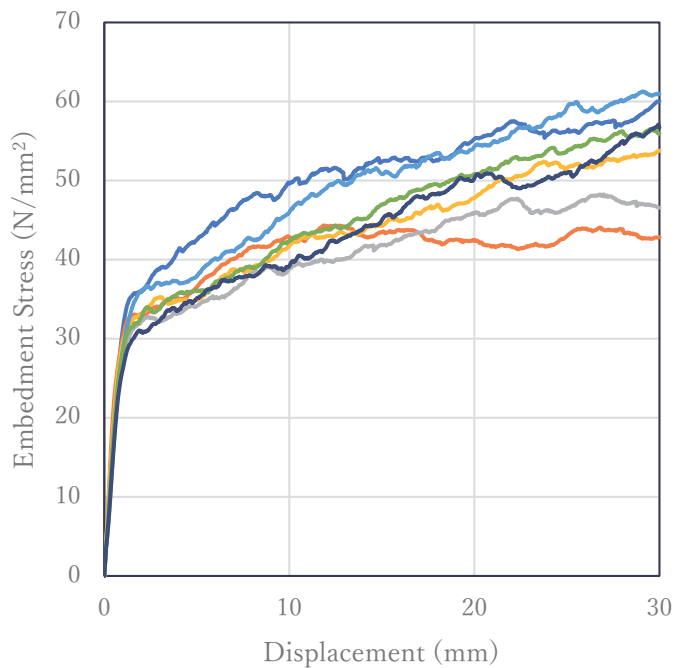


图 12.1.5-1 支压応力変位一曲線 (48\_0\_6)

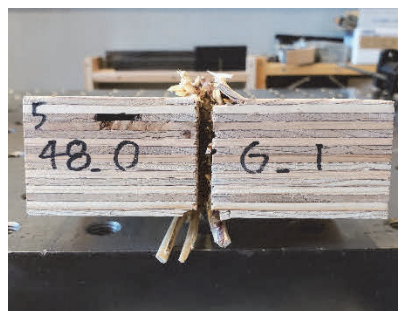
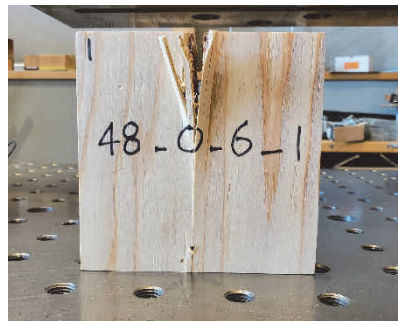


写真 12.1.5-1 (48\_0\_6)

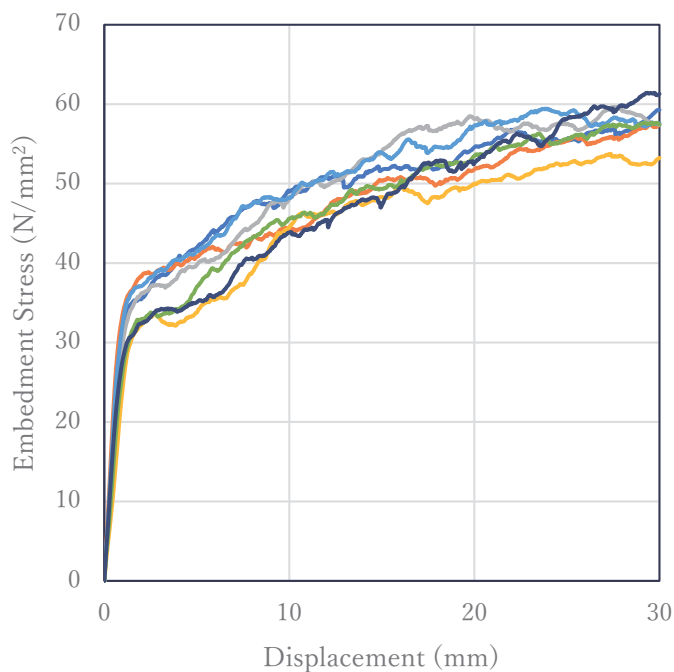


图 12.1.5-2 支压応力変位一曲線 (48\_90\_6)



写真 12.1.5-2 (48\_90\_6)



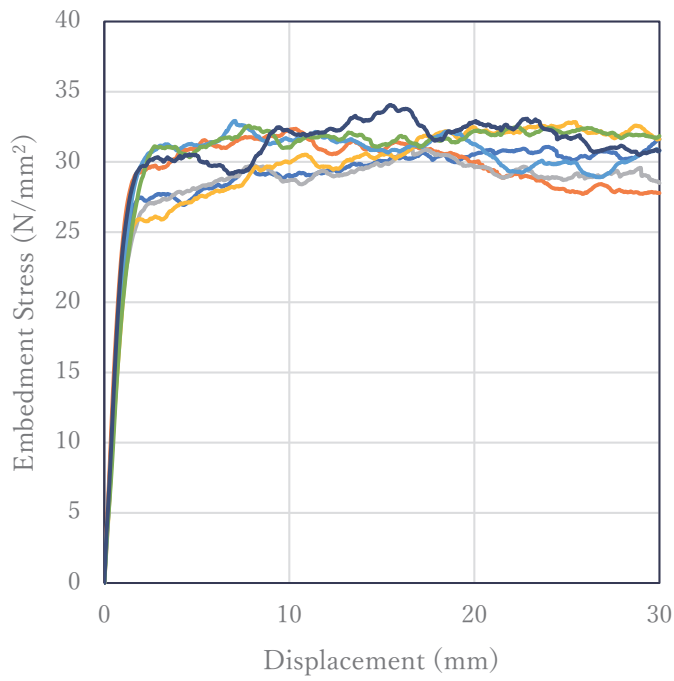


図 12. 1. 5-3 支圧応力変位一曲線 (48\_0\_16)

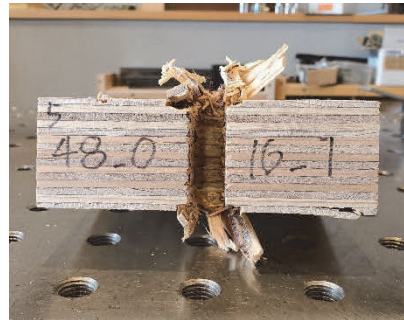
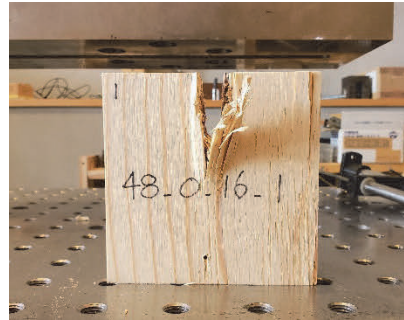


写真 12. 1. 5-3 (48\_0\_16)

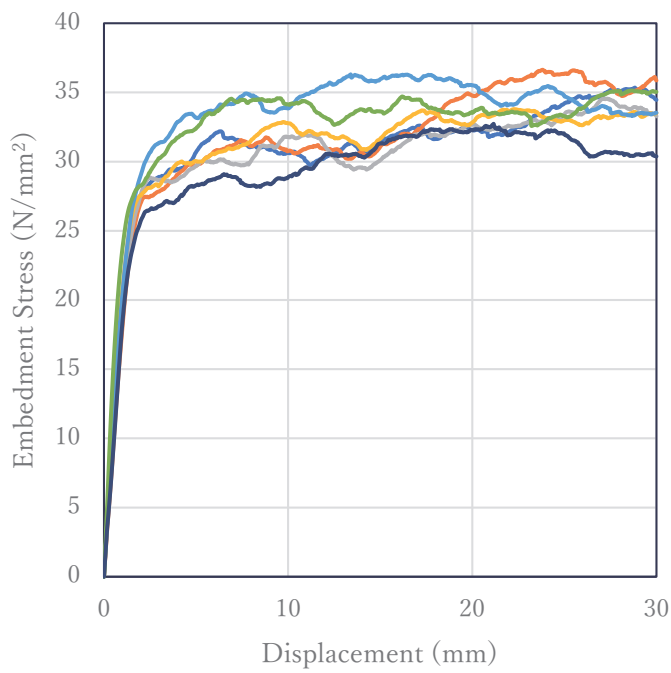


図 12. 1. 5-4 支圧応力変位一曲線 (48\_90\_16)



写真 12. 1. 5-4 (48\_90\_16)

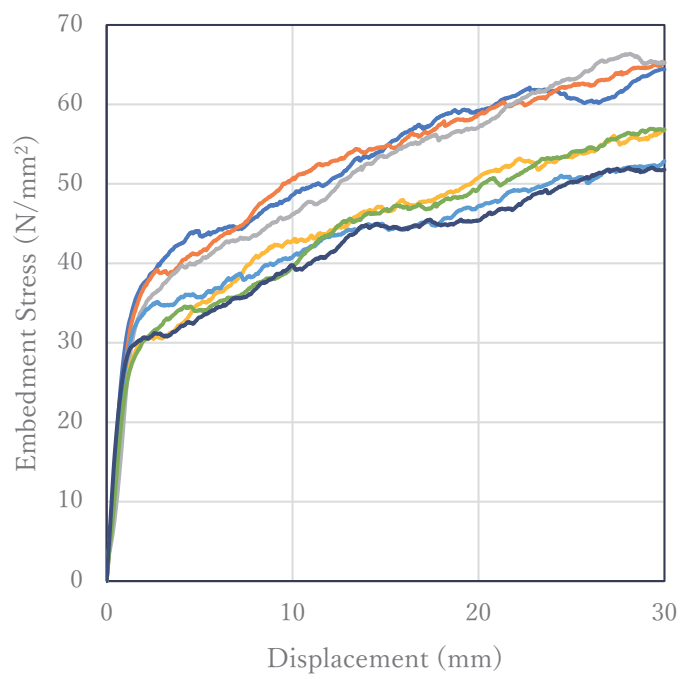


図 12.1.5-5 支圧応力変位一曲线 (60\_0\_6)

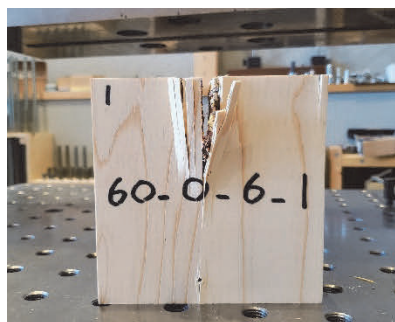


写真 12.1.5-5 (60\_0\_6)

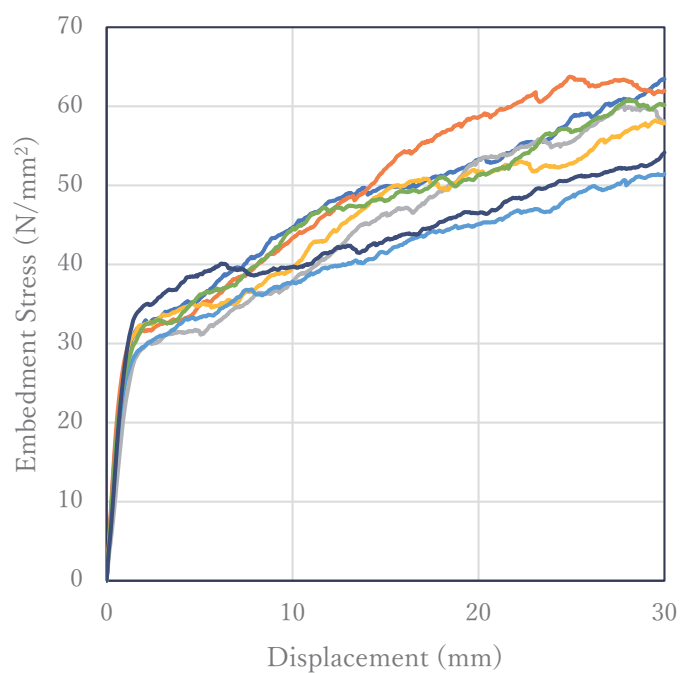


図 12.1.5-6 支圧応力変位一曲线 (60\_90\_6)

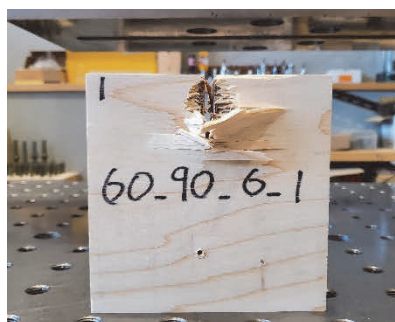


写真 12.1.5-6 (60\_90\_6)

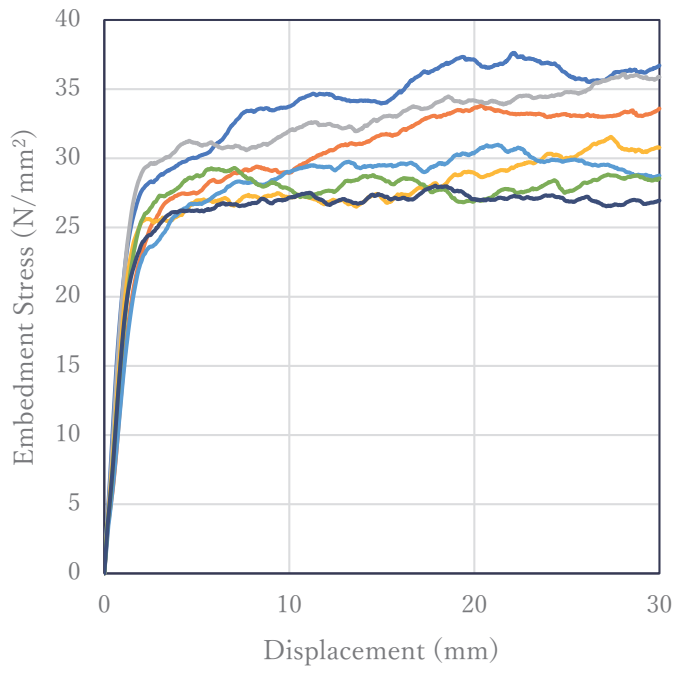


図 12.1.5-7 支圧応力変位一曲線 (60\_0\_16)



写真 12.1.5-7 (60\_0\_16)

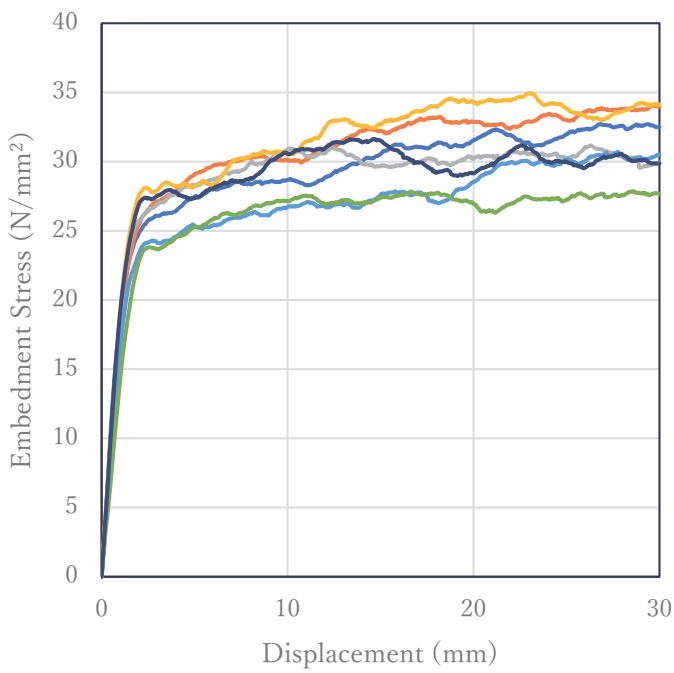


図 12.1.5-8 支圧応力変位一曲線 (60\_90\_16)



写真 12.1.5-8 (60\_90\_16)

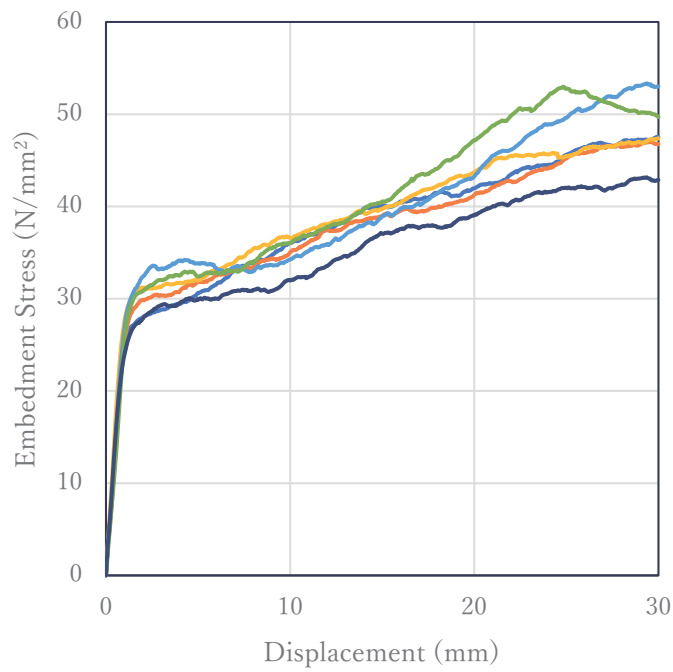


图 12.1.5-9 支圧応力変位一曲线 (72\_0\_8)



写真 12.1.5-9 (72\_0\_8)

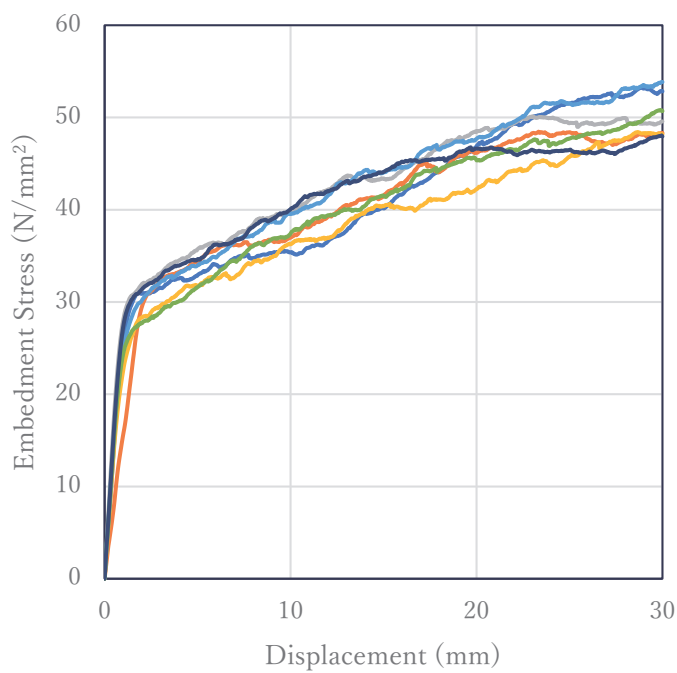


图 12.1.5-10 支圧応力変位一曲线 (72\_90\_8)



写真 12.1.5-10 (72\_90\_8)

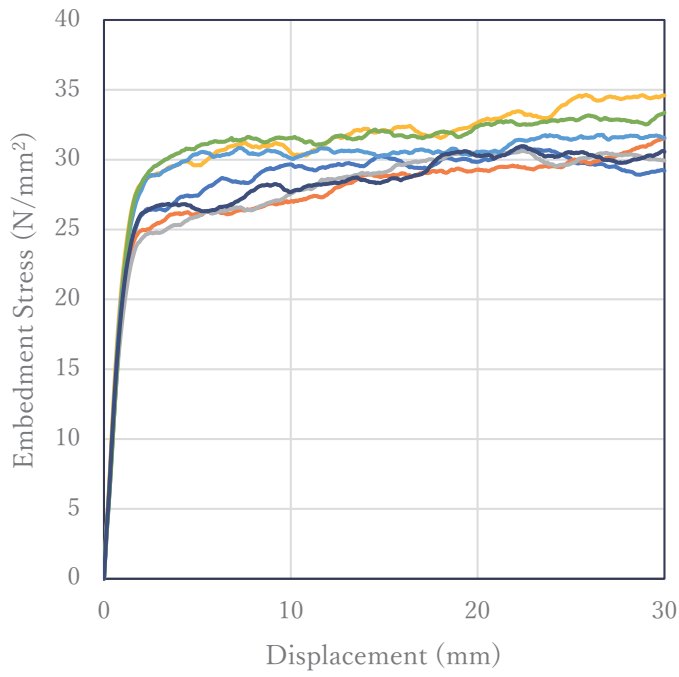


图 12.1.5-11 支压応力変位一曲线 (72\_0\_16)



写真 12.1.5-11 (72\_0\_16)

