木材製品の消費拡大対策事業のうち 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4年2月



日本合板工業組合連合会

目 次

1.	事業計画	$\cdots \cdots 1$
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.	面外曲げ性能・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
4. 1	試験目的	
4. 2	スギを用いた超厚合板の曲げ試験	7
4.3	ヒノキ、カラマツを用いた超厚合板の曲げ試験	12
4. 4	まとめ	
5.	水平せん断性能	18
5. 1	はじめに	18
5. 2	試料材	18
5. 3	試験の方法	18
5. 4	試験結果概要	19
5. 5	まとめ	26
5.6	試験成績書	28
6.	水平せん断試験方法の検討	31
6. 1	目的	
6. 2	供試体	
6. 3	試験方法	
6. 4	試験結果	
6. 5	まとめ	

7.	接着性能の評価	··41
7. 1	はじめに	41
7.2	試験方法	41
7.3	試験結果	41
7.4	まとめ	44
7. 5	試験成績書	45
8.	接合部性能	
8. 1	支圧試験	
8. 2	鋼板挿入ドリフトピン二面せん断試験	65
9.	面内せん断性能	72
9. 1	試験目的	
9.2	試験体	
9.3	試験方法	
9.4	破壊性状	74
9.5	荷重変形角関係	79
9.6	まとめ	··81
10.	含水率変化および断熱・透湿性能の検討	82
10. 10. 1	含水率変化および断熱・透湿性能の検討	
		82
10. 1	はじめに	··82 ··82
10. 1 10. 2	はじめに······ 含水率変化·····	··82 ··82 ··85
10. 1 10. 2 10. 3	はじめに	··82 ··82 ··85 ··87
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4	はじめに 含水率変化 断熱性能の検討 熱伝導率の予測手法の検討	··82 ··85 ··87 ··89
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4 10. 5	はじめに 含水率変化 断熱性能の検討 熱伝導率の予測手法の検討 透湿性能	··82 ··85 ··87 ··89
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4 10. 5 10. 6	はじめに 含水率変化 断熱性能の検討 熱伝導率の予測手法の検討 透湿性能 まとめ	··82 ··85 ··87 ··89 ··91
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4 10. 5 10. 6	はじめに 含水率変化 断熱性能の検討 熱伝導率の予測手法の検討 透湿性能 まとめ 総括	···82 ···85 ···87 ···91 ···92
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4 10. 5 10. 6	はじめに 含水率変化 断熱性能の検討 熱伝導率の予測手法の検討 透湿性能 まとめ 総括 試作試験結果について	···82 ···82 ···85 ···87 ···91 ···92 ···92
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4 10. 5 10. 6	はじめに 含水率変化 断熱性能の検討 熱伝導率の予測手法の検討 透湿性能 まとめ 総括 試作試験結果について 曲げ試験結果について 曲げ試験結果について	···82 ···85 ···87 ···91 ···92 ···92 ···93
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4 10. 5 10. 6	はじめに	···82 ···82 ···85 ···87 ···91 ···92 ···92 ···93 ···93
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4 10. 5 10. 6 11. 11. 1 11. 2 11. 3 11. 4	はじめに	···82 ···82 ···85 ···89 ···91 ···92 ···92 ···93 ···93
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4 10. 5 10. 6 11. 11. 1 11. 2 11. 3 11. 4 11. 5	はじめに	···82 ···82 ···85 ···87 ···91 ···92 ···92 ···93 ···93 ···94
10. 1 10. 2 10. 3 10. 4 10. 5 10. 6 11. 11. 1 11. 2 11. 3 11. 4 11. 5 11. 6	はじめに	···82 ···82 ···85 ···87 ···89 ···91 ···92 ···92 ···93 ···93 ···93 ···94