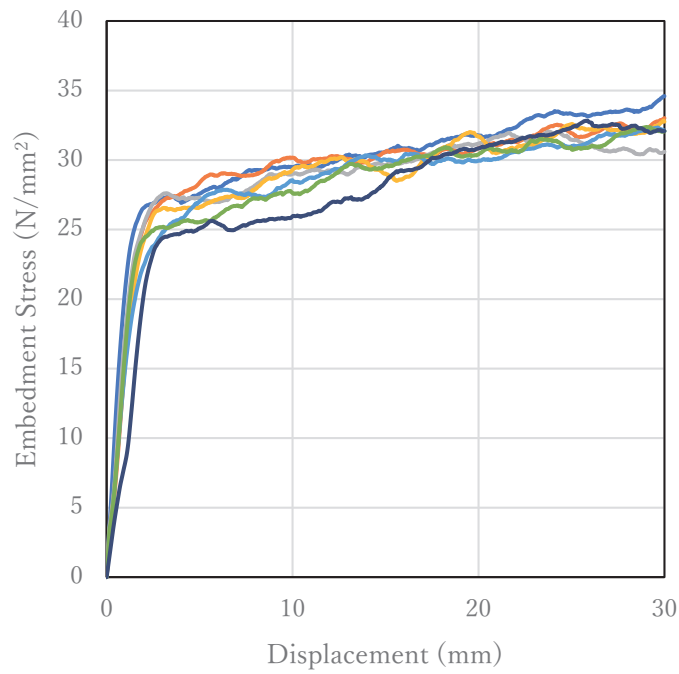


图 12.1.5-12 支压応力変位一曲线 (72\_90\_16)

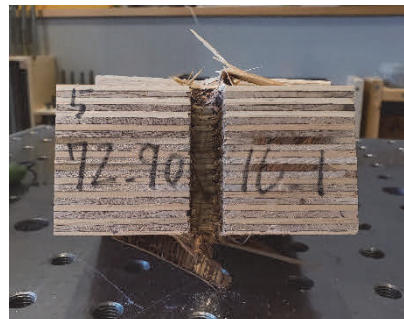


写真 12.1.5-12 (72\_90\_16)

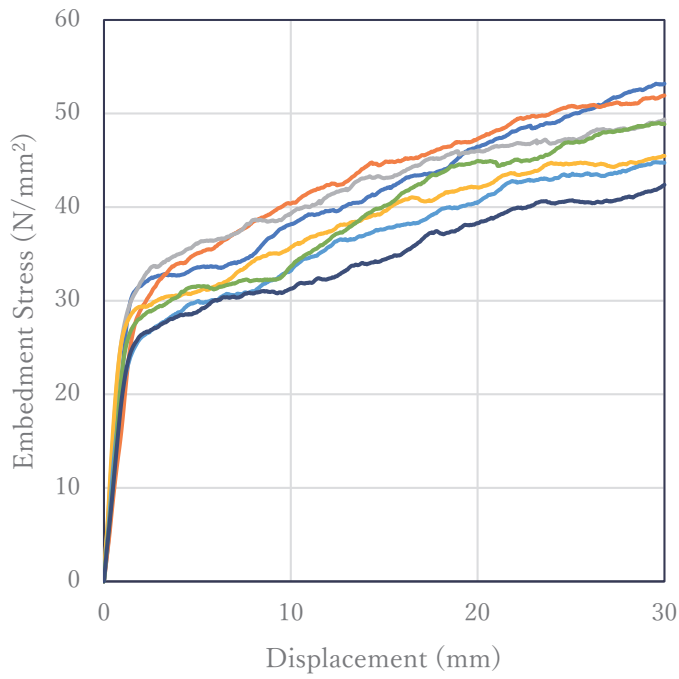


图 12.1.5-13 支压応力変位一曲線 (96\_0\_10)

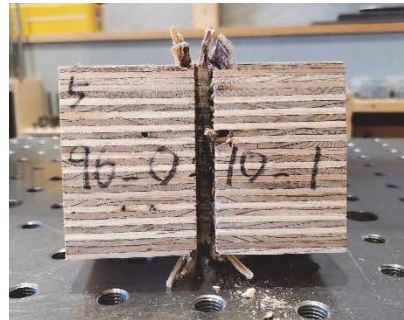


写真 12.1.5-13 (96\_0\_10)

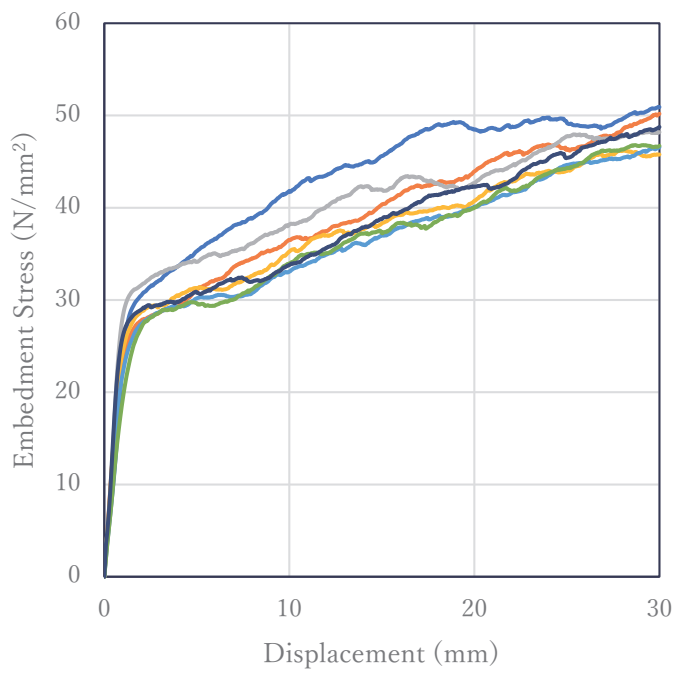


图 12.1.5-14 支压応力変位一曲線 (96\_90\_10)

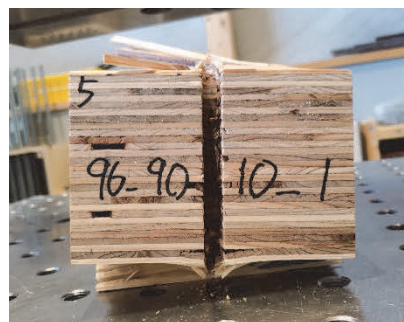
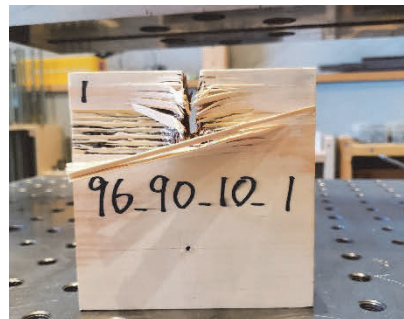


写真 12.1.5-14 (96\_90\_10)

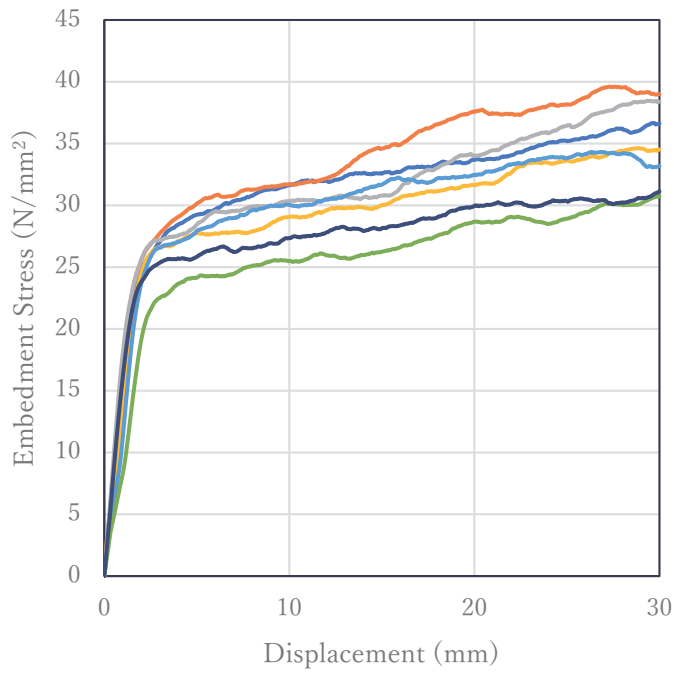


図 12. 1. 5-15 支圧応力変位一曲線 (96\_0\_16)

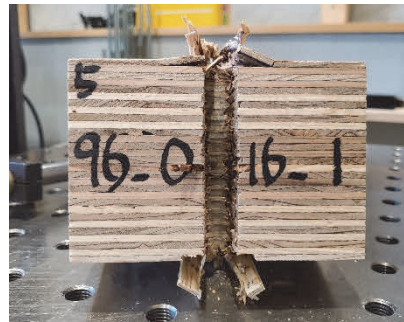
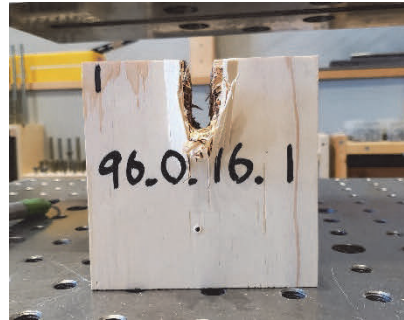


写真 12. 1. 5-15 (96\_0\_16)

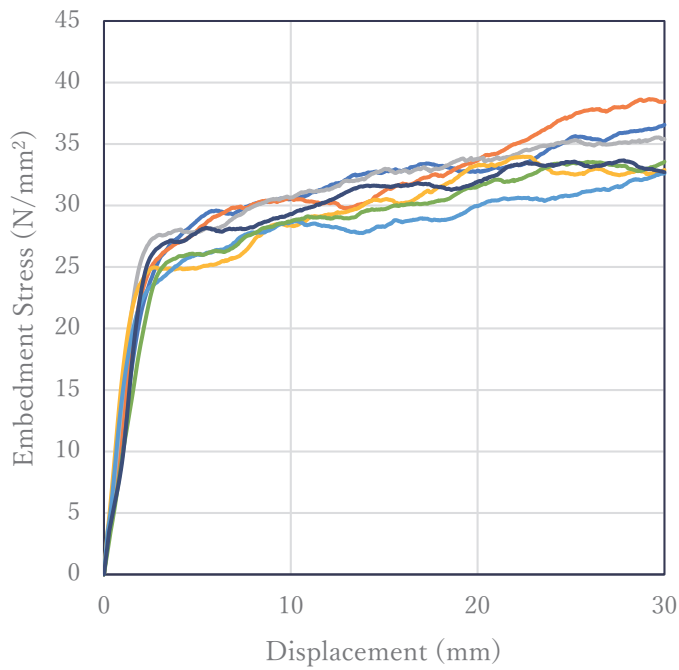


図 12. 1. 5-16 支圧応力変位一曲線 (96\_90\_16)

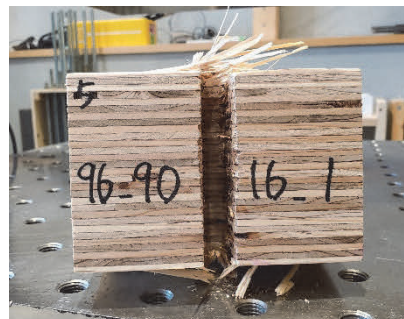


写真 12. 1. 5-16 (96\_90\_16)

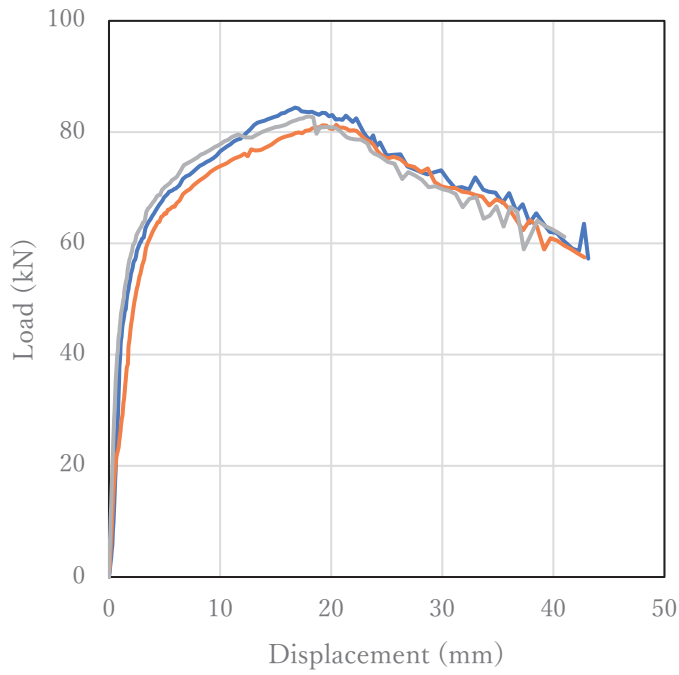


図 12. 1. 5-17 包絡線 (No. 1)

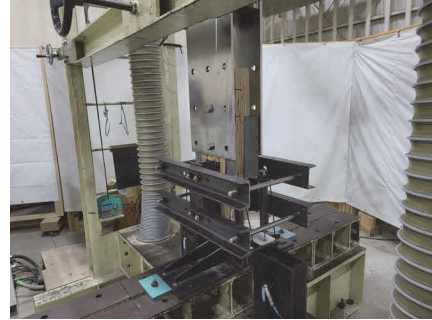


写真 12. 1. 5-17 (No. 1)

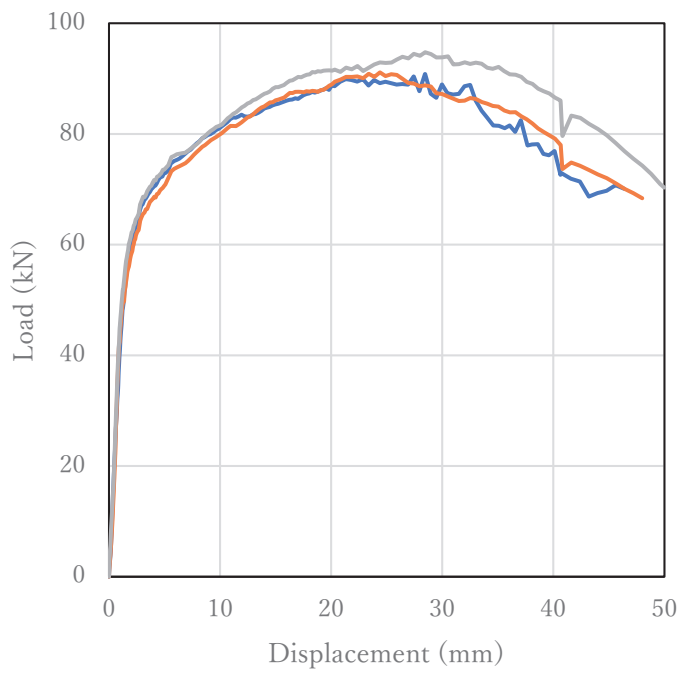


図 12. 1. 5-18 包絡線 (No. 2)



写真 12. 1. 5-18 (No. 2)



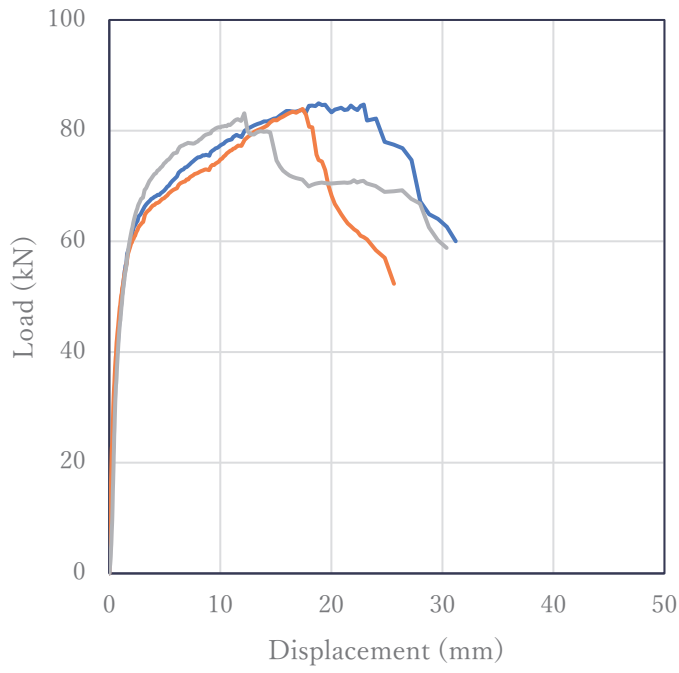


図 12.1.5-19 包絡線 (No. 3)



写真 12.1.5-19 (No. 3)

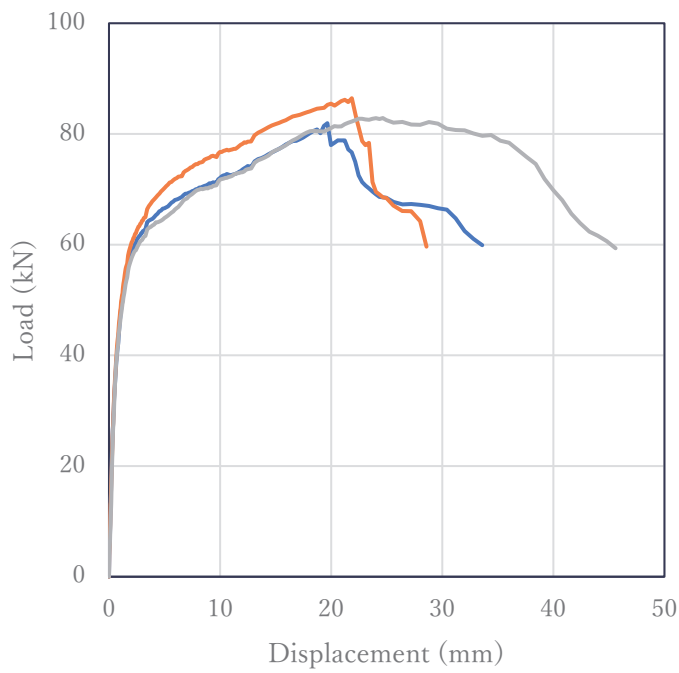


図 12.1.5-20 包絡線 (No. 4)



写真 12.1.5-20 (No. 4)

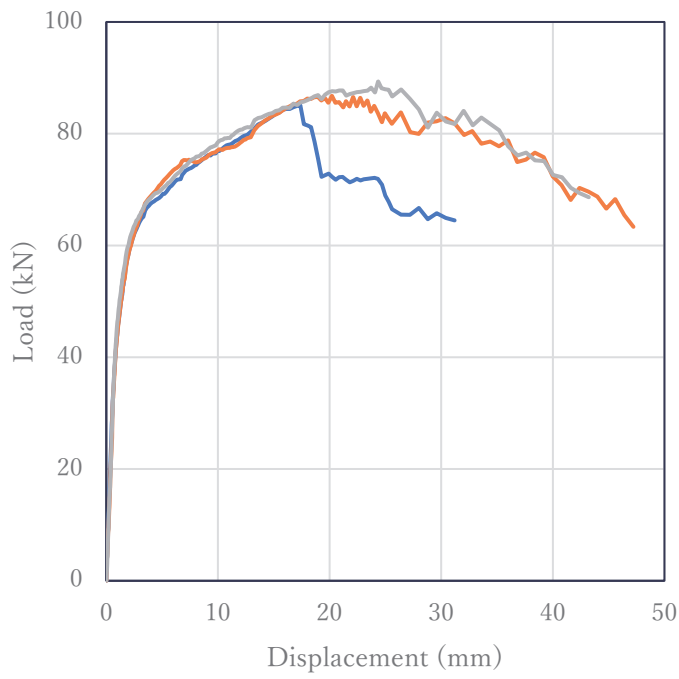


図 12.1.5-21 包絡線 (No. 5)

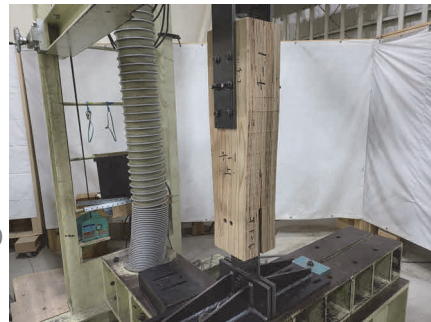
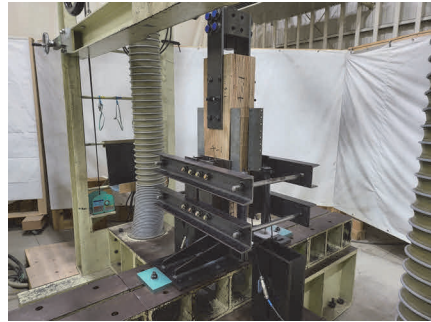