12.	付録	96
12. 1	技術開発委員会議事録	96
12.2	荷重変形関係等生データ、測定風景・破壊形態等写真	122
12. 2. 1	曲げ性能関係データ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	122
12. 2. 2	水平せん断性能関係データ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	142
12. 2. 3	水平せん断試験方法の検討関係データ	159
12. 2. 4	接着性能の評価関係データ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	179
12. 2. 5	接合部性能関係データ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	184
12. 2. 6	含水率変化および断熱・透湿性能の検討関係データ	206

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(ちょうあつごうはん)」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 超厚合板の試作試験

原料樹種にスギを用いて単板を調製し、構成要素として用いる単板の動的ヤング係数による選別程度を2水準設定し、製造の可否・難易を検討した。

② 超厚合板の性能試験

超厚合板の基礎的性能の項目である曲げ性能、水平せん断性能、接着の程度、含水率 変化について実験的検証を行い、製造因子と基礎物性の関係を把握した。

③ 超厚合板の接合部試験

超厚合板の面圧特性の測定を行い、製造因子と接合部性能の関係を把握した。

④ 超厚合板の耐力壁試験

超厚合板の耐力壁について水平せん断試験を行い、構面としての面内剛性について把握した。

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、敬称略)

平松 正樹 丸玉木材株式会社

小松 秀之 秋田プライウッド株式会社

鈴木 春樹 秋田プライウッド株式会社

大畑 泰廣 ホクヨープライウッド株式会社

相澤 秀郎 西北プライウッド株式会社

畑中 薫 セイホク株式会社

阿部 勝浩 石巻合板工業株式会社

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

薮谷 充浩 株式会社ノダ

酒井 徹 林ベニヤ産業株式会社

黄 箭波 湖北ベニヤ株式会社

荒木 裕二 島根合板株式会社

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

石川 智廣 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

田ノ上真司 林野庁 木材産業課

山内 一浩 独立行政法人 農林水産消費安全技術センター

田村 尭大 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。従来にない嵩高い合板製品であることから、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、特に昨年度までの基礎物性に加え、接合部の性能および構面としての性能を評価対象に加え、より広範な検討を行った。本年度の性能評価に供試した超厚合板の試作仕様の概要について述べる。

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の構成要素の等級区分は、表 3.1 に示す 3 パターンである。

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 ² 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 ² 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

表 3.1 既存木質材料の構成要素の等級区分タイプ

CLT においては、ラミナはヤング係数の平均値を $30 \, \mathrm{tf/cm^2}$ 括約で区分し、M30、M60、M90、M120 の 4 等級が存在する。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、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 と表示される。製品の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 $S0 \, \mathrm{tf/cm^2}$ 、平均値値 $S0 \, \mathrm{tf/cm^2}$ 、($S0 \, \mathrm{tf/cm^2}$)で区分されるが、たとえば $S0 \, \mathrm{tf/cm^2}$ の場合、 $S0 \, \mathrm{tf/cm^2}$ 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、10tf/cm²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、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 等級としている。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、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、担保可能な製品性能が低くなってしまうため、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。

昨年度は、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 $30tf/cm^2$ 幅とするものと $10tf/cm^2$ 幅とするものの 2 タイプとした。本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、下限値を昨年度と同じ $60tf/cm^2$ とした。

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、昨年度、試作試験までを実施した。本年度の試作試験にはスギを用いている。

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締方法では、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、繊維板等の圧締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、被圧締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。ただし、本年度は、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する。

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 $3m(10 \ R)$ 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 $910mm(3 \ R)$ 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 $910\text{mm} \times 1$, $820\text{mm} (3 \times 6 \text{ t})$ 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。そこで本課題では、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、 $910\text{mm} \times 3$, $030\text{mm} (3 \times 10 \text{ t})$ または $910\text{mm} \times 1$, $820\text{mm} (3 \times 6 \text{ t})$ 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を表 3.2 に示す。

製造した超厚合板の厚さは、2 次接着型の製品が基準となるため、24mm 厚の厚物合板 6 枚の 2 次接着を想定し、144mm としている。各樹種に対する単板の選別基準が、集成材にならった $10tf/cm^2$ 幅のものと CLT にならった $30tf/cm^2$ 幅のものの 2 水準の場合、たとえば、スギの場合、 $60tf/cm^2$ 以上 $69tf/cm^2$ 幅で選別すると、単板のヤング係数平均値は $67tf/cm^2$ 幅、標準偏差 $2.4tf/cm^2$ 、 $60tf/cm^2$ 以上 $89tf/cm^2$ 幅で選別すると、単板のヤング係数平均値は $81tf/cm^2$ 幅、標準偏差 $5.6tf/cm^2$ であり、設定水準に対する選別の一致性は良好であった。

厚さ144mmにおいては、ワンショット型の場合、全単板が直交積層されるため、積層数は奇数となるが、2次接着型の場合、7層の24mm厚合板6枚の2次接着となり、2次接着層を挟む単板は平行層となるため、積層数は42枚であるが、層数としては37層42plyに相当する。

厚さ 60mm においては、2 次接着型の場合、9ply および 11ply の厚物合板 2 枚の 2 次接着となった。ワンショット型の場合、2 次接着の場合に準じた単板構成としている。

表中の寸法仕様とは、表層単板の繊維方向を示し、正寸は表層単板の繊維方向が長手方向のもの(通常の製品と同じ)、逆寸は表層単板の繊維方向が短手方向のもの(通常の製品

と逆)を表している。逆寸合板の必要性は以下の通りである。合板の基本的性能である曲げ性能に関して、基準強度の対象となるためには、強軸(表層単板の繊維方向)だけでなく弱軸(表層単板の繊維直交方向)の性能も把握する必要がある。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。これが製品寸法910mm×3,030mm(3×10板)の根拠であるが、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、厚さ144mmの場合、製品寸法は910mm×3,030mm(3×10板)とし、厚さ60mm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の製品について逆寸の試作を行った。

表 3.2 試作超厚合板の仕様一覧

実施年	樹	単板選別基準	積層方法	厚さ 見	積層数	寸法仕様	
度	種	(tf/cm ²)	18/11/12	(mm)	18/6 %	TALIN	
1,00	132	(01) 0111)	ワンショット	(IIIII)	41		
		_					
	ス		2 次接着	144	42	正寸	
	ギ	50 以上 ワンショット 144		41			
本年度		00 5/1	2 次接着		42		
本十反		60 以上 69 以下	ワンショット		19、21	正寸・逆寸	
	ス	00 以上 09 以 1	2 次接着	60	18, 22	正寸	
	ギ	60 以上 89 以下	ワンショット	00	19、21	正寸・逆寸	
		00 27 09 27 1	2 次接着		18, 22	正寸	
	CO DI L	60 17 1 60 17 7	ワンショット		41		
	ス	60 以上 69 以下	2 次接着		42		
	ギ	CO DI L. 00 DI E	<u>ー</u> ワンショット		41		
		60 以上 89 以下	2 次接着		42		
	ŀ.	90 以上 99 以下	ワンショット		41		
昨年度		90 以上 99 以下	2 次接着	1 4 4	42	正寸	
1 年午度	ノキ	00 01 5 110 01 5	ワンショット	144	41	压力	
	7	90 以上 119 以下	2 次接着		42		
	カ	190 17 1 190 17 7	ワンショット		41		
	ラ	ラ 120 以上 129 以下	2 次接着		42		
	マ	190 12 140 12	ワンショット		41		
	ツ	120 以上 149 以下	2 次接着		42	_	