写真 12.1.5-21 (No. 5)

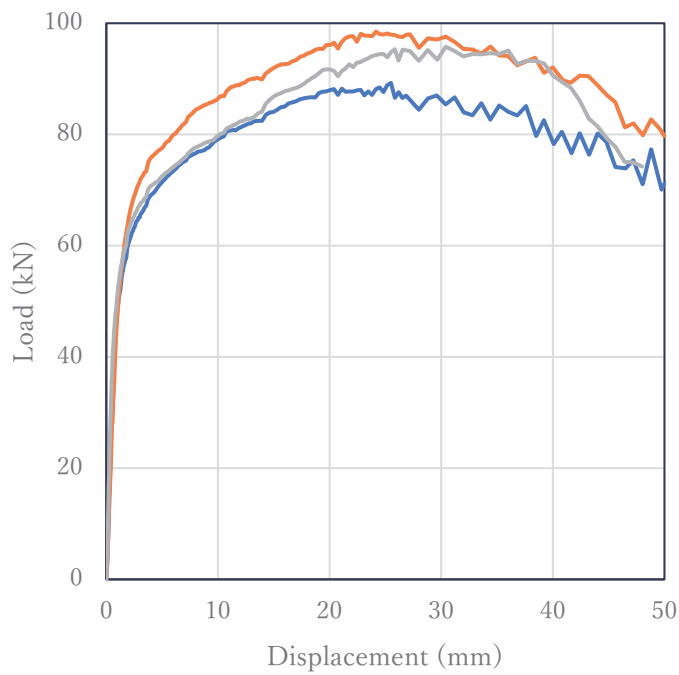


図 12.1.5-22 包絡線 (No. 6)

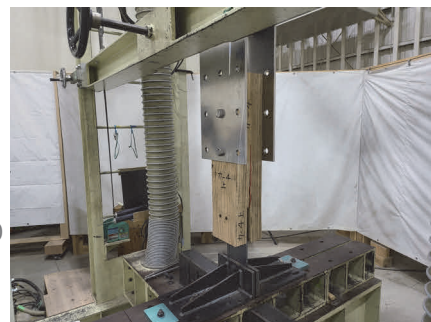


写真 12.1.5-22 (No. 6)

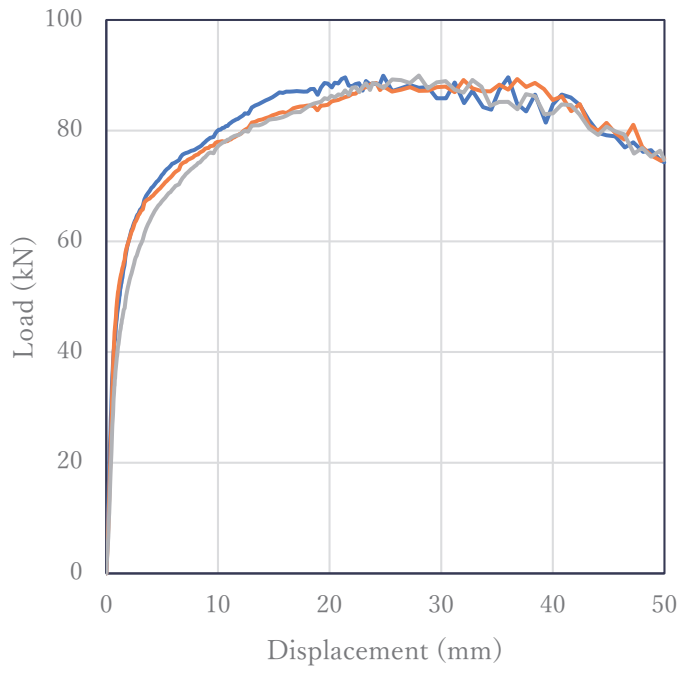


図 12.1.5-23 包絡線 (No. 7)

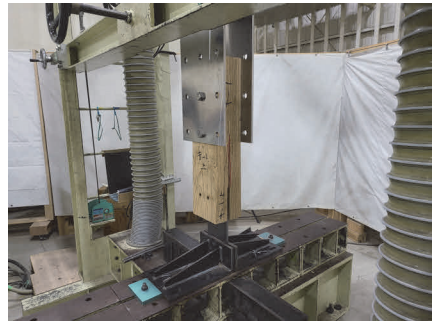


写真 12.1.5-23 (No. 7)

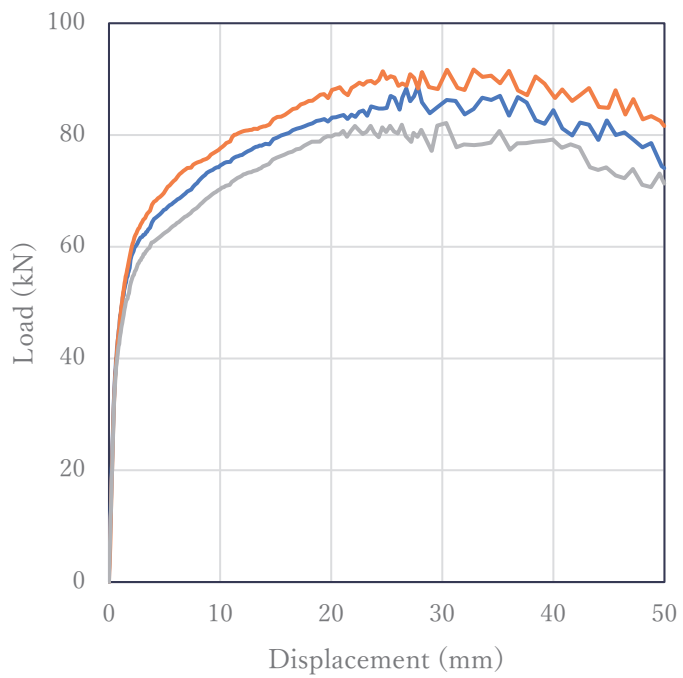


図 12.1.5-24 包絡線 (No. 8)



写真 12.1.5-24 (No. 8)

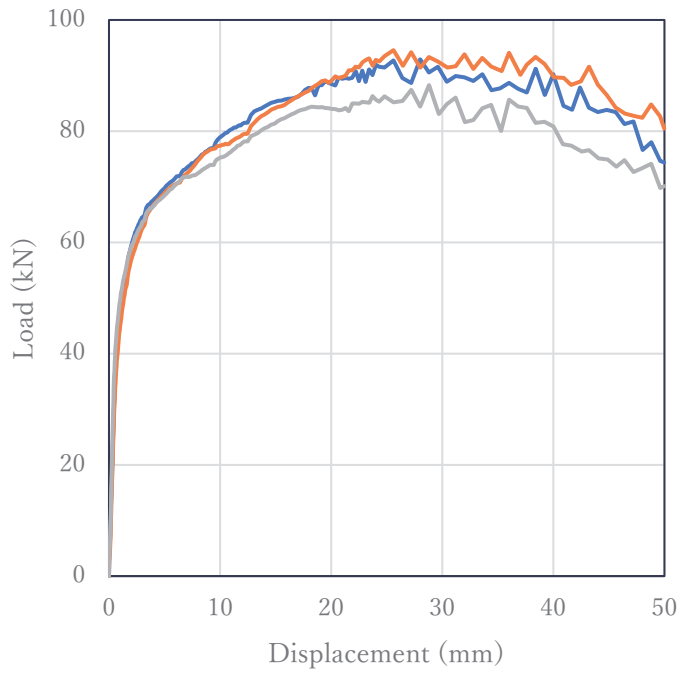


図 12.1.5-25 包絡線 (No. 9)



写真 12.1.5-25 (No. 9)

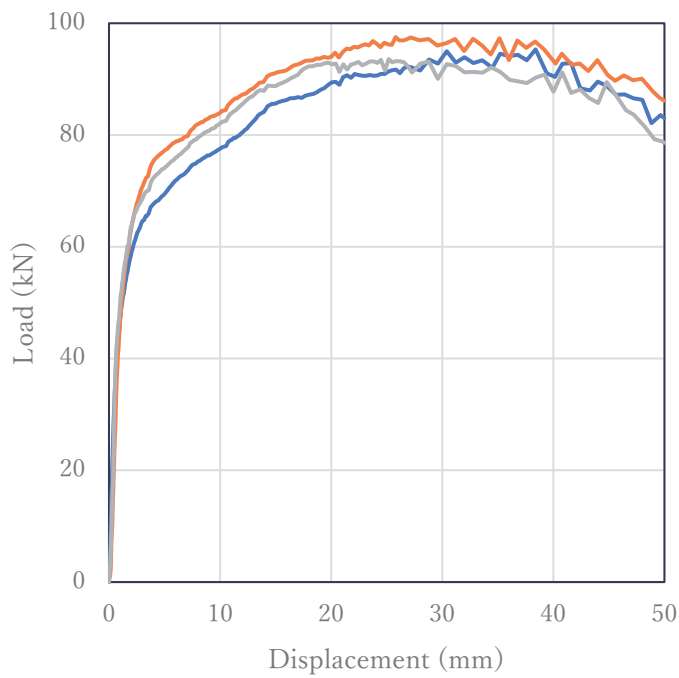


図 12.1.5-26 包絡線 (No. 10)

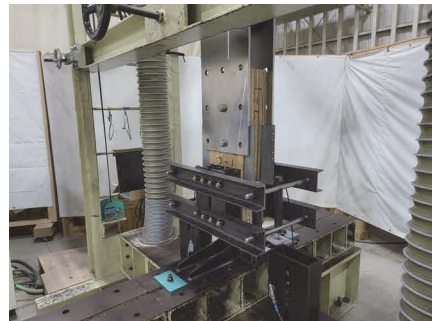


写真 12.1.5-26 (No. 10)

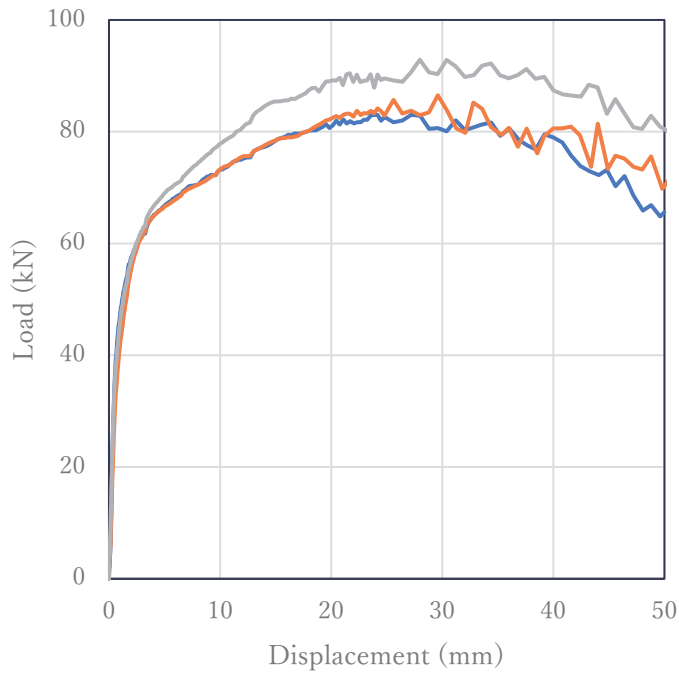


図 12. 1. 5-27 包絡線 (No. 11)

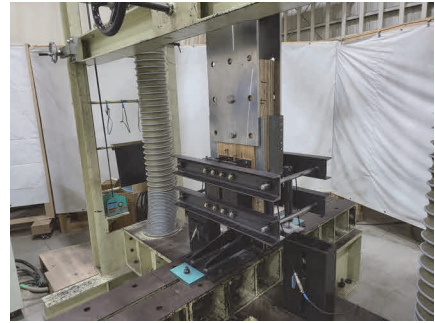


写真 12. 1. 5-27 (No. 11)

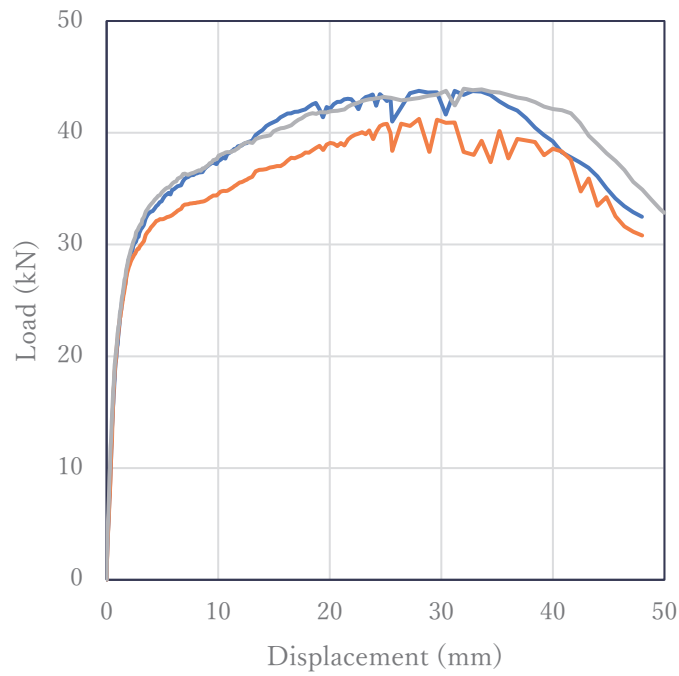


図 12. 1. 5-28 包絡線 (No. 12)

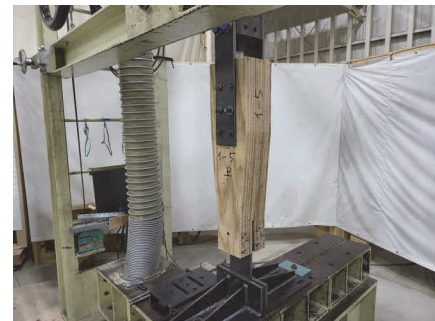


写真 12. 1. 5-28 (No. 12)