4. 面外曲げ性能

4.1 試験目的

本章では、単板の等級区分が超厚合板の曲げ強度と曲げヤング係数に及ぼす影響を調べるために、4点曲げ試験を実施した。

4.2 スギを用いた超厚合板の曲げ試験

4.2.1 試験体

スギ単板をワンショットで成型した 41 層の超厚合板を用いて面外曲げ試験を行った。試験体の仕様は、製造前の単板の曲げヤング係数の等級区分により、表 4-5 のように、平行層単板の等級区分により 4 仕様の試験体を用いた。すなわち、単板の曲げヤング係数の等級区分の値が 60-69 tf/cm^2 の S60-69、60-89 tf/cm^2 の S60-89、60 tf/cm^2 以上の S60up、単板の選別を行なっていない Sno の 4 仕様である。試験体は幅 910 up 長さ 3030 up の大きさで製造した 7 枚の原板の超厚合板から幅 100 up で切り出したものを用いた。試験体数は、S60-69 up と S60-89 は各 11 体、S60up と Sno は各 10 体で行った。試験体の物性値は表 4-1~4-4 に示す。

幅(mm) 厚さ(mm) 質量(kg) 含水率(%) 試験体番号 長さ(mm) 密度(kg/m³) 縦ヤング係数(kN/mm²) S60-69-102 3031 101.24 146.01 18.20 406 3.74 4.87 S60-69-202 3031 100.75 145.56 17.80 400 3.93 4.70 S60-69-302 3030 100.57 18.24 4.19 146.20 409 5.13 S60-69-402 3030 3.80 5.23 100.50 146.65 18.05 404 S60-69-503 3030 101.07 144.67 18.02 407 4.42 4.50 S60-69-504 3031 101.22 145.35 17.92 402 4.65 6.67 S60-69-602 3030 100.63 144.00 17.81 3.98 406 5.00 3030 17.74 S60-69-603 100.56 145.01 402 4.06 7.31 S60-69-604 3032 100.23 145.45 17.90 405 3.89 5,60 S60-69-703 3030 100.24 143.59 17.50 401 3.61 6.20 S60-69-704 3028 100.89 142.52 17.06 3.80 7.60 392 平均值 3030 100.72 145.33 17.84 403 4.0 5.71 標準偏差 1.0 0.33 1.11 0.32 4.42 0.3 1.0

表 4-1 S60-69 試験体の物性値

表 4-2 S6-89 試験体の物性値

試験体番号	長さ(mm)	幅(mm)	厚さ(mm)	質量(kg)	密度(kg/m³)	縦ヤング係数(kN/mm²)	含水率(%)
S60-89-102	3030	100.76	146.67	18.80	420	4.83	4.87
S60-89-202	3031	100.51	147.67	18.81	418	4.82	4.70
S60-89-302	3032	100.66	147.00	18.39	410	4.37	5.13
S60-89-402	3030	100.63	146.67	18.18	407	4.50	5.23
S60-89-503	3030	100.99	146.52	17.93	400	4.69	4.50
S60-89-504	3030	101.07	146.35	17.90	399	5.26	7.08
S60-89-602	3030	100.53	145.67	18.54	418	5.09	5.00
S60-89-603	3030	101.07	145.52	18.22	409	5.11	7.23
S60-89-604	3031	100.40	146.33	18.71	420	4.84	5,60
S60-89-703	3031	100.46	144.00	17.89	408	4.79	6.20
S60-89-704	3030	100.70	144.50	17.52	397	4.84	6.86
平均值	3030	100.71	146.10	18.26	410	4.83	5.67
標準偏差	0.7	0.23	1.18	0.41	8.08	0.25	0.95

表 4-3 S60up 試験体の物性値

試験体番号	長さ(mm)	幅(mm)	厚さ(mm)	質量(kg)	密度(kg/m³)	縦ヤング係数(kN/mm²)	含水率(%)
S60up-101	3030	100.81	148.75	19.40	427	4.50	11.1
S60up-102	3030	100.47	148.81	19.26	425	4.62	11.0
S60up-201	3030	100.24	149.19	19.68	434	4.86	11.1
S60up-202	3031	99.79	149.18	19.72	437	4.94	10.9
S60up-301	3030	99.84	147.66	19.08	427	5.06	10.1
S60up-302	3030	99.93	147.97	18.92	422	5.10	10.4
S60up-402	3030	100.00	148.11	18.70	417	4.66	9.9
S60up-503	3029	99.85	146.00	19.08	432	5.02	10.2
S60up-604	3030	99.56	150.51	19.72	434	5.10	10.6
S60up-704	3030	100.02	150.78	19.44	425	4.76	10.5
平均值	3030	100.00	148.74	19.30	428	4.86	10.6
標準偏差	0.45	0.35	1.52	0.34	5.97	0.21	0.42

表 4-4 Sno 試験体の物性値

試験体番号	長さ(mm)	幅(mm)	厚さ(mm)	質量(kg)	密度(kg/m³)	縦ヤング係数(kN/mm²)	含水率(%)
Sno-101	3030	100.44	148.83	19.06	421	5.06	10.04
Sno-102	3030	100.15	148.74	18.70	414	5.02	9.86
Sno-201	3030	101.47	150.27	19.18	415	4.66	9.51
Sno-202	3030	100.84	150.53	19.20	417	4.69	9.76
Sno-301	3030	100.46	150.40	18.92	413	4.69	9.19
Sno-302	3030	100.11	150.56	18.68	409	4.60	9.02
Sno-402	3029	100.20	143.46	18.82	432	4.81	9.66
Sno-503	3030	100.02	147.81	19.78	442	5.16	10.03
Sno-604	3030	99.71	149.68	18.58	411	4.62	10.40
Sno-704	3030	100.59	146.83	18.96	424	5.48	8.57
平均値	3030	100.40	148.21	18.99	420	4.88	9.61
標準偏差	0.3	0.47	2.30	0.33	9.70	0.28	0.52

表 4-5 試験体の仕様

試験体仕様	樹種	平行層単板	試験体数	
S60-69		60-69 tf/cm ²	58.9-68.7 N/mm²	11体
S60-89	スギ	60-89 tf/cm ²	58.9-87.3 N/mm ²	11体
S60up	2/-1	60 tf/cm²以上	58.9 N/mm²以上	10体
Sno		無選別	無選別	10体

4.2.2 試験方法

試験は、構造用木材の強度試験マニュアルに準拠して実施した。同マニュアルの標準条件である、試験体厚さ t に対して、支点-加力点、加力点-加力点の距離がそれぞれ 6t となる 6-6-6t 条件で試験を行った。試験スパンを設定する際の超厚合板の厚さ t は一律 145 mm として、図 4-1 のような寸法条件で実施した。加力は単調加力とし、開始から破壊に至るまでの時間が 7 分程度となるように加力速度を調整した。

試験中の変位の測定は、試験体中央、加力点のたわみ、支点のめり込みを測定した。試験体中央と加力点のたわみは、試験体下部に変位計 CDP-100 の測定部を直接当てて計測を行った。破壊に巻き込まれて破損する可能性があるため、破壊に至る前に計測を中断して変位計を除去した。破壊に至るまでの試験体中央の変位は、ワイヤー式の変位計を用いて

測定をした。ワイヤー変位計の測定部は、試験体の側面の中立軸付近にピスを取り付けて 測定を行った。支点のめり込みは、CDP-25を用いて、試験体の側面の中立軸付近にピスで 直接留めつけて計測をした。測定したデータから、曲げ強度と曲げヤング係数の算出には、

次式(1)~(3)を用いた。

・曲げ強度の算出

$$f_m = \frac{aP_{max}}{2Z} - (1)$$

f_m : 曲げ強度(N/mm²)

a:支点から加力点までの距離(mm)

 P_{max} :最大荷重(N) Z :断面係数(mm³)

・見かけの曲げヤング係数の算出

$$E_m = \frac{a(3L^3 - 4a^2)(P_{0.4} - P_{0.1})}{48I(w_{0.4} - w_{0.1})} - (2)$$

 $E_{\rm m}$: 見かけの曲げヤング係数(kN/mm²)