### 12.1.6 構面性能検討用の要素試験

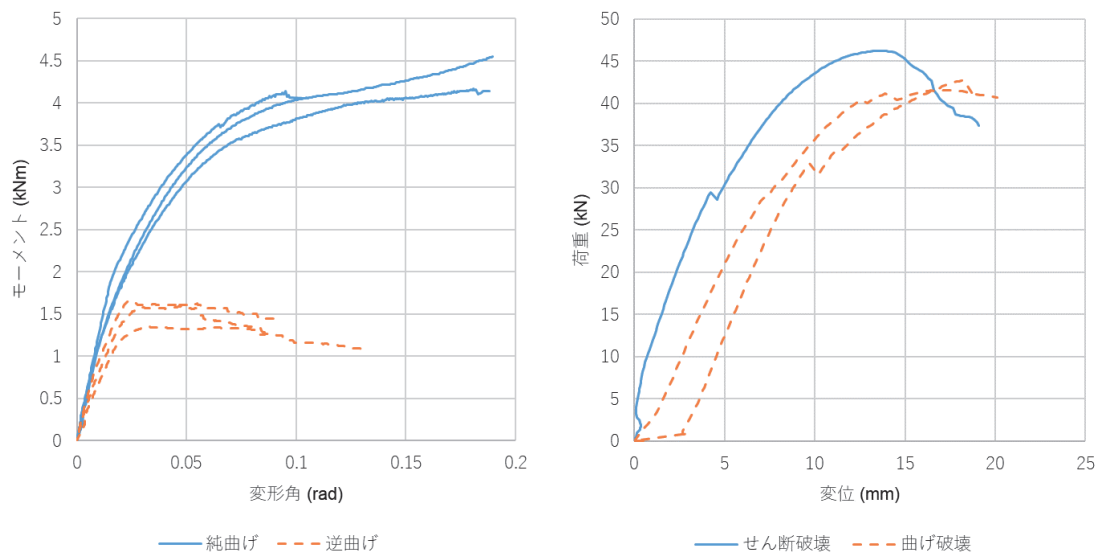


図 12.1.6-1 試験から得られた包絡線

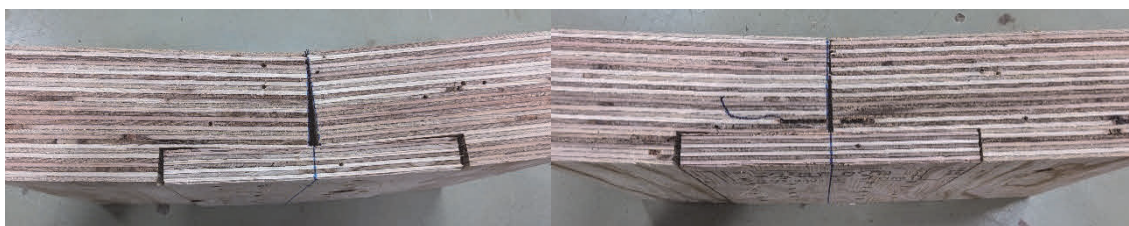


図 12.1.6-2 純曲げ試験破壊性状



図 12.1.6-3 逆曲げ試験破壊性状



図 12.1.6-4 面外せん断試験破壊性状（上段：せん断破壊、下段：曲げ破壊）



図 12.1.6-5 面内せん断試験破壊性状（合板のせん断破壊・ロッキング変形）



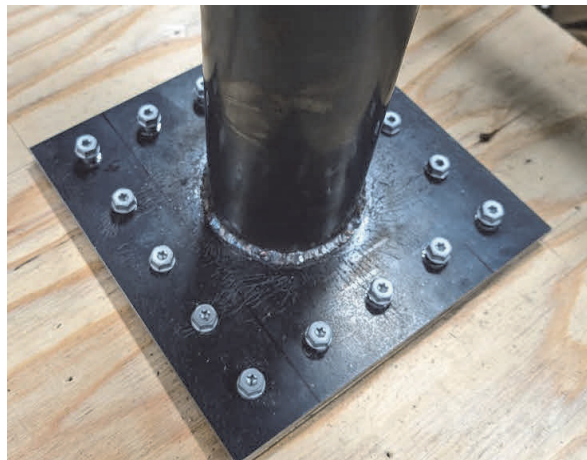
全体



接合部



隅部



プレート

図 12.1.6-6 柱頭接合部曲げ試験破壊性状

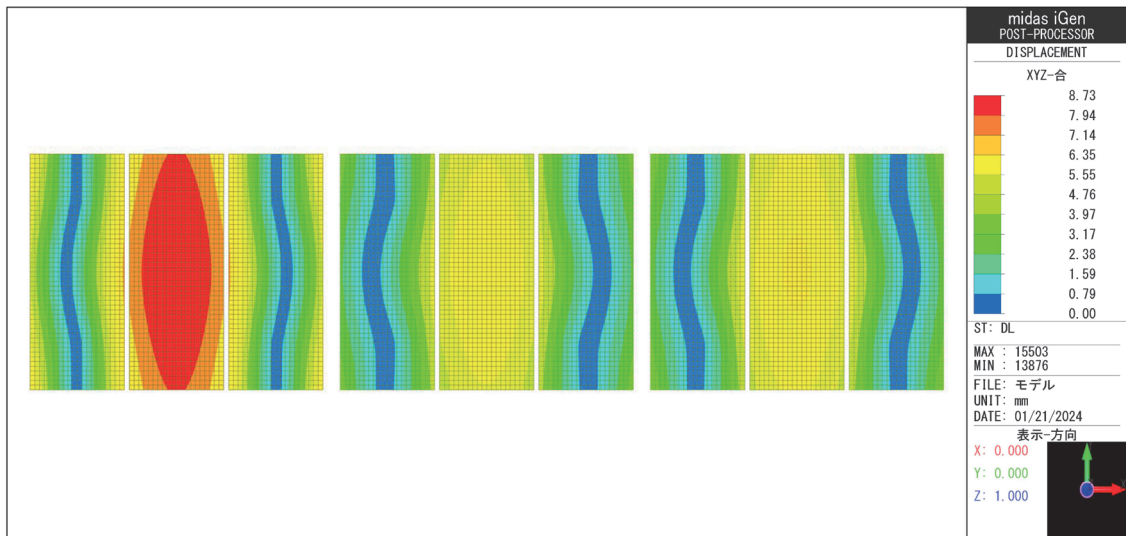


図 12. 1. 6-7 解析から得られた長期荷重時のたわみ

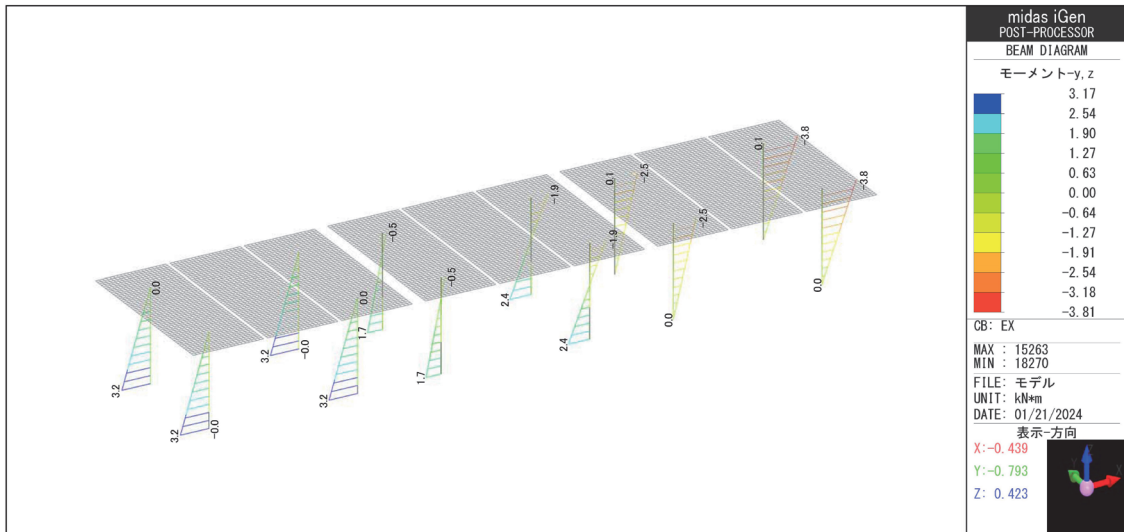


図 12. 1. 6-8 解析から得られた X 方向地震時の柱の曲げモーメント

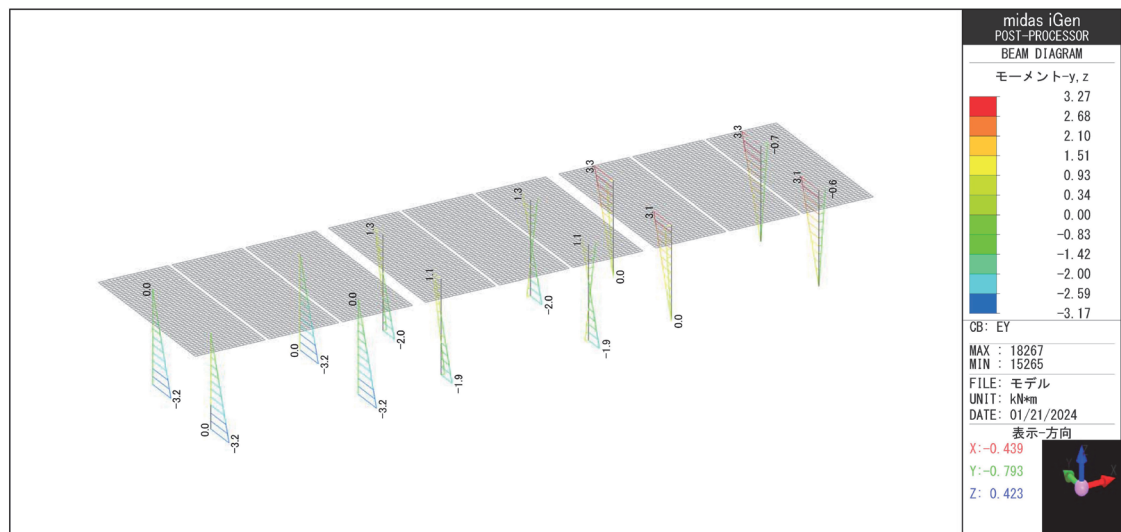


図 12. 1. 6-9 解析から得られた Y 方向地震時の柱の曲げモーメント



### 12.1.7 熱・湿気性能, 寸法変化

#### (1) 既往の建築材料の熱伝導率

建築物の断熱計算において使用されることの多い熱伝導率について以下に示す。

表 12.1.7-1 建築材料の熱伝導率

分類	建材名称	熱伝導率 W/(m・K)
金属	鋼	55
	アルミニウム	210
コンクリート	コンクリート	1.6
非木質系壁材・下地材	土壁	0.69
	ガラス	1.0
	れんが	0.64
	火山性ガラス質複層板	0.13
木質系壁材・下地材	天然木材	0.12
	合板	0.16
	MDF	0.12
	パーティクルボード	0.16
断熱材	グラスウール	0.05~0.031
	押出法ポリスチレンフォーム	0.041~0.022

※一財) 住宅・建築SDGs推進センター：材料の熱定数表を元に作成

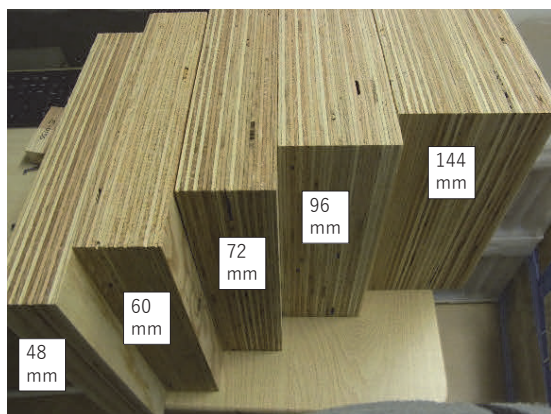


図 12.1.7-1 令和3, 4年生産試験体の一部 (スギ超厚合板)



図 12.1.7-2 令和5年度生産試験体 (スギ超厚合板：厚さ100mm)

(2) 断熱性能の測定 (熱伝導率の測定)



図 12.1.7-3 熱伝導率測定装置の全体  
※PCによって制御と記録, 計算を行う



図 12.1.7-4 試験体設置層の扉を開口  
※扉は断熱構造になっている。



図 12.1.7-5 試験体設置層の拡大  
※上下の黒い部分は熱盤  
周囲には試験体側面からの熱移動防止と,  
層内温度安定化のための断熱材が設置



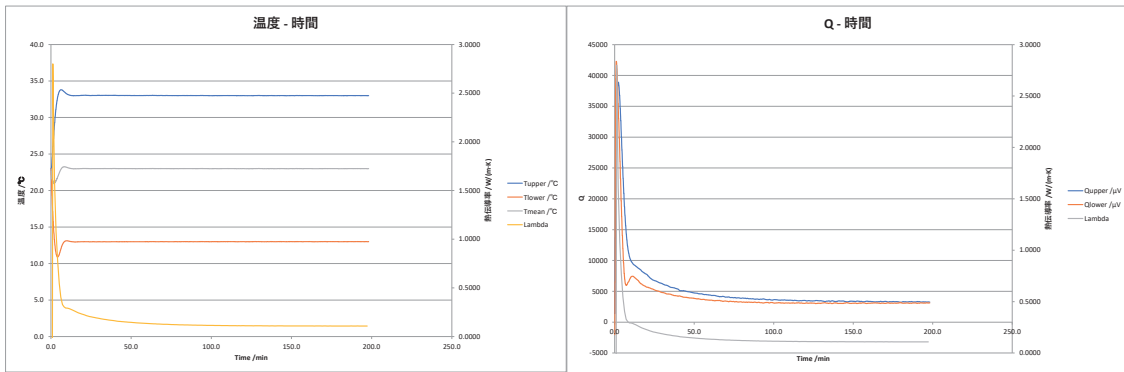
図 12.1.7-6 試験体の設置  
※試験体下のテープは試験体の取出用



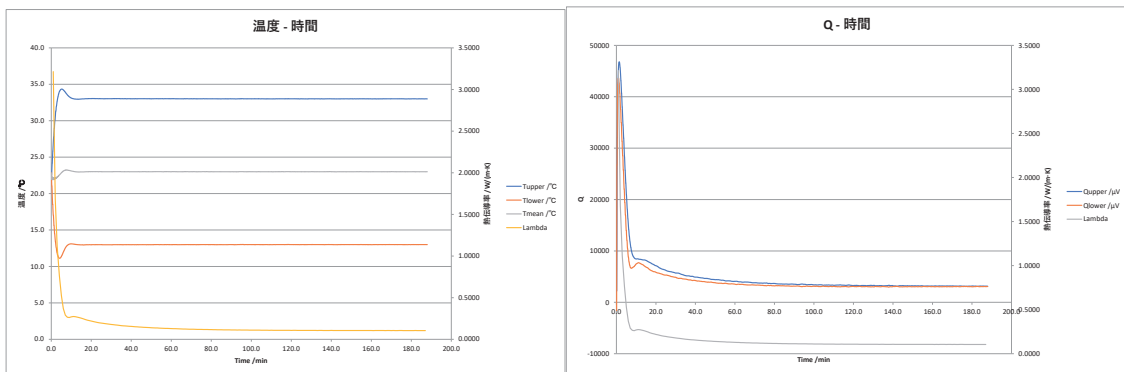
図 12.1.7-7 扉を再度閉鎖し, 測定を開始

表 12.1.7-2 スギ超厚合板 (100mm) の熱伝導率測定データ

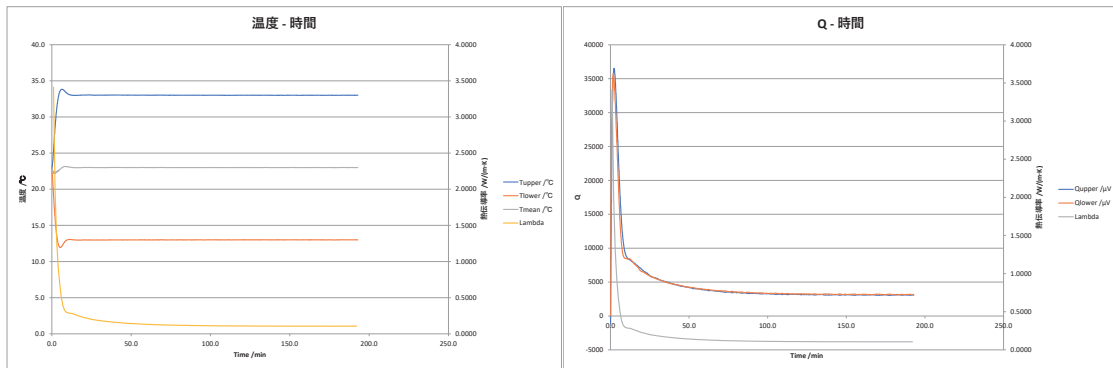
試験体番号	試験体 重量・寸法						測定温度		熱伝導率 W/(m·K)	熱抵抗 (m <sup>2</sup> ·K)/W	温度勾配 K/m	測定時間 hh:mm:ss
	重量	厚さ	長さ	幅	密度	平均	Δ					
	g	cm	cm	cm	kg/m <sup>3</sup>	°C	K					
A11-H-1	4089.40	10.11	30.0	30.0	449.4	23.0	20.0	0.1083	0.933	197.83	03:18:12	
A11-H-2	4012.00	10.11	30.0	30.0	440.9	23.0	20.0	0.1053	0.960	197.82	03:08:00	
A11-H-3	3991.40	10.08	30.0	30.0	439.8	23.0	20.0	0.1058	0.953	198.38	03:13:03	
A11-H-4	4055.30	10.13	30.0	30.0	445.0	23.0	20.0	0.1090	0.929	197.49	03:12:20	
A11-H-5	4034.80	10.16	30.0	30.0	441.4	23.0	20.0	0.1058	0.960	196.93	03:07:51	
A11-H-6	3980.00	10.09	30.0	30.0	438.3	23.0	20.0	0.1056	0.956	198.27	03:10:46	
A11-H-7	3875.80	9.97	30.0	30.0	432.0	23.0	20.0	0.1005	0.992	200.65	03:08:36	
A11-H-8	3818.10	9.99	30.0	30.0	424.8	23.0	20.0	0.1000	0.998	200.23	03:12:38	
A11-H-9	3840.20	9.97	30.0	30.1	427.4	23.0	20.0	0.1021	0.977	200.63	03:11:37	
A11-H-10	3868.00	9.97	30.0	30.0	431.1	23.0	20.0	0.1036	0.962	200.57	03:20:23	
A11-H-11	3819.70	10.00	30.0	30.0	424.6	23.0	20.0	0.1039	0.962	200.17	03:08:09	
A11-H-12	3831.30	9.96	30.0	30.0	427.5	23.0	20.0	0.1033	0.964	200.82	02:51:13	



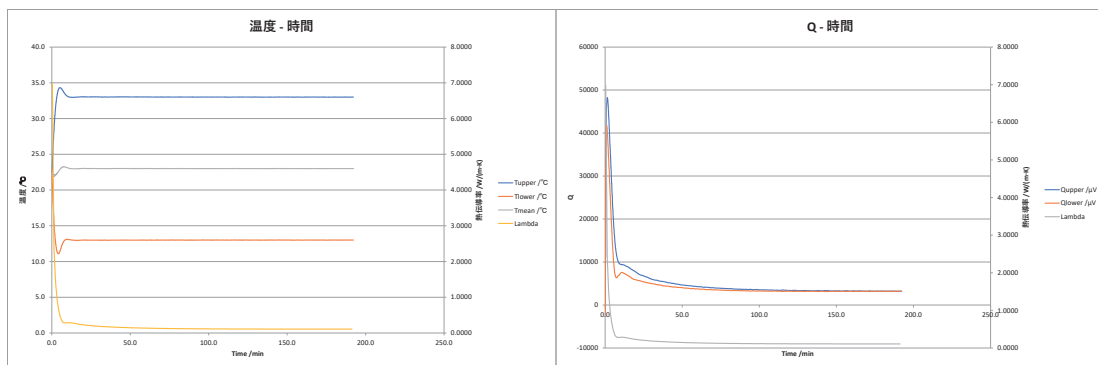
A11-H-1



A11-H-2

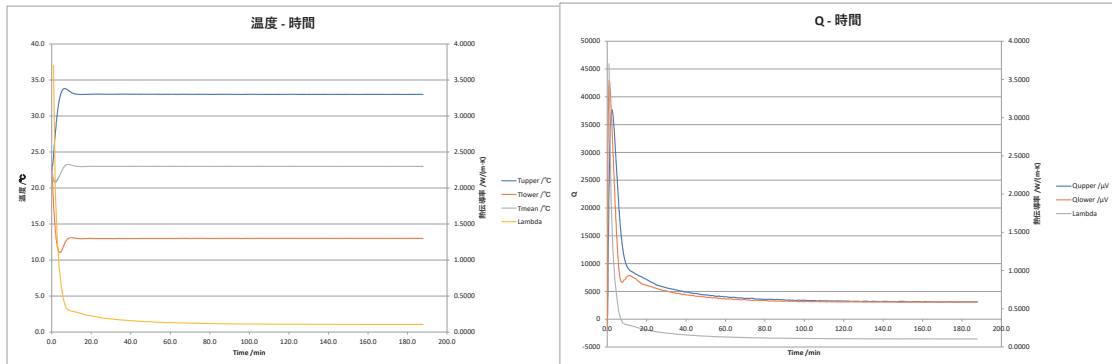


A11-H-3

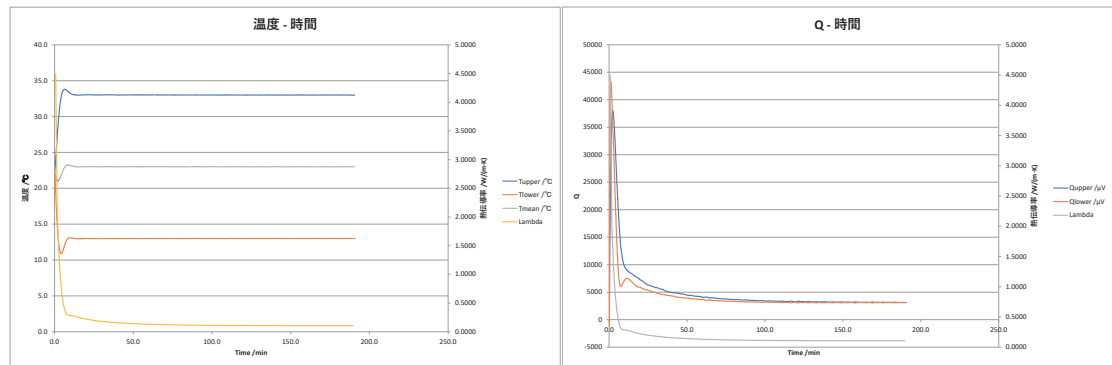


A11-H-4

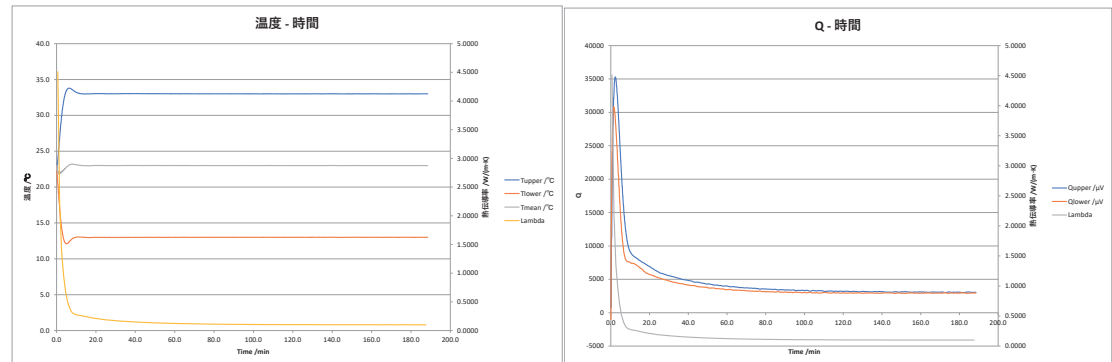
図 12. 1. 7-8 (1) 熱盤-試験体温度 (T), 熱流計出力 (Q), 熱伝導率 (Lambda) の経時変化



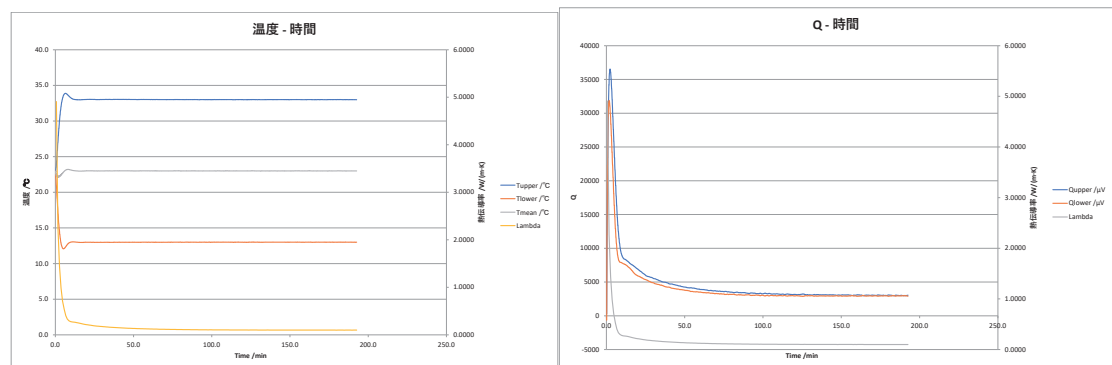
A11-H-5



A11-H-6

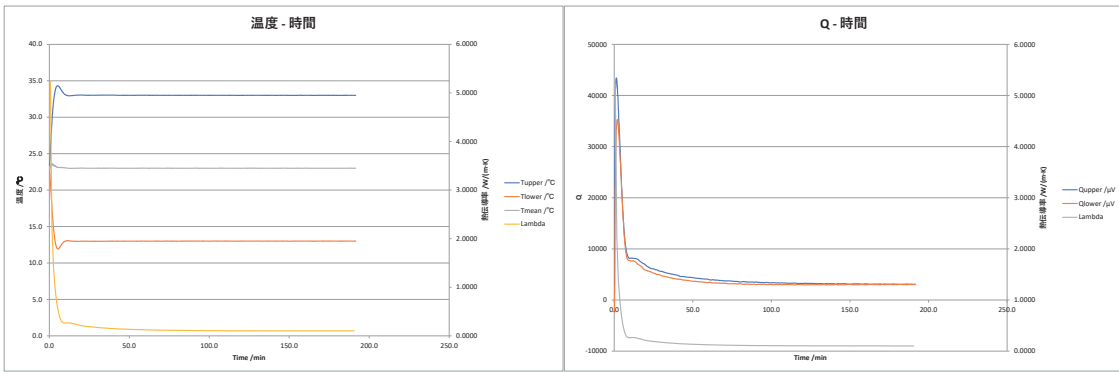


A11-H-7

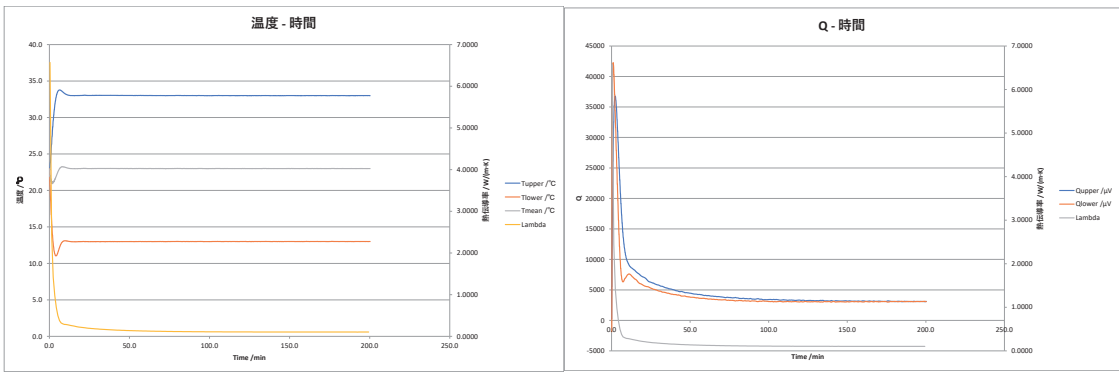


A11-H-8

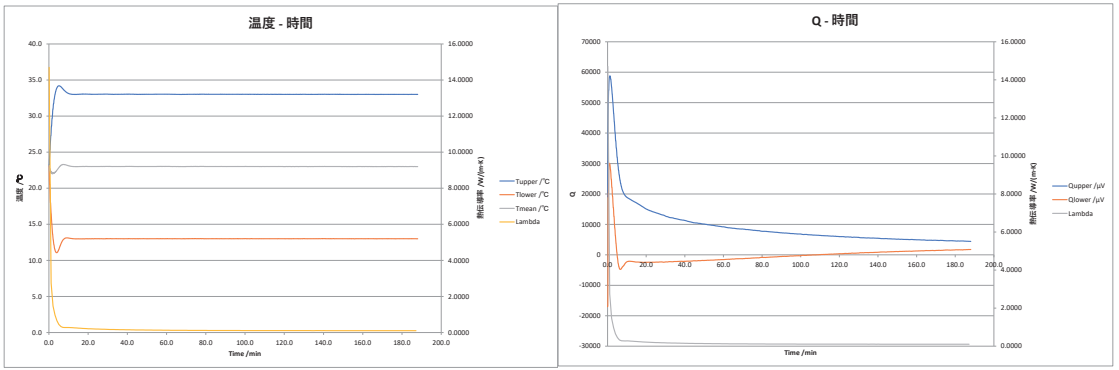
図 12. 1. 7-8 (2) 熱盤-試験体温度 (T), 熱流計出力 (Q), 熱伝導率 (Lambda) の経時変化



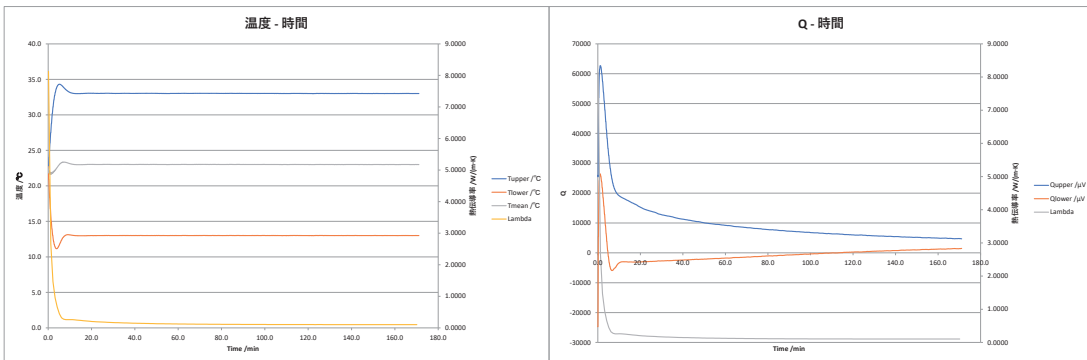
A11-H-9



A11-H-10



A11-H11



A11-H-8

図 12. 1. 7-8(3) 熱盤 - 試験体温度 (T), 熱流計出力 (Q), 熱伝導率 (Lambda) の経時変化

(3) 透湿性能の測定

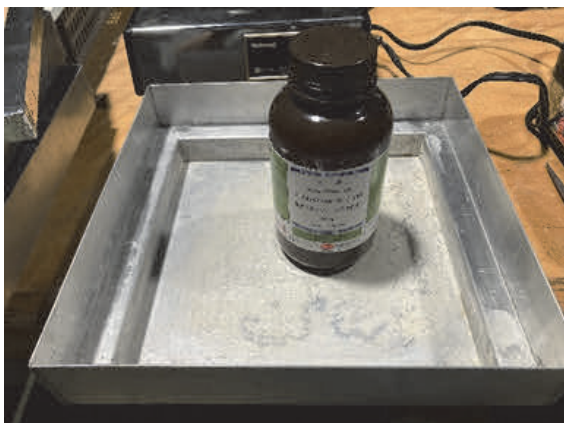


図 12.1.7-9 (参考) 通常の透湿カップ  
※カップ上の瓶は吸湿剤

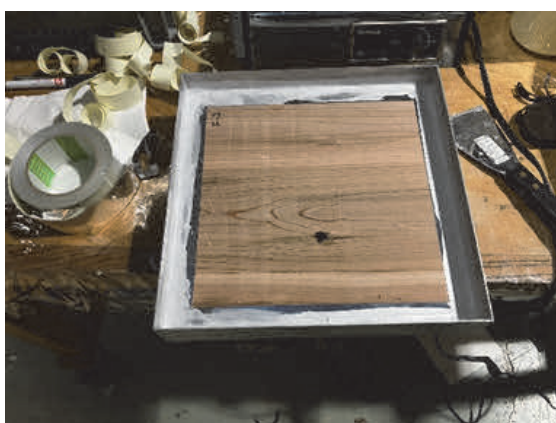


図 12.1.7-10 (参考) 通常のカップ法試験体  
※試験体とカップをアルミテープとパラフィンでシールしている

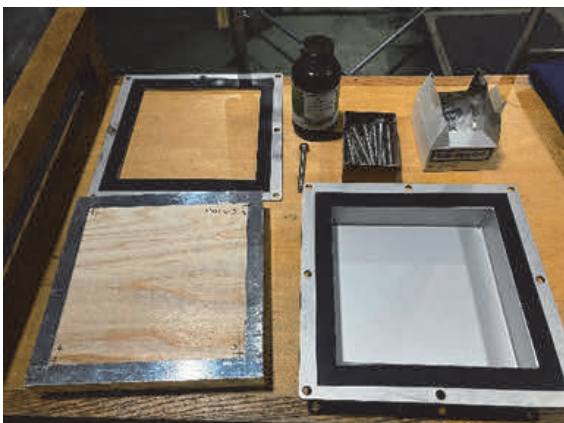


図 12.1.7-11 ボルト締め透湿カップ一式

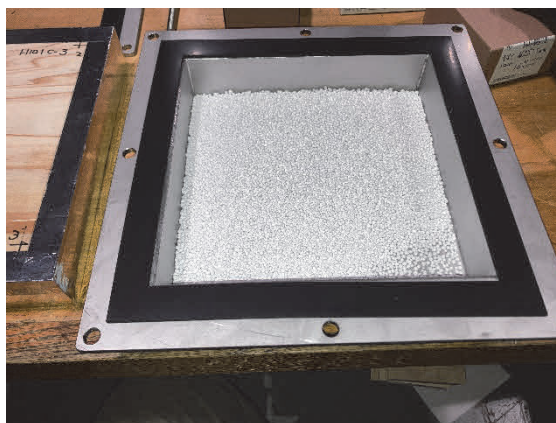


図 12.1.7-12 吸湿剤の投入  
※黒い部分は気密用のゴムパッキン



図 12.1.7-13 トルクレンチによる圧縮管理  
※測定中、定期的にトルク管理を行う

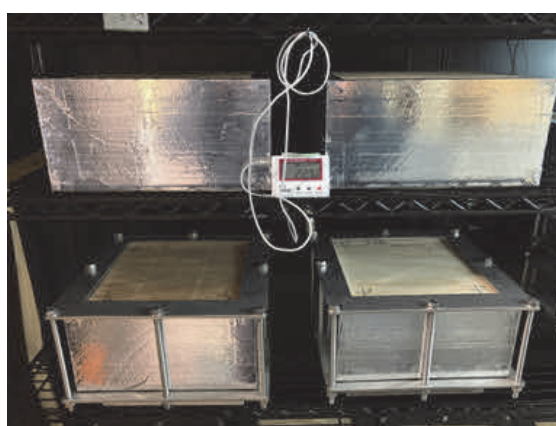


図 12.1.7-14 試験体設置状況  
※上段はブランク試験体

(4) 令和4年度生産試験体の含水率と厚さ変化

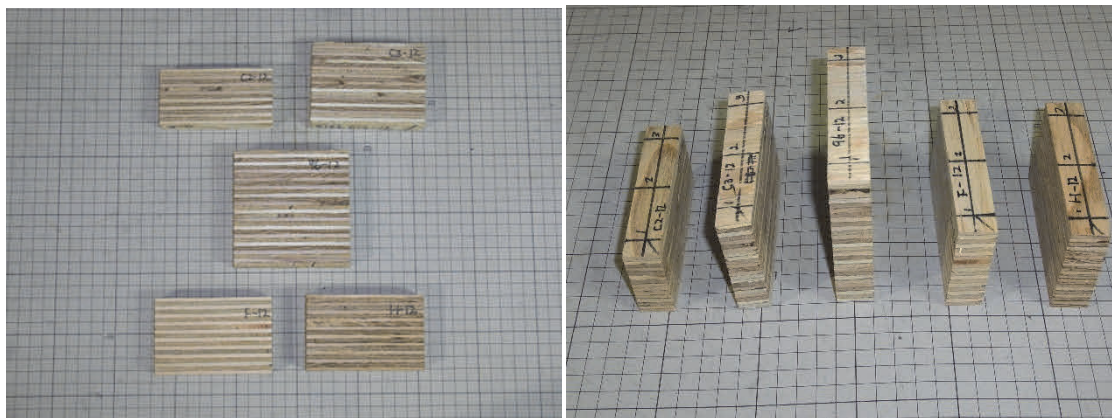


図 12. 1. 7-15 厚さ変化測定試験体の例



図 12. 1. 7-16 精密電子天秤による質量測定



図 12. 1. 7-17 リニアゲージによる厚さ測定



図 12. 1. 7-18 調湿用デシケータ  
※空気攪拌用ファン，温湿度センサを設置



表 12.1.7-3 令和4年度生産試験体の平衡含水率

試験体番号	樹種	製品厚さ (mm)	平衡含水率(%)					
			RH(%) : 11	33	50	75	93	97
C2	スギ	48	4.0	6.7	7.9	10.9	19.4	22.7
C3		72	4.3	7.1	8.3	11.2	19.8	23.4
96		96	4.1	7.1	8.4	11.3	19.6	22.8
F	ヒノキ	60	3.9	6.3	7.5	10.8	18.6	21.9
H	カラマツ	60	4.0	6.5	7.6	10.8	19.0	21.9

※測定温度:23℃

表 12.1.7-4 令和4年度生産試験体の厚さ変化率

試験体番号	樹種	製品厚さ (mm)	全乾基準の厚さ変化率(%)					
			RH(%) : 11	33	50	75	93	97
C2	スギ	48	0.49	0.91	1.19	1.94	3.32	3.69
C3		72	0.50	0.94	1.17	1.83	3.35	3.51
96		96	0.55	1.05	1.29	2.04	3.52	4.04
F	ヒノキ	60	0.60	1.12	1.41	2.28	3.97	4.41
H	カラマツ	60	0.51	1.03	1.27	1.88	3.28	3.63

※測定温度:23℃

(5) 令和5年度生産試験体の寸法変化



図 12.1.7-19 寸法変化測定用試験体の例

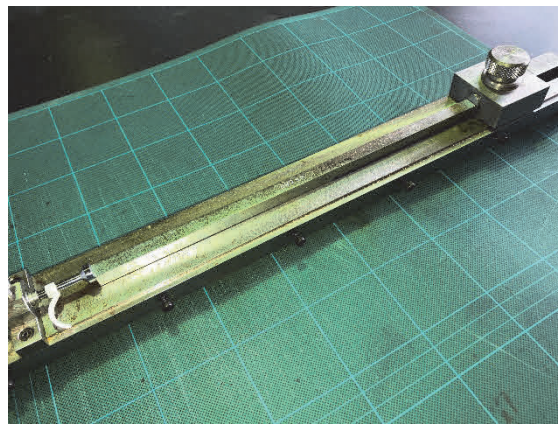


図 12.1.7-20 LE 測定器のゼロ点調整  
※長さ 290mm の標準定規による調整

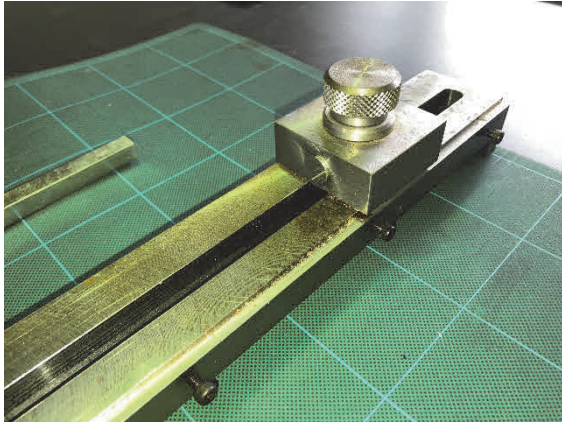


図 12.1.7-21 LE 測定器の測定ポイント

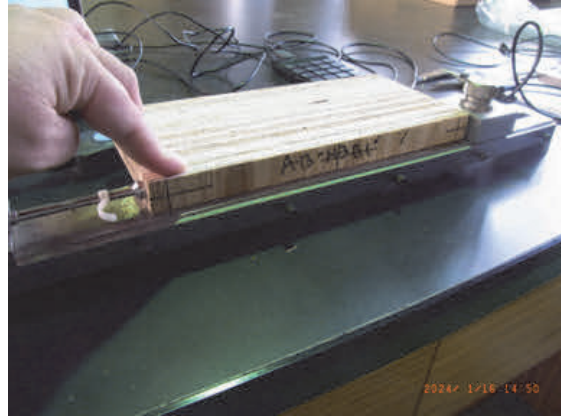


図 12.1.7-22 LE 測定の様子  
※浮き上がり防止のため、試験体を軽く抑えている。



図 12.1.7-23 リニアゲージによる厚さ測定



図 12.1.7-24 恒温恒湿器による調湿

表 12.1.7-5 令和 5 年度生産試験体の寸法変化率

試験体名称	表面単板 の繊維方向	含水率 (%)		寸法変化率 (%)						体積変化率 (%)	
				厚さ		長さ		幅			
		50%RH	90%RH	50%RH	90%RH	50%RH	90%RH	50%RH	90%RH	50%RH	90%RH
LVL型-A	長さ方向	9.1	17.6	0.76	2.66	0.14	0.25	2.76	4.97	3.66	7.89
LVL型-B	幅方向	9.2	17.8	0.98	2.79	2.69	4.80	0.69	0.53	4.36	8.11
B種LVL型-A	長さ方向	9.1	17.4	1.00	2.91	0.13	0.23	0.37	1.51	1.50	4.65
B種LVL型-B	幅方向	9.3	17.4	0.99	3.05	0.22	0.42	0.15	0.63	1.36	4.10
合板型-A	長さ方向	8.9	17.7	0.86	3.40	0.15	0.30	0.39	0.74	1.41	4.44
合板型-B	幅方向	8.9	17.7	0.91	3.42	0.17	0.31	0.45	0.77	1.53	4.50

## 12.2 技術開発委員会議事録

### 12.2.1 第1回委員会 令和5年5月23日

委員長： 超厚合板に関しては、試作仕様の決定を行った後、メーカーに試作をお願いして、性能評価をしていくことになる。メーカー委員の皆様、性能評価を御担当いただく委員の皆様に、またお世話になることになるので、よろしくお願いします。

今年度の事業実施に関する検討ということで、資料7について私から説明する。

この資料は、令和4年度までの実施済み事項、5年度に検討を予定する事項をメモ書きにしたもの。令和4年度報告書の結論部分を取りまとめたもの。

まず1番目、超厚合板を作る際の単板の選別。こちらは、実際に単板の選別方法を幾つか変えた場合に、作られた超厚合板の曲げ強度、単板のヤング係数について、①60～69tf/cm<sup>2</sup>、②60～89tf/cm<sup>2</sup>、③強度による選別を行わないもの、④下限値だけ60として上限は決めないもの、この4つの段階の選別を行った。そうすると、いま示した順に、強度の下限値、ヤング係数の平均値が上がる。特に60 and better、下限だけ切ったものだと歩留まりも向上できるし、性能の数値も高かった。このことから、超厚合板を作るときの単板の選別は、下限値だけを切るという方法が適しているのではないかというようなことが分かった。

さらに、細かい検討をしていく上では、この性能の傾向の差が有意であったかというようなところ、これは、決定いただいた範囲、曲げの性能の中での有意の違いがあるということが得られるということになる。

あとは、異なるロット、異なる工場、異なるラインで作った場合はどうなるか、原木の事情が変わったときにも同じ傾向と言えるかということも、今後、検討していかなければならないようだ。

実際に単板の選別をしたときのヤング係数の分布を見ると、我々が予測していたよりも性能の分布がかなり高めであったというふうに認識している。これは、原木を入手する際に、それなりに選別、重さを基準として選別したというようなイメージだと思うが、そのような原木選別をした結果として、単板としては非常に性能が高かった。このことを考えると、今後、超厚合板を作る際には、ある程度の原木の選別という入り口のところの検討が必要になるのではないかと考えられた。こちらは、従来の重さによるものだけではないのか、それとも、現状の素材のJAS規格では、丸太においても打撃音のコイル振動数によるヤング係数の区分ができるようになっている。原木の研究者に確認したところ、実際のヤング係数で格付をされている原木の流通というのはないということだが、研究的には、原木のヤング係数を測って、そこから製材されるもののヤング係数を見るというようなことは着手しているとのことである。同じように、例えば原木の入荷基準として、丸太の段階でヤング係数が幾つとか、密度が幾つというような基準が出せると、原料調達の際の指標になるのではないかと考えており、そのような検討も今後必要ではないかと考えている。

それから、選別の下限値を下げた場合にメリットがあるのかという点も、検討項目ではあるが、その原木の選別ということも考えていくと、現状の状況では、スギでは単板の下限値60を下げても、それほど歩留まりは上がってこない。そこを下げても製品性

能が下がっていくので、その辺りの兼ね合いで最終的な製品の等級区分をどうするかを決めていくのかなと思っている。

その次が、通常の厚物合板の仕様。つまり、超厚合板であるけれども、表層の単板の目視等級区分だけ行うというものの場合、その性能はどうかということがある。こちらは、選別なしで作ったものと同じようなイメージになる。例えば、表層単板の目視による欠点の量を制御すると、少し性能の幅が抑えられるようなことがあるかどうかというところで、単板の強度区分をしないで済むと製造が少し楽になるのではないかと思っている。

それから、ヒノキ、カラマツについてはどういう傾向になるのかという検討がある。

それから、直交方向の性能について。直交方向の単板の強度選別を行えばきちっと担保できるのかというところの検討をする必要がある。

この辺りを考えると、今年度の試作の候補として、1) から 5) というような順になっており、これは後ほど資料 8 で、また詳しく御覧いただきたい。

次に、性能の評価項目について、こちらは 3 点の結論が得られている。

まず一つ目。ヒノキ、カラマツの場合には、3 等分点 4 点曲げで曲げ性能を測っても、曲げで正しく壊れてくれない。せん断破壊するものが多い。これは、全体スパンを広げるのか、または加力スパンを縮めて 2 分の 1 せん断スパンを増やすのかというようなことを検討する必要がありそうだということが分かった。

二つ目。水平せん断試験においても、せん断破壊を生じない場合があり、特にヒノキ、カラマツの場合には、曲げで壊れるもの、めり込みで壊れるものが生じたので、これらに関して、規格化を念頭に置くと少し試験条件を細かく見る必要があるということが分かった。

三つ目。接着性能について、こちらは、いわゆる接着剥離試験を行った結果だが、通常の合板と比べると剥離が少し多くなるような可能性が示唆された。実際に、合板の JAS 規格の基準値に照らすと合格はするが、接着層が増えるということから確率的に数値が上がってきってしまう部分が可能性としてある。この辺の検討については、既に合板検査会に協力を依頼して、試験を追加することとしている。