L: 支点間の距離(mm)

I:断面2次モーメント(mm⁴)

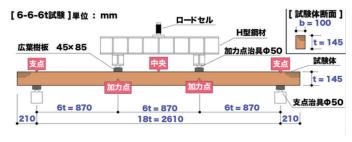


図 4-1 試験の寸法条件



図 4-2 試験の様子

 $P_{0.4}-P_{0.1}$:荷重変位曲線の直線部分の荷重増分。 $0.4 P_{max}$ と $0.1 P_{max}$ の荷重増分(kN)

 $w_{0.4}-w_{0.1}$: 荷重増分に対応する試験体中央の変位増分(mm) I は、実測した試験体の幅 b、高さ h を用いて $bh^3/12$ とした。

試験体中央の変位は、試験体下部で測定した変位から両端支点で測定しためり込み変形の

平均値を引いた値を用いた。

・真の曲げヤング係数の算出

$$E_b = \frac{al^2(P_{0.4} - P_{0.1})}{16I(w_{0.4} - w_{0.1})} \ - (3)$$

 $E_{\rm b}$:真の曲げヤング係数(kN/mm²)

l:加力点間の距離(mm)



図 4-3 せん断破壊状況



図 4-4 曲げ破壊状況

4.2.3 試験の結果

各条件で行った試験に対して、せん断破壊が先行した試験体は、S60-89-504の1体のみであり、その他の仕様の試験体は全て曲げが先行する破壊であった。図 4-3 のように、せん断破壊をした試験体は、上側の表層単板から 17 層目の単板部分の接着層に近い部分が水平に破壊する破壊性状であった。一方、曲げ破壊をした試験体は、図 4-4 のように加力点の直下や純曲げ区間で破壊が見られた。

試験により得られた測定結果から、曲げ強度、見かけの曲げヤング係数、真の曲げヤング係数を算出した。各試験体の結果の値を表 4-6~4-9 に示す。せん断破壊を示した S60-89-504 試験体の結果は、他の S60-89 試験体の結果と比較して、破壊時の最大荷重が大きい結

果であった。これは、試験体の引張側の表層単板に強度が高い単板が使われており、曲げ 強度が大きかったためせん断が先行したと考えられる。一方で、曲げヤング係数は、単板 の平均的な性能により評価されるためせん断破壊をした試験体と曲げ破壊をした試験体と で差がなったと考えられる。

表 4-6 S60-69 試験体の曲げ強度、曲げヤング係数

試験体番号	曲げ強度(N/mm²)	見かけの曲げヤング係数(kN/mm²)	真の曲げヤング係数(kN/mm²)
S60-69-102	11.80	2.93	3.50
S60-69-202	16.74	3.13	3.76
S60-69-302	17.22	3.26	3.90
S60-69-402	12.02	2.86	3.45
S60-69-503	18.06	3.72	5.21
S60-69-504	16.87	3.92	5.72
S60-69-602	14.94	3.32	3.73
S60-69-603	12.94	3.31	4.28
S60-69-604	12.93	3.30	4.04
S60-69-703	13.57	2.90	3.65
S60-69-704	11.80	2.92	3.65
平均値	14.44	3,23	4.08
標準偏差	2.28	0.33	0.70
5%下限值	9.25		

表 4-7 \$60-89 試験体の曲げ強度、曲げヤング係数

試験体番号	曲げ強度(N/mm²)	見かけの曲げヤング係数(kN/mm²)	真の曲げヤング係数(kN/mm²)
S60-89-102	20.26	3.81	4.95
S60-89-202	14.52	3.61	4.64
S60-89-302	12.54	3.26	4.05
S60-89-402	13.38	3.42	4.64
S60-89-503	15.58	3.36	4.14
S60-89-504	18.49	3.57	4.93
S60-89-602	15.47	3.69	4.66
S60-89-603	13.80	3.66	5.13
S60-89-604	16.92	3.64	4.40
S60-89-703	16.34	3.56	4.40
S60-89-704	12.10	3.58	5.34
平均値	15.40	3.56	4.66
標準偏差	2.39	0.15	0.38
5%下限値	9.95		