それから、これらのことを JAS 規格に取り入れるにはどうしたらいいかというところ。ここをきちっとしておかないといけないので、できれば層構成や樹種によらず、これなら測定できるという方向を出していきたい。

四つ目。これは、最終的に製品を単体で使われるものではないので、例えば床として見た場合、壁として見た場合のような構面としての性能についての評価項目をどのようにしていく必要があるというところも要検討である。

それから、3 番目、その他として上げたのは、NEDO のグリーンイノベーション基金事業 (GI 事業) で製造ラインの整備を図ることになっている。こちらは、あと 2 年ぐらいかかるので、その製品のラインができるまでは、現状の通常の製造ラインを用いた製品ということになる。そうすると、先ほどのアンケート結果にもあるとおり、厚さとしては、例えば 30 mm の合板を工場で作っていただいて、さらにそれを 2 次接着して厚さを増やすというようなイメージになる。このように、製品の仕様に関しては少し限定されるが致し方ない。

また、この2次接着を考えていくと、構成要素となるものが厚物合板なので、その厚物合板のたて継ぎや幅はぎなども製品の中に含まれてくる可能性がある。その影響についても定量化しておかないと、将来的に2次接着製品のJAS化のところで支障となり得る。このような検討をしている。

資料7について、ざっと説明した。実験を担当頂いた各委員に説明願う。

委員：我々も、この事業の中で幾つかテーマを担当した。去年までは学生が3人いたので三つ実施したが、今年は1人が卒業して、いわゆる材料試験的な部分を継ぐ人がいないので、これはできない。接合部の実験と、構面の試験、この二つはまだ継続してやりたい。

接合部に関しては、合板挿入ボルト接合部をやってきており、その続きと位置づける。

それから、構面に関しては、床とか屋根に使うフラットスラブに関係した要素試験的なものを研究している。

具体的な話に移る。

まず、接合部試験。これまでボルトの支圧試験とか、ボルト1本の場合のせん断試験をやってきた。それによって、ボルトが1本だけの場合、このときの材端までの端距離や、この横側の縁距離が従来の集成材や製材を使ったときとどう変わるのということを実験的に把握した。それと、これまで従来使われてきたヨーロッパ型降伏理論という耐力算定式が適用可能なのかということを検証してきた。概ね超厚合板ならではの特徴みたいなものも掴みつつ、従来のEYT式を適用可能だということ把握できている。

しかし、ボルト2本が縦に並んだり、横に並んだりというときの間隔をどのように取ればいいのかということについて、実験的な検証の実験を追加した。さらに、3本、4本、5本と連なったときに、ボルト1本当たりの耐力を本数倍すればいいというわけではなくて、必ず何らかの低減をしなければならないというのが従来の常識的なところ。その低減係数をどのぐらいにすべきか、従来使われているような係数をそのまま使えばいいのかどうかについても、実験で掴むべきということで、このような実験をしたいと思っている。

それに使う材料としては、なるべく昨年度やったものと同じものがいいので、今年も昨年と同じメーカーをお願いしたいと思っている。スギ、厚さ144mm、3×10板、単板の品質は60以上、60 and betterで作る。去年は平行方向だけではなくて、直交方向もこの条件で選別したもので作っていただいたので、今年も同じ条件でできればと思っている。

枚数は18枚と多いが、どうしても試験体のボルトが数本並んだ形になると、一つ一つの試験体が結構大きくなる。このため、3×10板の合板1枚から取れる試験体数に限りが出るので、どうしても必要枚数が多くなってしまう。接合部に関する継続実験の試験体の希望は以上である。

次に、構面試験。フラットスラブがどういうものかというのは、写真にあるように、広い床とか屋根の面を点で支えるようなイメージである。こういうことがRCとかの世界では行われているが、木造でこういうものをやろうとしても、なかなか難しい面があって、どうしても梁を掛け渡して、その梁と梁の間に面材を張るという形になるので、フラットな面というのはなかなか作れない。超厚合板であれば、X、Y両方、同じような性能を持っているので、こういった構法が可能ではないかというところを検討している。

こういった構造をつくるためには、色々な特性値が必要である。右側に模式図を示しているが、例えば比較的長い超厚合板ができたとして、それを3枚ぐらい横に並べて、一つの大きな床面を作るときに、まず、パネル自体の曲げ性能は、当然、この柱と柱の間隔を広げると、自重だったり積載荷重に対するたわみが出てくる。このパネル自体の曲げ性能はこれまでの実験等から概ね算定可能であるが、それ以外に、柱の頂部の部分で、その柱がパネルにめり込んでいくめり込み性能や、あるいは、留めつけているボルトとかビスのせん断、それらの性能をきちんと把握しなければならない。

それから、パネル間接合の部分の面内方向の変形に対してはせん断性能であるし、鉛直荷重に対しては曲げ性能である。そのような各接合部の性能を把握する必要がある。

その辺りの検討をずっと昨年度からやっている。ちょうど今、学生がやっているのは、この継手部分、超厚合板同士のパネル間接合部、この部分の継手部分の曲げ性能を試験している。

右と左に超厚合板があって、画面の奥行き方向が強軸方向で並んでおり、その真ん中が継ぎ目になっていて、鉛直荷重が加わるというので、下側に、主にスプライン接合という、鋼板だったり厚物合板があったり、そういうことをやっている。その留めつけを色々変えて、試験をやるという、性能評価を行っている。

それからあともう一つ、昨年、柱の頂部の超厚合板に対するめり込み実験をやった。合板の場合は、単板が直交積層されているので、ある程度性能が向上しているのかどうかというのがよく分からないところがある。LVL やB種 LVL のように、直交層の割合を変えた状態のものでも同じようなめり込み試験をやってみて、その直交積層していることの効果がどのくらいあるかというのを検証したい。

そういった要素試験のデータを得たもので、最終的には各特性調査をやって、試設計をして、モックアップという試作品的なものを作るというのが今年の目標になっている。

希望する超厚合板としては、これはモックアップを作るためなので3枚だが、全層スギ、厚さ100mm程度、3×10板。これも昨年度製造してもらったものと同じ。3枚あれば一次設計はできるかなと思っている。

それともう一つが、めり込み試験用にLVLがもしできればということで、昨年、単板構成の違うものということで、いわゆるLVL、全層同じ方向を向いているものと、B種LVL、直交層がある程度入っているもの。こういったものも60mm厚で作っていただいて曲げ試験をやった経緯がある。このようなもので、厚さは未確定だが100mm以上のものを作っていただくと、さきほどのめり込み試験で直交積層の効果がどのくらいあるのかというのが検証できると考えている。枚数はそんなに多くは要らない。接合部と、構面関係については以上である。

委員長： これまでの成果と、それから今年度の計画、それに必要な試験体というようなところを御説明いただいた。御質問、御意見はいかがか。

委員： 今の委員の要望につき、昨年度に引き続き、当方で対応させていただく。詳細、納期等が決まれば、事務局を通して連絡願う。

委員長： こういう構造実験だと、直交層の選別をかけてみないと直交方向性能が担保できないので非常にありがたい。よろしく願います。そのほか、いかがか。

委員： 資料7のR5試作候補について、重要度なり、優先度なり、順番はあるのか。

委員長： 今のところ、どうしようかと検討中である。構成比率の検討はもう少し必要ではないかという気はしているが、資料8にはそれを入れていない。構面の試験体の中から、基礎物性を測るものも少し同時に取らせてもらえばよいのではないかと思っている。

あともう一つ、個人的には、製造上の自由度を上げるためには、なるべく選別を緩くというところがあって、そこをどういう形にしていけばよいのかがまだ見えていない。

2次接着の製品を考えると、例えば構成要素である厚物合板の選別、例えばヤング係数を基に2次接着製品を設計するというようなことはあるのかなと思う。しかし、その場合、工場直接厚物合板を作り、2次接着をすると、ひと手間増えてしまう。

このため、市販流通の厚物合板を入手してきて、2次接着製品を作ろうとした場合、その段階でヤング係数を測るということはある気はする。実際の工場での工程を考えると、作った厚物合板の中からさらに何かを測定するというのは、手間が増えるので、どうかと思っている。

この辺りは、もう少し先の話かもしれないが、製造上こんな方法だとやりやすい、というようなことについて、もしお教えいただけるようであれば、御意見いただけるとありがたい。この場でご意見は難しいだろうから、もしサジェスチョンをいただけるようであれば、事務局に耳打ちというような形で情報をいただけるとありがたい。

あとは、これなら作れると言っていたことが前提になってくるので、それ次第で、どこに着目するかということになっていくとも思っている。

委員： 今の話だと、選別の基準を緩くできるのであれば、その方がよからうということだろうが、今回の超厚合板の場合は、CLTと同様に、基準強度を付与するという方向性があるので、ある程度、製造上の縛りというのは致し方ない面もあるのかなと思う。そのことの兼ね合いではないか。

JAS的には、従来の合板はあまりなかったのだろうが、今後、基準強度を考えていったときに、どういう選別がよいのか、あまり良くし過ぎて基準を下げ過ぎても、それはそれで無駄が多いというか、余力が大きくなり過ぎたりもするので、段階を分けるようなことが可能なのかとか、そういうことがあるのではないか。

委員長： 将来的に超厚合板の製造方法はどうなっていくのかを考えた場合に、多分、ワンショットで作られるメーカーさんはそれほどなくて、厚物合板の2次接着をしていく流れかなと思う。そうすると、ストックされている厚物合板を考えた場合、その厚物合板がどうだったらいかがが悩ましい気がする。

例えば、今ある1級のE-F表示のような形で格付がされているものなら、その強度性能の数値を使って、超厚合板の性能が予測できて試験的に確認できるので、イメージはそちらなのかという気もしている。

そうすると、E-F 表示の厚物合板自体にも基準強度をつけろというところで、どういう選別で、どういう性能でというのが、現状の2級の厚物合板から超厚合板に行くのは、製品としての超厚合板の強度を何かの試験で担保しないと駄目な気がする。

集成材や CLT の場合には、ラミナの等級区分を行って、ヤング係数と強度をある範囲に収めて、それを使って構成するので、接着がちゃんとできていれば製品の性能はラミナの性能から計算できるというのが、ラミナベースの材料の基準強度の考え方である。

それと同じことを考えると、単板の状態で E と F を担保するのはなかなか難しいので、ワンショットについては、別途何か考えなければならない。市販流通品の厚物合板を使って超厚合板を作って、その超厚合板の基準強度を導出しようとする、その厚物合板の強度まで分かっていた方がよさそうである。

そうすると、今の2級の選定だと難しく、E-F 表示ぐらいの感じの強度も分かっているといいのかな、というところだと思う。

委員： E-F 表示は、その後はあるのか。

委員長： ない。ないので、今後そういう方向にというところである。現状だと E-F 表示をしたからといって仕様の広がりがあるわけではない。使う要望もないし、作るのもどうかという話になる。だから、そこが E-F 表示になったら、厚物合板といえどもちゃんと基準強度があって、構造計算ができるようになっていくと、アンケートにもあったとおり、従来の合板の大規模建築に向けた利用方法につながるのかなという気がする。

委員： そこが上手く道筋ができると、作る理由ができる。

委員長： そうすると、曲げがきちっと測られている合板と、もう一つは、せん断がきちっと測られている合板があって、一方は水平構面で、一方は耐力壁、そういうところに行けるような、今の合板2級の発展系のようなものがある、それを使うと性能が担保されているので、壁倍率についても間接的に担保する規定みたいなところまで行けるといいなと思っている。超厚合板だけに留まらない話なので、少し時間をかけながら検討が必要と思う。その辺りも、どちらがメーカーさんにとってよいのか、先にデータが欲しいとか、こういう方向に行ったらいいなというところを聞かせていただければ、それによって優先順位を決めていこうと思っている。

ほかに御質問、御意見いかがか。

委員： 昨年度に試作をさせてもらった実績で、あくまでも当社の実績で、参考にしてもらえればと思う。

まず、原木の選木について、当社は 3m までの LVL を作っているが、全て造作用 LVL で、その丸太を使ったものが今回の試作試験である。3m ぐらいまでのものを集材しているが、早材部分があまり痩せていないようなもの、すなわち、密度が高め、低くない、そういうものを見ながら集材している。製材用とか A 材用の試験を特段しているわけではない。



スギの強度分布は 60tf 以上は単板として 95%の取得。ヒノキは 100tf は 98%、カラマツは 120tf 以上が 95%の取得になっている

単板として使えるものは、100%強度選別しなくても取得できたというのが、昨年度の試験。そういう中で、超厚合板は単板が多層になっているため、90° 方向が非常に欠点も少なく、かつ高強度の単板が自然と使われるようになり、安定した品質になっていたと思われる。あくまでも参考情報である。

委員長： ご報告のとおり、選別の下限値を下げる方向というのは、あまり効果がないのかもしれない。

ただ、原木の産地によっては、この分布がまた変わり得るなと思うと、そういうところも見ていった方がいいのかなという気もする。

超厚合板までにするかどうかは別にして、南の方のスギで、単板のヤング係数まで測って見たらどうなのかとか、そういう検討は、どこかでできるといいのかなという気もする。

委員： 例えば、今回のアンケートで、30 mmまでしか作れないというメーカーさんが多数あるが、普通の厚物合板を様々なスギの等級で作っていただき、それをどこかで 2 次接着で超厚合板にさせていただいて、その材料性能を測るということであれば、そのような低い等級の場合の確認というのもできるのではないか。どのぐらいその分布が広がるのか分からないが。

委員長： そのとおり。あとは、ただ、単板の選別を行っていただくメーカーさんとなると、また、幅が狭まるかもしれない。

そのため、先ほどの単板はともかくとして、厚物合板の段階でこういう性能のものを 2 次接着したらこうなるという、そちらの流れも一つできるだろう。

その場合に、2 次接着をどこでやるかという話になる。例えば A 社で作った厚物合板を、2 次接着ができる B 社で貼っていただくということについて、A 社、B 社ともに抵抗感がある、というようなことはいかがか。

委員： 今年度も、仮に当社が試作するになった場合、144 mmはカットできないので、他社さんをお願いして、共同で試作提供というような形になる。

そういった観点から、当社では大断面の練り合わせラインを持っているので、2 次接着用の台板を当社に納入してもらえらるのであれば、受入れは問題ない。

委員長： 大変心強いお申出に感謝申し上げます。

ということなので、例えば通常の厚物合板までしか作れないというメーカーさんにおかれては、ほかのメーカーさんでの練り合わせ、2 次接着ということをお許しいただけば、そんな形で御提供いただくということもありかなと思っている。

それから、単板の選別について難しいということであれば、厚物合板の段階での性能が分かれば、それを 2 次接着したときの性能値としてどうなるか、ということは検討する価値があるので、そういう形での御提供をお願いするという場合もあるのかなと思っている。

委員： この2次接着品であるが、先ほど、委員長が言われたように、E-F表示、1級の性能品を求めるのか。それとも、通常出回っている2級品を求めるのか。

委員長： 通常出回っている2級品で構わない。それを2次接着する前に1回測定して、同じロットの中から2次接着したものを測定して、2次接着前の厚物合板の強度性能を使って、超厚合板の性能が計算できるかということが確認できればよいと思う。現段階では、いわゆる2級の厚物合板を御提供いただければ大丈夫である。

それでは、資料7の2の性能の評価報告に関して、性能評価を担当いただいている委員から、今年はこんなことをやりたいということがあればお話いただきたい。

委員： 報告書に書いた追加で、4Hの水平せん断も比較してみた。ヒノキは非常にきれいにデータが出るという結果になっている。層構成で行くとB種LVL型はきれいにせん断破壊をするので、非常に結果が分かりやすい。

ただ、今回は数が少なかったなので、各条件、3体とか6体しかやっていないので、まだ、その結果で何かを語るのは難しい。数を増やして検討というのはある。

あと、通常の合板型のものに関しては、これは破壊形態がよく分からない。

今年は、特にLVL型をやった関係で、せん断破壊は、確かにこういうものがせん断破壊だというような壊れ方をしたのに対して、合板型は裏割れが広がって行って、色んなところで色んな破壊が起こって、だんだん下がっていくという感じ。これは、この委員会ではなくて、むしろ、GI事業の話になるかもしれないが、いわゆる破壊機構みたいな検討をやらないと、結局よく分からないなという感触を得ている。

委員長： 本来ならば、直交層が入っている合板の方が、よりせん断で破壊してくれやすいはずであるが、確かに、何で壊れたかが分かりにくいということはある。

委員： LVLの方が端が割れる。B種LVLの場合は、本当に強軸と弱軸の境できれいに壊れる。普通のLVLは、裏割れがふにゃふにゃになって広がっていくという感じになる。いわゆる亀裂が入らない感じの壊れ方をするので、評価がしにくい。

委員長： カラマツはどうか。

委員： カラマツも割ときれいには壊れるが、ヒノキに比べるとばらつきが大きかった。数が少なかったので評価しづらいが、破壊形態としてはヒノキの方がきれいにせん断で壊れた。

委員長： そうすると、破壊形態のようなもの、せん断破壊とは何ぞやというところを少し検討しなければいけないというイメージかと思う。

では、続いて、水平せん断についていかがか。

委員： 委員がおっしゃるとおり、なかなか難しい。スギだと曲げとせん断破壊が起こっているところで、何となく曲げで破壊したものは、それ以上の水平せん断性能があると思われる、スパンを広げる方向でやった方がすっきりすると思っている。

ただ、ヒノキ、カラマツについては、せん断破壊や曲げ破壊をしないから、めり込みが卓越してしまって、めり込みで破壊するのかな、と思う。ただ、そのメカニズムがすっきりしない。このため、メカニズムを何かやっていただけるといいのかなと思う。

委員長： 確かにそのとおり。どこで変形が起きていて、それは、だからそこに応力が集中しているかみたいなことをよく見ないといけないかもしれない。画像関連のようなもので、連続体の中の応力分布みたいなものを見ていけるといいのかなという感じがした。

続いて、いかがか。

委員： 昨年度は、具体的には特に実験しておらず、報告できるものがない状況であるが、本事業と GI 事業との切り分けの中で、迷っているところもある。鉛直構面の大きなものの検討に移っていく中で、接合部の辺りが負けてしまうかなという予備試験も含めて、可能であれば、どこかで引きボルトの実験をしておきたい。今日の時点では具体的にはないが、CLT も少し見据えながら、仕様を検討しているところで、改めて御相談をさせていただく。

委員長： 続いて、接着関係について、昨年の積み残しの分の話と、今年もし新たに必要な試験体があれば、お願いする。

委員： 昨年度、試験体の受け取りと試験を依頼するタイミングが上手く合わなかったの  
で、今年度は早々に合板検査会に試験体を持ち込む準備をしている。

その結果で、層構成の違いがスギ、ヒノキ、カラマツと見えてくると思うので、これまで実施している単板積層材の 75 mm 角の接着剥離試験を超厚合板に適用した場合どうなるかというところが見えてくるかなと思っている。

ただ、75 mm 角の試験体で違いが明らかではないようだったら、実験的にはなるが、昨年の残りの試験体で、もう少し面積の大きいもので検討してもよいのかとは思っている。

今年度の試験体の希望は、特にはなく、データを増やしていければよいという点と、2 次接着品を、もしこの事業でも少し踏み込んでやるとなると、これまでは、2 次接着は弊所のプロジェクトで実施していたが、気になっているのが、ブロックせん断試験で、先ほどの水平せん断試験にもつながるが、接着層付近のせん断の力のかかり方、発生のメカニズムが分かりにくい。単純に、接着のせん断強さを求めるだけであればいいが、その発生メカニズムについて、水平せん断試験の要素のような感じになると思うが、少し踏み込んで検討してみたい。

具体的に言うと、2 次接着層を構成する単板は、今の厚物合板を接着する場合、平行積層になる。その隣接する層は直交層となる。そこでの破壊が先に起きてしまうような事例もある。それが樹種によっても影響があるのかという点と、現状の国内の LVL だと、その

構成でブロックせん断をすることがないのではないかという点について、データも欲しいと思っている。

委員長： 確かに、破壊のメカニズムというか応力がどうなっているのかが、均質な材料ではないので分からないというところが大きい。

外力的に何でどう壊れていくのかがすごく分かりにくいところがあって、特に、ブロックせん断のようなものと加力の方向と直交する層がどういう振る舞いをしているのかというのが非常に悩ましいところ。

あと一つ、促進劣化をかけるときに、試験体の大きさを大きくすると、真ん中の方まで劣化の外力が働かなくて、比較的、促進劣化の効果が下がるような経験があった。減圧加圧とか煮沸のときに、試験体の大きさを大きくしてみるとあまり劣化しないということがあったので、その辺の影響なども試験上のパラメータとしてはあるのかなという気がする。続いて、いかがか。

委員： 先ほど、構面としての性能の評価について考えておられるということで、関われるとしたらそういうところかなと思っていた。設計したモックアップを作るという話だったが、どういうイメージか。

委員： 実際に設計したとおりの構面を作ってみる。4点で支持して、超厚合板でスプライン接合を使いながら、何mかのスパンを飛ばすようなフラットスラブ構造の、実在に近い模型といったようなものを作ってみる予定。

委員： 模型を作って、どういうふうな評価をするのか。

委員： 評価までは多分行かないと思う。

委員： 作ってみてということか。

委員： 模型製作後にたわみ測定などがあるだろうが、今年度は多分そこまで行かないと思う。もしかしたら、作る場所は森林総研にお願いするかもしれない。

委員長： ということは、形だけそういうものに作るということか。

委員： 一応、設計どおりに作れるかどうかということなので、本当は、それに対してのたわみが計算どおりに収まるかどうかということまでをやるべきだが、それが今年度中にできるかどうかというのは分からない。

委員長： 設計はするということか。

委員： 要素試験の結果を使って、設計して、組み立てるというような形である。

委員長： なるほど。それだと、モックアップと呼ばないのではないか。車のデザインをするのに粘土で作るものがモックアップ。だから、設計して作るものはモデルであって、モックアップではないのではないかと思う。

確かに、1回組んでみてこのようなものができるというのは見てみたい。特に、先ほどの説明のように、超厚合板が等方性であるということは、片側の支持が壁ではなくて点で支えればいいということで、すごく材料としての特徴や幅が広がる。そういう意味では非常にいい利用方法であり、そういうところを目指していただいていると思う。実際にこのようなものというのが見えるような形になるといいなと思う。結構お金がかかるのではないか。

委員： 具体的なものは、予算的な部分も含めて相談しながら進める形になる。もしかしたら、もっと小さいものになるかもしれない。

委員長： でも、3×10板が3枚ぐらいで、3m角ぐらいものが作れるとよいのではないか。それでは、このような中で要素実験とか、森林総研の方で興味を持ち、一緒にできる場所があったら御提案いただければと思う。

委員： 去年まで、東大で曲げ試験を担当していた。ワンショット型を東大で行い、2次接着は森林総研で行い、上手く切り分けて成果を出していた。今年、東大で材料性能を担当する学生が確保できず、やる人がいない。森林総研でできないだろうか。GI事業との切り分けも必要かもしれない。今年度検討の内容が全ては決まっていないが、曲げ性能に関しては、森林総研で行っていただくとありがたい。

委員： 関係者と相談してみたい。

事務局： 退出された委員からチャットでのコメントがある。「合板のせん断強度等について、ある程度データはあると思うが、超厚合板でも同等か、寸法効果によって低下するかなどについてデータが未収集であればお願いしたい。」

委員長： 重要なお指摘と思う。実は、合板の層内せん断のデータはそれほどない。特に、厚くなってくるとどういった振る舞いをするかは分かっていない。

切り欠けを入れた引っ張りせん断のデータはあるが、そこからだと弾性係数がなかなか出てこない。見かけの弾性係数のようなものがブロックせん断のようなものでも出せるのではないかというのは、最近、委員がやってくれていて、簡便な方法で違いが分かるというところ。多分、ばらつきがすごくあるので、結構本気を出してやる必要があるかもしれない。このような性能値を一個一個潰していくしかないのかなというところ。コメントに感謝申しあげる。

先ほどの曲げについて、構造ではなくて複合材料がやるのかもしれない。全体像を見て、どこがやるかを考えたい。

最後に、水熱物性についてお願いします。

委員： 今年やることは、積み残しを取りあえず消化していくというのがまず一つ。恒温恒湿室が4月の終わりに壊れて、実験が止まっている状態。人も機械も足りていない状態で、GI事業もあるので効率的にやっつけていこうかなというところ。

特に今年に関しては、今ある試験体をクリアしていくというのが一つの目標になるので、新たにというものは今のところない。ただ、仕様が決まるのであれば、建材試験センターなどのJNLA認定機関に頼んで、熱伝導率などの確値を1回出してしまおうということも考えてもいいのかなと思っている。

アンケートでご要望があった結露に関する件については、論文発表等で対応していきたい。1回で結論が全て出るような論文になるとは思わないが、何年かかけて最終的にご要望に対する回答になればと思っている。

委員長： 現在、木質材料、面材料の熱的な物性や、水分に関する物性を研究している人は、日本にはもう委員しかいないような状況。なかなかデータが出てこない分野で困難な状況だが引き続きよろしくお願いします。

このほかの委員からいかがか。

委員： 要望はないが、各委員の研究がかなり進んでおり、検討すべき部分が多分にあるなど実感した。各メーカーさんが、この事業について、実験のための研究と思わず、最終的には、どういう建物に使えるかなど、合板業界が使っていくための課題研究として、ぜひ御協力いただきたいと思う。

委員長： 非常に貴重なエンカレッジに感謝申し上げます。

このほかの委員からいかがか。

委員： 昨年、曲げ試験をした。強軸と弱軸があって、サイドマッチができておらず、単発で見てヤングと強度がどうかというところまでにとどまった。その辺をどう整理していくのが課題かと思っている。

委員長： そのとおり。例えば全層選別をかけた試験体の強軸と弱軸のせん断マッチが取れている試験体があって、その強度性能を測ると、材の全体の性能が把握できて、それが計算と合うかということになる。今年、また全層選別の試験体を御提供いただけるようであれば、その部分についてももう少しデータを足していきたいと思っているので、よろしくお願いします。

委員： 建築サイドから、どういうものができるのかな、色んなことできるのかなということ想像している。これ（画面で表示）は、今年の建築学会賞で表彰された建物が紹介されている。数年前の木質構造では集成材構造に特化したようなものが多かったが、CLTが出てきたことから面材を多用したものがたくさん出てきている。CLTとはまた違う超厚

合板だからこそできる構造方法もあると思う。そうすると建築にまたさらに広がりが出てくると思う。

今はまだ基礎的な物性を把握するということと思うが、現場サイドで構造検討をしているときに、軸組工法であるのなら、モーメント接合というか、肩口のところをどうしようか、合板を使うとか、ドリフトピンを使うとか、そういうことをしていかないと剛接としてなかなか成り立たないようなところがある。超厚合板では、その肩口（ラーメン構造）、モーメントは、これだけで叶ってしまうということがある。今の段階で、こういうのはどうかと皆さんに言うのはまだ早いかなと思うが、非常に面白いものもできると思う。

まずは、今の段階では基本的物性をしっかり把握しておきたいし、これから可能性が相当出てくるんだなと話を聞いていた。

委員長： もう少し基礎的な物性値を並べて、このような材料である、というのをお見せできるようにしないといけないと思った。

委員： そのとおり。そうしないと、色んな使われ方がされてしまい、あれ、これは危ないのではないかなというのがある。そうではなくて、基礎的なところをしっかりと押さえて、それ故に叶う構造方法というのが、超厚合板だからこそできる、そういうものが提案できるようになると思うので、よろしくお願ひしたい。

委員長： CLT の技術的基準の中で、面内せん断の強度を決めるのは、三つの要素のせん断で決めている。接着層と、ラミナの繊維方向と、直交方向のせん断。この中で弱いので壊れると決めている。これだと、ラミナの薄い CLT になると、面内せん断の強度が2倍から3倍ぐらい出る。すごくもったいない設計になっている。こういうことを考えると、多分、合板だともっと面内せん断が上がるのではないかなと思う。

そうすると本当は色々使い道があるのだろうが、どうやって測定するかというところがある。森林総研で面内せん断を測れるのは、24 mm と 24 mm の2枚張り最大 50 mm までしか今は測れない。もうちょっと厚いものを測ればいいのだが。

委員： 建設研究所でやっていたものか。

委員長： そのとおり。あれは、端部のめり込みと、座屈もあり、大変。その辺も実は、電機大で大きな装置があるので、相談しながら、森林総研で 40 mm、50 mm ぐらいまで測った結果と、144 mm の結果が、単純に比例配分になると確認できれば、薄いもので測ればよくなる。その辺が、個人的には興味があって、ぜひ一緒に行っていただければと思っている。

これで委員の皆さんから一言ずつ頂戴した。

さて、今の検討を踏まえると、資料 8 について、優先順位を考えて修正が必要かと思ったところである。

スギ、ヒノキ、カラマツという3樹種での製造可能性を聞くことはこのまま変更はない。

厚さについては、昨年度からの継続にしようとする、まず 144 mm がある。こちらは、全層選別の 60 and better で、去年の構面試験に使ったのと同じ仕様のもので、恐らく数量的にも一番多いと思う。その仕様の曲げ試験はやっていないので、数を増やして、曲げも測る必要があると思う。その辺の基礎物性を抑えた上で、構面としての成果が出てくると、ひとつ仕様を決めたときの広がりが出てくるので、まずそこは検討したい。

次に、144 mm に至る過程では、森林総研で面内せん断を測れるのが、最大厚さで今のところ 50 mm なので、144 mm を分解していった厚さのものの検討がある。面内せん断について、森林総研で測ったものを厚くした場合の面内せん断性能を電機大で分担して測っていただけないかと思った。

この試験について、スギをメインでやるとして、ヒノキ、カラマツでも同じことができるかというのはある。

あとは、構成比率シリーズ。この仕様を試験体の方へ寄せてしまって、それをまた分担して測るようなイメージの方がいいのかなと思ったがいかが。まずメインはスギでよいかと思う。

委員： そこが全ての基本だと思う。

委員長： あとは、原木を迫いかけたい。これは、最終的に出来上がる製品は厚物合板でよい。その際の、原木と単板の分布と製品がどうなるかというのを見たい。

実験的には、今年度はこれぐらいで終わってしまうかもしれない。

あともう一つは GI 事業もある。手戻りが出ないように、なるべく試験体の試作については、寄せた仕様で行っておいて、本事業と GI 事業の検討項目の仕分けができると、試作であまり御迷惑をおかけしないで済むのかなと思っている。

というような方向で、試作の仕様をもう一回作り直したい。

事務局： では、資料 8 はもう一度作り直していただき、提出期限も見直しながら、各メーカーさんの御協力をお願いしたい。

委員長： 構成比率シリーズは、LVL、B 種、合板ぐらい。

委員： 合板は 2 種類を実施した。通常のものと同層が厚いもの。この結果は非常に面白かった。

委員長： まず基本はスギの 60 and better で、厚さは今まで 144 mm が一番多いが、24 mm、48 mm も作っていただく。この厚さが違うシリーズは、面内せん断を迫いかける。このため、144 mm と構成が似ていた方がいい。

あと、それとは別に、構成比率を全部平行から 50 : 50 まで、4 水準ぐらいのイメージ。LVL の A 種、B 種と、合板ぎりぎりぐらいのものと、完全に等しいぐらいのもの。このようなイメージのものがメインかと思う。



同じような検討を、ヒノキ、カラマツで製造していただけるメーカーさんがあれば、そちらも入れていきたい。

試作の仕様をもう一回考え直して、また皆さんにお聞きするので、よろしくお願いします。

以上で、議事（２）のイ、今年度の事業実施に関する検討まで終了した。

試験担当委員には、試験体の必要量の算定のときに、また試験体の寸法と数をお尋ねするのでよろしくお願いします。

議事（２）のウ、その他についていかがか。

委員： 超厚合板の将来について、例えば、せいぜい 3×6 板の等尺までの厚さが厚いものを目指すのか、大断面集成材のように合板は取りあえずラミナとして使って、たて継ぎや横継ぎで長いスパンのものを目指すのか、どちらが今後の将来像になるのか。

委員長： 例えば 3×6 板、3×10 板の大きさで、厚さが 300 mm というようなものは使い勝手がよくないので、なるべく大きくする方法だとは思っている。

ただ、運搬を考えると、幅は 3m を超えると車線に納まらないし、長さも道交法上は 12m まで認められているが、普通のトラックに乗せるのは 8m ぐらいと考えると、長さ 8m 幅 3m ぐらいが基本のユニットになるのではないかと思っている。

これを現場で使うときには、幅方向に剥ぐことが必要になるし、場合によっては、長さ方向にも継いでいくことが必要になると思う。8m を 2 本継いで 16m にするとき、そのたて継ぎ部分は梁がいると思うので、そうなると思ってくれるのかなというところだ。そういうイメージで、現場で継ぐ、剥ぐという作業は必ず必要になるように思っている。

そのときに、3×10 板のようなユニットをたくさん継いで、同じ構面が作れるかどうかは検討をしていく必要があると思っている。これが一つ。

もう一つは、例えば 3×6 板の厚物合板をエレメントにした超厚合板を考えた場合、3×10 板を考えても長手方向には継ぐ必要がある。幅方向は 3m のようなものを考えると剥ぐ部分は出てくるだろうと思う。実際にそういう製品を作るかどうかはともかくとして、幅はぎ、たて継ぎによる断面欠損の影響は見ておく必要があると思う。

そのときに、例えば厚物合板のたて継ぎは芋継ぎでよければよいが、芋継ぎだとすると、製品断面に対して何パーセントまでしか継げないということがきつと出てくると思う。そうなると思えばスカーフジョイントなのかフィンガージョイントなのか。合板のフィンガージョイントという論文は、私は 1 個しか見つけられていないが、そういう可能性もあると思う。

このようなことから、現状では、製品の仕様をそういう形ではあまり決めたくない。色々な作り方をしたときに、問題となりそうなことは洗っておきたいと考えているところ。

だから、こういう作り方を絶対しない、というものがあれば、早めにお教えいただければ、そこは検討しなくて済むようにもなると思うので、御意見をいただければありがたい。

委員： 了解した。

以上

## 12.2.2 第3回委員会 令和6年2月2日

事務局： 試験担当の各委員からのご報告をお願いします。

委員： 曲げ性能について報告する。まず密度について、概ね 0.43 ぐらいの密度を示している。試験をすると、厚みが厚く、平行層が一番多いものが曲げ性能として高いことが分かっている。すなわち、厚みが増せば増すほど、平行層が多ければ多いほど曲げ性能が高い。幾つかの必要な曲げ性能ランクがあったときに、どのように厚みなり曲げ性能の割合を割り振るかという取っ掛かりが今回の試験によって分かってきたという内容である。

委員長： いま報告のあった曲げ試験の結果について、厚いほど曲げ性能が上がるというのは、耐力・剛性ではなくて、MOR・MOE 上がるという解釈でよろしいか。

委員： 一部ばらつきが大きくてうまくいっていないところもあるが、おおむね厚みが増していくと MOR・MOE が高くなるということが見えている。

委員長： これは実は特異なことで、通常は同じ単板構成、同じ構成比率の場合には、厚さが厚くなるほど MOR・MOE は下がるのが一般的である。でもそれがきちっと出ているとすると、多分合板のポテンシャルとして今回のような 150 ミリぐらいまでの厚さの範囲だと、実はまだもう少し上に伸びしろがあるということの意味しているのかなと思非常に興味深く伺った。次に水平せん断についてご報告願う。

委員： 水平せん断をやっていて問題だったのが、図のようにめり込みが起こってしまう。この影響が分からないので、なるべくめり込みを避けて試験を行いたいと思ったのだが、壊した試験体から小試験体を取ってやってみたら、スギでも 6h、厚さのスパン 6 倍でもめり込みが起こらないでせん断破壊をしてくれたということがあったので、スパンごとに曲板・平板という形で加圧板をやってみた数字である。スパンが大きくなるに従って得られたせん断の強さは小さくなったが、5h、6h、これはスパンの伸び具合によって比率もあるが、5h、6h でほぼいい感じになってきた。

これは破壊した割合のグラフ。青がせん断破壊だが、ヒノキでは 5h、6h でほとんどせん断破壊した。緑が曲げだが、スギでは曲げ破壊も起こっている。スギ・ヒノキ・カラマツもスパン 3h で曲げ破壊が起こった。逆の傾向になったのですが、このオレンジのバーがめり込みの影響。この辺りでめり込みが起こったので曲げ破壊が起こってしまった。小試験体の結果はこのとおり。

144 mm厚でせん断試験を中央集中荷重でやったが、平使いは 6 倍で実施したところでせん断破壊が起こった。図の左上のスギ 144 ミリ、それぞれ条件ごとに、平使い、縦使い、正寸は繊維方向が長手方向、逆寸、ワンショット、2次接着ということで、スギの 144 mm はかなりの割合でせん断破壊したが、縦のほうが強かったのは今までどおり。スギの 60 mmは同じ傾向で縦使いのほうが強かった。

ヒノキ・カラマツは LVL、B 種 LVL、40 mm合板と単板の厚さを変えた条件ごとに試験した。左下のヒノキの正寸・逆寸は、平使い、LVL であるが、LVL の逆寸はすべて直交層が出てきてしまうので、得られたせん断の強さは非常に低かった。B 種 LVL も似たような傾向になっている。LVL ほど大変ではないが、このような傾向になっている。大体予想どおりの結果になっている。40 mm合板もこのとおり、予想された結果になっている。

破壊した形状ですが、LVL、右が逆寸で、すべて直交層なので、非常に耐力が低い結果になった。

これは破壊した原因だが、スギ、緑が曲げ破壊、青がせん断破壊だが、縦使いは 100% 曲げ破壊した。

今回平使い 6h でやったが、かなりの割合でせん断破壊するので、ほぼ 5h、6h で実施すればいいのかと。先ほどの結果も併せて今回この試験方法で予想された結果が出たということで、試験方法は性能確認や品質管理には十分使えることが分かった。また、製造も非常に精度よくできたのではないかなと思う。

委員： 今の委員の話と逆になってしまうのかもしれない。水平せん断試験方法の検討ということで、今年度の試験体は厚めのものを行っている。それについてはまだデータがまとまっていないので、昨年度と一昨年度の試験体でいろいろ追加試験をやったので、それをまとめた結果を報告する。

4 種類の試験を行ったが、逆対称 4 点曲げ方式せん断試験という普通の中央集中方式よりもせん断が起りやすい曲げせん断試験方式をやった。それから CLT 規格に準拠したスパンが 5h、梁せいの 5 倍のせん断試験、それから LVL の規格準拠で、梁せいの 4 倍、スパンが 4h で加圧板が梁せいの約 1.5 倍、この場合は h が 60 なので 90 mm のもの。最後にスパンは 4h だけれども加圧板が幅 50 mm の平板で押したものの、この 4 種類の試験をやった。

この表は、厚さ 60 mm で、樹種、単板選別基準、積層方法、単板構成比率が異なる 17 種類の試験を先ほどの 4 条件でやった結果。横軸に逆対称のせん断試験の強度をとって、縦軸に中央集中型の 5h、4h の曲板で押したものと平板で押したものをプロットして、17 種類の平均値をプロットして原点を通る回帰直線を引いたものがこのグラフになる。

結論からいうと、どの試験方法でもそれほど大きな違いはないのかなという結果になっている。ただ、5h (CLT 準拠) と 4h (LVL 規格準拠) を比べると 5h がやや低くなる。傾き 0.92 なので逆対称のものよりもやや低くなる。4h は 1 倍ぐらいなので逆対称よりも少し高くなる。LVL 規格準拠同士を見るとほとんど変わらないが、加圧板に平板を使用したほうが少し高いかなという結果になっている。

スギに関しては、4h でも 5h でも一定数破壊が発生してしまっているの、いずれにせよせん断破壊も起きてしまうし、曲げ破壊も起きてしまうので、スパンが短い LVL 規格準拠の 4h のほうが試験方法としてはいいのではないかなという結論にこの結果ではなっている。

変な破壊形態という話をいつもしているのが、どんな壊れ方をするかという動画を撮ってみた。

裏割れのところが少しずつ広がっていく感じになっている。上のほうがめり込んで、隙間が広がって、だんだん裏割れがざーっと広がっていくという感じ。このあたりはもうほとんど荷重は上がらないで変位だけがだらだらと伸びていくという感じ。

こんな感じでいろいろなところで裏割れが広がって破壊していく。または、いわゆるせん断ではないが、せん断層が壊れているからせん断扱いにしているが、こんな破壊形態になる。CLT もそうだが、加圧板から支点板に斜めに壊れて、加圧板の下は特に破壊は生じないという感じの破壊の仕方になっているという壊れ方をするものが大半になる。

委員長： 2 か所で試験をやっている都合上、取りまとめの仕方によって結論が違って見えるが、私は今のものは同じ気がしている。まず、4h と 5h に関して考えると、5h のほうが逆対称よりも少なく小さめになるとすると、品質管理の方法としては小さめに出るほうが適しているので、4h のほうが真の値に近いけれども 5h で管理する分には問題ないと考え、さきほどの委員の結論と合う気がした。