表 4-8 S60up 試験体の曲げ強度、曲げヤング係数

試験体番号	曲げ強度(N/mm²)	見かけの曲げヤング係数(kN/mm²)	真の曲げヤング係数(kN/mm²)
S60up-101	14.79	3.79	4.35
S60up-102	16.79	4.11	6.25
S60up-201	18.92	3.91	5.19
S60up-202	17.85	4.03	4.94
S60up-301	17.39	4.00	4.86
S60up-302	18.06	3.97	5.13
S60up-402	14.46	3.78	5.20
S60up-503	19.71	3.90	4.54
S60up-604	18.32	3.93	4.87
S60up-704	19.46	3.75	4.94
平均値	17.57	3.92	5.02
標準偏差	1.70	0.11	0.48
5%下限值	13.56		

表 4-9 Sno 試験体の曲げ強度、曲げヤング係数

試験体番号	曲げ強度(N/mm²)	見かけの曲げヤング係数(kN/mm²)	真の曲げヤング係数(kN/mm²)
Sno-101	15.58	4.06	4.36
Sno-102	13.04	4.04	4.94
Sno-201	16.07	3.83	4.48
Sno-202	14.27	3.90	4.55
Sno-301	14.29	3.63	4.48
Sno-302	14.65	3.80	5.91
Sno-402	13.21	3.66	4.79
Sno-503	16.15	3.89	4.52
Sno-604	17.23	3.59	4.64
Sno-704	21.58	4.23	5.10
平均値	15.61	3.86	4.78
標準偏差	2.36	0.20	0.44
5%下限値	10.22		

また、各試験体の曲げ強度、曲げヤング係数がそれぞれ正規分布に従うとして図 4-5~4-19 のグラフを作成した。図中の赤線は、エンゲルマンスプルースの強度を単板の強度として推定した曲げ強度の推定値と、全ての単板の曲げヤング係数が、60,69,89 tf/cm² と仮定したヤング係数の推定値である。

曲げ強度について、S60-69 仕様と S60-89 仕様を比較すると、後者の方が、比率で平均値は 106.6%、5%下限値は 107.6%曲げ強度は高くなり、標準偏差は 104.8%とばらつきは大きくなった。また、Sno 仕様は強度とばらつきともに S60-89 仕様と近い結果となった。一方で S60up 仕様は、等級区分の上限を設けた S60-69、S60-89 仕様と比較して平均値は 1.2 倍ほど、5%下限値は 1.4 倍ほど高い結果となった。

見かけの曲げヤング係数について、S60-69 仕様と S60-89 仕様を比較すると、S60-89 仕様の方が、比率で平均値は 110.2%であり S60-89 仕様の方が高くなり、単板の等級区分の上限値が大きい影響が反映されている結果となった。S60up 仕様は、S60-69 と比べて 121.3%、S60-89 と比べて 110.1%に向上した。また、Sno 仕様は、S60-89 より大きい結果となった。真の曲げヤング係数について、S60-69 仕様と S60-89 仕様を比較すると、S60-89 仕様は平均値が 114.2%、大きい結果となった。S60up 仕様は、S60-89 と比較して 1007.7%に向上した。一方、Sno は平均値 4.78 kN/mm²、標準偏差 0.44 kN/mm²であり、S60-89 よりやや高い結果となった。