それと、今の動画はすごく貴重で、あれはまさしくローリングシア破壊である。裏割れから繊維が立つような感じで変形して、ここが回転するようにして壊れていくというのが後半のローリングシア破壊なので、いわゆる製材のせん断破壊とは形態が違って見えるが、合板の直交層が壊れるときはあなるといって、この動画は世の中にはないのではないかと思う。すごく貴重な動画を見せていただいた。

結局、加圧板の直下は押されて圧縮されるのでデンシフィケーション(圧密化)して強度が上がってそこは壊れずに、支点との間の部分がローリングシア破壊しているということで、合板の水平せん断としては正しい破壊形態だったように思う。このため、4h、5h で大体の数値が出るということと、ローリングシア破壊ができるということとをトータルで考えると、先の委員が報告されたように、この試験方法で結果的には分かっているのではないかとこのところだと思う。

ただ、最終的に超厚合板のせん断強度の真の値はやはり悩ましい。先ほどの逆対称4点曲げなのか、もう一つ面倒くさい方法としては5点曲げ法がある。そのあたりまで複雑化していくとどこかの値が収束していくのか、それとも測定方法によって違う値になってしまうのが悩ましいところだと思うが、おおむね恐らく今検討していただいた範囲で測れているということかなと思った。

ただ、スギについては確かに破壊形態が複雑なので、どうしようかというところはある。4h よりもスパンを小さくしていくのであれば、ブロックせん断をやったほうが良いような気がする。

今新しい JAS の制定を行う委員会が立ち上がっており、それは対象とするものが I ビーム、I ジョイストである。その際にも試験方法をどうするのかということが検討されていて、当然横架材として使われる材料なので、曲げ、せん断、めり込みを規定しましょうというふうになっている。ただ、I ビームみたいなもののめり込みはめり込みなのか面外の座屈なのか何を測っているかよく分からないのでどうしようという話もあって、単純に文献調査だけでは駄目で実験をしたほうが良いのではないかとこの話もしているところ。その中でせん断の測定方法は、ASTM に準拠して5点曲げという案が出ている。ただ、5点は面倒くさいという話をしているところ。

実は横架材の複合部材のとば口にいるのがこの超厚合板で、E(曲げヤング係数)と G(せん断弾性係数)の関係が従来の製材と違うので、いろいろ測りにくいところがある。われわれの検討いただいている範囲がそういうものの全体を包含できるような検討のような気がしており、水平せん断の検討を細かくやっていただいていることをありがたく思っている。多分次年度もあると思うので、引き続きご相談させていただきたい。

委員： 今後 JAS 化という話が出たが、この試験は各メーカーができるような試験なのか。

委員長： LVL をつくっているメーカーはやっている。合板しかつくっていないメーカーは多分できない試験だと思うが、これをやらないことになると接着せん断試験を全層対象にやることになるので、どちらがよいか選択いただくようなイメージになってきてしまう。

委員長： では、接着性能について報告願う。

委員： 今年度は、LVL 型、B 種 LVL 型、通常型、構成比率 4 割程度という層構成の違いと樹種の違い、これらがパラメーターになっている。また、厚さの違いもあるが、これらをパラメーターとして、単板積層材の JAS の接着剥離試験である煮沸及び減圧加圧剥離試験を、いずれも 2 回繰り返し実施した。

今年度の目的は、LVL と合板の層構成の比較である。JAS の剥離率の考え方を踏まえると、集成材と直交集成板の関係のように、全ての層を平行に積層接着したものと直交して積層接着したもので、例えば剥離率の判断基準を少し緩和できるかという議論に資することができるという観点である。

この図は、煮沸剥離試験の 2 回繰り返し後の剥離率のデータである。スギ・ヒノキ・カラマツ、それぞれ層構成別でプライ数は異なるものもある。

全体の剥離率は、非常に良好に接着されていたため、剥離の少ない中での議論になり、なかなか比較が難しいところがある。4 側面全部、全接着層を対象とする全体の剥離率の平均は非常に低い値である。最大でも 3% とか 2% 前後ぐらいで、カラマツはやや高いが約 4% であった。単板積層材の JAS の基準値では 5% であり、今回の試作品はこの範囲に収まっていた。

ただ、同一接着層、75mm の 1 接着層の剥離で評価すると時々大きな剥離を生じるものがあった。単板積層材の JAS の基準値 25% を一つの基準とし、それを超えるとエラーになるとして、超過した数で評価している。スギ・ヒノキよりも、カラマツは少し多い結果となった。試験片の数は  $n=6$  であるが、例えばカラマツは 6 体のうちの 3 体が同一接着層の大きな剥離があった。まだ判断基準が決まったわけではないが、仮に単板積層材と同じ評価規準で見たときに、これぐらいのエラー率になるかという結果である。

単板樹種についてスギ・ヒノキ・カラマツで比較すると、同じ製造条件であればカラマツは少し厳しめの結果というのは過去の事業等でもみられた。カラマツのように少し剥離が多かったもので比較すると、全部平行の LVL 型よりも、やはり直交したものの方が剥離が生じやすいという傾向がある。減圧加圧でも傾向としては同様になる。

測定した剥離のデータ全てを表形式で示して比較すると、今回スギはほとんど剥離が見られなかったが、カラマツの方が多くことが表から見て取れる。これを定量的に表現するのは困難だが、今後まとめていく予定である。例えばカラマツで見ると、LVL 型から合板型に変わると剥離が増えてくる傾向がある。しかし、本質的に平行・直交積層の影響があるかというのはもう少し踏み込んだ検討をしなければいけないと考えられる。今回の結果では、少し影響がみられるということで、判断基準を決定するときの参考になるのではないかとこのところまでたどり着いた。

その他の因子として、厚さならびにワンショットと2次接着もある。それほど両者の違いは出ていないが、報告書ではまとめた。

委員長： 同じ試験体の両側面と木口面で見た場合に、どちらか剥離が出やすい傾向か。

委員： 今回の試験体仕様では、例えば木口と側面の違いがあるのはLVL型だが、はっきりとは分からなかった。もちろん直交積層した仕様は差がないというか、分からない範囲であった。実際にCLTの場合、直交して隣り合った面は全然傾向が違う場合もある。そのあたりは少し詳しく見てみるが、それほど大きな差はないと考えられる。

委員長： もし何かそういう違いがあるようであれば、例えば構成比率40%の試験体の側面は40だけれども、木口で見ると60になるみたいな2度おいしい感じになるかと思ったが、必ずしもそうではないということか。

委員： CLT と比べるわけではないが、板状のものを接着した場合と今回のように単板を接着した場合だと、どうしても単板の裏割れの存在や、さらにカラマツの場合は早晚材の明らかな密度の違いが加わるので、評価としても難しいところはある。

委員長： カラマツは木理の影響もあるだろうから、なかなか難しい。委員長： カラマツは木理の影響もあるだろうから、なかなか難しい。

委員長： ほかの木質材料とも比較したときに、剥離試験を行うというのは一つ必要だと思うが、先ほどの水平せん断なのか、ブロックせん断なのか、現行の合板と同じ接着せん断なのか、多分その組み合わせで判断する必要があるように私は思っている。オーストラリアの合板の規格などは、針葉樹しか使わないので木破率だけを見て、それが一定の数値以上であれば合格としている。しかも木破率を見るのに、きれいにばくっと割るわけではなくて、チゼルテストなどで断面をつくって、乾燥させて木破を見るというのが一般的である。本当はそのような感じに簡便にできるといいのだが、やはり剥がれる、剥がれないということと併せて何らかの接着に関する強度を見るという必要はJAS上はあることになりそうだと思う。そうすると先ほどご報告いただいた水平せん断と今ご報告いただいた接着をどううまく突合させていくかということが今後の検討になるかと思っている。

続いて資料4の1をご覧ください。本日ご欠席の委員の試験について説明する。この中の6ページに図5という形で「ドリフトピン接合部の試験の様子」が載っている。この試

験結果が 9 ページ、荷重と変形の関係で接合部間距離を広げた場合にどうなるか、それから単位接合を 2 倍にしたときにどうなるかというようなところを見た図である。

それから接合具が鉛直方向に配置されている場合と水平方向に配置されている場合の荷重と変形の関係があるというような形になっている。

この中で特徴的なこととしては、一つは接合具 1 個の試験方法で、2 個の場合は重ね合わせで考えられるということで、1 個の試験をやっておけば 2 個の性能はおおむねこの範囲で予測ができるということが得られたものの形としては一つとなる。それから接合具間距離、これが 2D という右のグラフの一番短く終わっているところだが、接合具の間が短くなると一つが破壊するとそこからクラック伸びていって次のものが拾うというような集合的な破壊が起きるということで、そうすると全体的な強度性能としては下がってしまう。ですから接合具間距離が超厚合板の場合には幾つまで縮めてよいか、それによって接合部分の大きさが変わるというようなところで、このあたりは今後設計上重要な知見ということになるかと思っている。

それからもう一つ、構面の試験ということで、今年はモックアップの検討もしている。例えば CLT であるとか LVL のようなものの場合、強軸方向に対して弱軸方向の強度は CLT でも強軸の半分以下しかないので、弱軸方向の幅全体にわたるように支持をしないと弱軸方向が垂れ下がってしまうということがある。従来木造の設計はそうになっているのだが、強軸と弱軸の強度性能がほぼ一緒になれば、柱 1 本で支えてやって、強軸の変形と弱軸の変形が同じぐらいになるということが考えられるので、従来の木造にはない設計ができるのではないかということで、柱で支えてやるというようなモックアップを今年つくことにしている。今進捗がどこまでいっているか分からないが、その場合も柱頭部分のめり込みについても試験を行っていただいている。

これが今年 3 月の木材学会の中で発表される予定になっている。結論から言うと、めり込みによる変形が及ぶ範囲が、一般の木材の場合には強軸方向、つまり木材の繊維方向に長く余長が変形してしまうということがあるのだが、超厚合板の場合は向きによらずほぼ同じぐらいの範囲で収まるということが分かっている。このことが設計上どう生かせるかというのは今後の検討が必要になるのだが、構面としての強度性能としてはそういうものも測っているということになる。

では最後に含水率変化について説明をお願いします。

委員： 私は基本的に熱・湿気のことをやっているのだが、まず、透湿性能の測定について報告する。144 mm、これは令和 3 年の試験体をそのまま継続して測定しているが、非常に時間がかかっている。ようやく少し安定してきたかなと思ったのだが、前回お見せしたのは質量変化量そのものだが、単位時間当たりの変化したものが右になる。非常にばらばらである。600 日前後のところで大きく変動しているのは、当試験場の恒温恒湿器がこの当時、夏に壊れたため、非常に不安定な状態が続いている。その後、機械自体は安定したのだが、重量変化自体がまだ安定に至ってない。重量変化が水平になってくれれば安定になったと見なせるのだが、まだそこまで至ってない。このため、試験はこのままではなかなか難しいというのが今年の一つの結論になっている。次年度以降も続けるのであれば、ここら辺をどういった形で評価していくのかを詰めていかなければいけないと思う。もち

ろんこの試験自体は試験体を置きっ放しで定期的に測定するという形になるので試験は継続するつもりだが、そのような検討が必要かなというところである。

次に寸法変化を今測定している。重量変化を追っているが、23℃50%で養生した試験体を23℃90%の環境下、恒温恒湿機内に置いたところ、今2週間たったところだが、徐々に安定してきている。多分報告書までにはこちらのほうは寸法の変化、具体的に言うと厚さ変化とLE、線膨張率は出せるかと思う。

前回、委員から熱伝導率についてどうなっているのかをもう少し調べてほしいというリクエストがあった。それで今回 R5 年度の試験体について厚さ 100 mm のものの熱伝導率を測定した。n=12 を測定している。オレンジ色のところがそうなのだが、表に R3 年度、R4 年度の測定の結果も併せて載せている。こうやって見てみると、スギに関して言うと 0.1 前後で収まっているのかなと思う。見た目上、厚さが増えていくとだんだん熱伝導率が増えていくように見えるのだが、密度も増えているところがあった。

これをグラフに落とすと、左のグラフが今回の結果だけである。右に R4 年度の結果も併せて載せると、よく言われることだが、熱伝導率は密度に対して比例関係にあるというのは見て取れる。カラマツ・ヒノキの n 数が足りていないのだが、こういったところをこれからもう少し増やしていけば、こちら密度によって物が大体言えるということが対外的にも言えるのではないかと思う。

また元に戻るが、CLT の熱伝導率を CLT 協会で検討したときに出していたとき、測定値に標準偏差の2倍を足したものが建築環境・省エネルギー機構が示している木材の値出している数字より低かったので、省エネルギー機構の数値を使いましょう、熱伝導率が小さいので省エネルギー機構の数値を使いましょう、ということがあった。省エネルギー機構も数値を認められていたということで CLT の値とした数字が出ているわけだが、合板の場合はスギの場合も含めてヒノキ・カラマツも測定値の標準偏差の2倍を平均値に足したものである。このため、少なくとも今の熱伝導率、よく使われている 0.16 を使っても超厚合板の場合でも問題はないということには言えると思う。その他、令和4年度の試験体の厚さの寸法変化を測定しているが、重量の変化がゆっくりであるため、こちらは可能な限り測定は続けていくつもりだが、報告書に載せることが可能かどうかは実際になってみないと分からないということをあらかじめお詫びしておく。

委員長： このあたりは貴重なデータで、しかも時間がすごくかかる中ご対応いただきありがとうございます。

お手元の資料 4-1 の 5 ページの図 4 の下の段に、超厚合板を挟んで上と下に枠があって、その一辺 3 点の支柱を挟み込んでいる。透湿カップ法と呼ばれる透湿抵抗を測る測定方法は、普通はろうで封をしてカップの中に材料を落とし込むのだが、カップの襟の高さが 5 cm しかないので、5 cm を超えるものは測れない。それで、側面をシールして、上下から挟んでパッキンを当てて締めることで気密を保つという試験機を超厚用に朝倉さんと私と、あと静大の田中さんの 3 人で開発し、もうすぐ『木材工業』誌に論文が載る。この方法だと厚いものでも測定ができるし、透湿のドライビングフォースを塩化カルシウムで出すのだが、長時間かかると替えなければいけない。しかし、ろうで封をしてしまうと替えられ



ない。この方法だと塩化カルシウムを替えることもできて非常に簡便な方法だと考えている。そういう周辺の技術開発もしながら測定をしているというイメージになる。

委員長： 一つ教えてほしい。先ほどの寸法変化だが、厚さが膨らんでいるのは分かるが、その際の面内方向の LE も伸びているのか。

委員： さきほどのものは重量である。

委員長： 厚さのほうは？

委員： 厚さはこれから、重量が安定してから。

委員長： なるほど。厚いものが厚さ方向にぐっと伸びると引きずられて面内は縮むということがあるので、そうなるのか、吸湿の影響で全体的にずっと大きくなるのかちょっと興味があったので、測定したらまた教えてほしい。

委員長： 熱伝導率のデータに関して、基準を出しているのは IBEC（建築環境・省エネルギー機構）か。

委員： IBEC である。

委員長： 0.16 って結構高い。われわれ木材系からするともう少し低くていいのではないかと思っているところがあるのだが、その部分が樹種ごとなのか、または合板はまるっとこれぐらいという話なのか分からない。もう少し熱伝導率を低く見積もっていいのではないかという気もしている。0.16 だとラワンなんかでもそこまで高くないような気がするが。

委員： 私が持っている IBEC の本には学术论文の引用元が書いていない。確か総研の前田さんが引用元を見つけたみたいなので、今度聞いておく。

委員長： 実は IBEC の基準の導出は怪しいところがあり、少し前まで気密材というのがあって、これは構造用の面材料の場合には気密材に相当するというようなことになっていたのだが、「ただし、繊維板は除く」と書かれていた。これは日合連でお話しする中身ではないかもしれないが、繊維板工業会から相談を受けて、何で MDF が抜かれているのか分からないというお話があり、それを IBEC に確認していただいた。そうしたら、「だって MDF ってふかふかの材料じゃないか。あんなもの入れられないよ」と言われたというのだが、それはインシュレーションボードと勘違いしていたようである。しょうがないので、いろいろな面材の構面の気密性を測定したデータを出して、それを学会で発表してデータを示したところ、面材張り構面は気密性能が確保できるので、気密性に関する基準をなくすという方向になった。それを基に今の省エネルギー基準ができていて、そうすると日中

の熱収支とか、または日射の収支とか、そういうものだけの基準になっていて、気密性に関する基準がないものだから、やたら断熱は高くして熱収支もいいサッシを使っているのだけれども、気密性が低くて結露するのではないかという恐れが新たに出てきていて、私はすごく心配である。というようなことも考えると、いろいろな熱物性値があって設計をしようと思ったらできるということがこれからすごく面材料の重要なことだと思っている。

今お話しした面材張り構面の気密性の論文は、今月の『木材工業』誌に掲載される予定なので、ご覧いただきたい。

委員： 先ほどの曲げ性能の件だが、厚さが厚くなるというのと平行層が多ければ多いほどという中で、4種類の曲げ性能の比較をしてきたのだが、例えば同じ単板構成で厚さがどんどん厚くなってくると MOR・MOE が下がってくるということが言えるかと思う。今回いろいろな種類が、LVLが入ったりとか、いろいろな単板構成の違いがあったりとかいう中で、厚さがどのぐらい影響しているかというよりはむしろ、平行層の多さがどれだけあって、平行層が多く厚くなっているものが結果的に強くなっているのではないかなというところは結論として引っ掛かっている。多分そういうことなんだろうかなと思うのだが、厚ければいいというわけではなくて、平行層のことがすごく関係しているという考えで合っているか、ということをお尋ねしたい。

委員長： 一つは、同じ厚さで見ると場合には、平行層の構成比率が高いほど有効断面係数比が上がるので応力負担がしやすくなるので、結果として、耐力が上がって MOR が高くなるということがある。それからもう一つ、厚さが厚くなる場合については、縁応力がどんどん高くなってしまいうので、ある厚さからは樹種ごとに決まる引っ張り強度の限界値みたいなところから MOR が上がらなくなってくる。ですので、同じ構成比率の場合に縁応力がどこまで耐えられるかという指標として、どこかの厚さを超えると今度は下がってくる。それは厚くなるから下がってしまうだけで、縁応力は多分一定です。ということがあるので、今回検討いただいた中だけだと単純に厚い・薄いで比べられなかったかと思うが、縁応力という観点で見ると、多分検討ができるのではないかな。

委員： どこかの頭打ちという意味か。

委員長： そのとおり。

委員： ということは、今後の課題としては今 120 mm は分かっているが、それより厚いものをどんどん拡大していったときに縁応力の引っ張り強度を超える何かの厚みがあって、それ以上はいくら積層していても性能はあまり得られない、ということが分かってくる、そういう意味合いで合っているか。

委員長： そういうことになる。今後の検討としては、まずスギで縁応力がどれぐらいで壊れるのかを見て、その縁応力になるような厚さと構成を求めてやって、それができたら 300 mm 入ぐらいまでいくといいのだが、そのためには樹種を変えたり、単板の選別の下限

値を上げたりしなければいけなくなると思う。そのときに原木に対する歩留まりがどれぐらいでという兼ね合いを見てよさげなところをつくる。そうすると最終的には表だけカラマツを貼るとかということも出てくると思う。それが個人的にはこの材料の面白いところだと思っており、いよいよそこに向けてのデータがそろってきたなと思っているところである。

委員長： このほか、委員からのコメントを求める。

委員： 超厚合板でマスティンバーを目指すのであれば、多分 CLT よりも等方性、縦・横の強度比は近いことから、何か面白いことができるかなと思う。12 月に実験も拝見したが、工学的にメトリガードなどを使ってどのように性能特定ができるか、というところかという感じがする。

とかく曲げを一生懸命測定しがちである。曲げとある程度相関性はあると思うが、やはり接合部の変形能力がどうなるかだ。CLT は、基本的には接合部はめり込み変形はあるが、終局のときには引きボルトやビス接合が変形能力を稼ぐということで構造特性係数を下げているような実態がある。このため、わざわざ伸びを規定したボルトを使わなくても普通の SS 400 のボルトでも超厚合板であればそれなりの変形能力が期待できる、というような結果が出てくると、マスティンバーの中においては革命的というか、マスティンバーの中で需要を拡大していけるのかなという感じがしている。

そのほか、強度だけを目指すのであれば、単板構成が一層ごとにクロスしていなくても LVL の B 種のように直交層が少ないものも自由に設定できるので、いろいろな可能性があるのかなと感じている。

以上

## 日本合板工業組合連合会

〒101-0061 東京都千代田区神田三崎町2-21-2

TEL:03(5226)6677 FAX:03(5226)6678

URL:<https://www.jpma.jp/>

E-mail:[info@jpma.jp](mailto:info@jpma.jp)