以上の結果より、S60-69 と S60-89 の比較から単板の等級区分の上限値の決め方により、曲げ強度はやや向上し、見かけの曲げヤング係数、真の曲げヤング係数は向上することが示唆されたが、曲げ強度と真の曲げヤング係数の向上は、単板の選別を行なっていない Sno 仕様と同程度の傾向にあった。また、単板の選別を行わない Sno や上限値を定めない S60 up 仕様の曲げ強度、曲げヤング係数の結果が、S60-69、S60-89 よりも高くなる結果になったことから、無選別や上限値を設けない場合、曲げヤング係数が S9 tf/cm² よりも大きい値の単板が多く含まれる傾向にあることが示唆される。また、正規分布の下限値は向上している一方で、上限値は曲げ強度、曲げヤング係数ともに大きな向上が見られないことから、曲げ強度は S0 S00 S00

4.2.4 まとめ

- ・スギの超厚合板の4点曲げ試験において、厚さtに対して試験スパンが 6-6-6t条件で、 概ね曲げ破壊を先行されて試験することが可能であった。また、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。
- ・単板の等級区分について、60-69 tf/cm² と 60-89 tf/cm² とでは、上限値を大きくした仕様 で曲げ強度、曲げヤング係数の向上が確認された。
- ・上限値を設けない等級区分 60 tf/cm² 以上の仕様は、平均値と正規分布の下限値が 60-89tf/cm²よりも高くなったが、正規分布の上限値は向上に上限があることが示唆された。
- ・単板の選別を行わない仕様では、曲げ強度、真の曲げヤング係数は 60-89 tf/cm² で選別を 行なった仕様を近い傾向の結果となり、見かけの曲げヤング係数では 60-89tf/cm² よりも 高い結果となった。

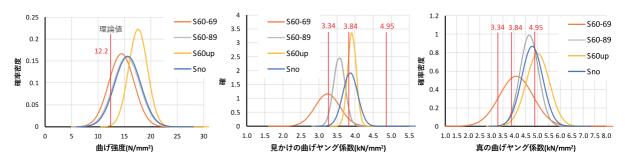


図 4-5 曲げ強度の確率分布

係数の確率分布

図 4-6 見かけの曲げヤング 図 4-7 真の曲げヤング 係数の確率分布

4.3 ヒノキ、カラマツを用いた超厚合板の曲げ試験

4.3.1 試験体

ヒノキとカラマツのワンショット成形の超厚合板の面外曲げ試験を行った。試験体の仕 様は、製造前の単板の曲げヤング係数の等級区分により、表 4-10 のように、各樹種 2 仕様 ずつ計4種類の試験体を用いた。

4.3.2 予備試験の概要

4 点曲げ試験において、せん断破壊よりも曲げ破壊を先行させる試験条件を検討するた めに支点、加力点位置を変えた試験を実施した。試験のスパンを考えるための超厚合板の 厚さ t は一律 145 mm として、表 4-11 のように 6-6-6t、7-4-7t、8-2-8t の 3 条件について試 験を行った。試験体は500番台の番号がついたものを用い、各仕様8体ずつで実施した。

表 4-10 試験体の仕様

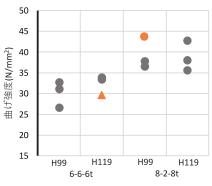
試験体仕様	樹種	単板の	等級区分
H 99	ヒノキ	90- 99 tf/cm ²	88.3- 97.1 N/mm²
H119	C / -1	90-119 tf/cm ²	88.3-116.7 N/mm ²
K129	カラマツ	120-129 tf/cm ²	117.7-126.5 N/mm²
K149	73 / 4 /	120-149 tf/cm ²	117.7-146.1 N/mm ²

表 4-11 試験スパンの条件と試験体数

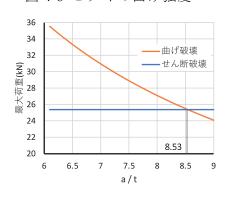
試験条件		試験スパ	ペン条件		試験体数
武炭末 十	a(mm)	I(mm)	L(mm)	余長(mm)	武·杨火 14 安X
6-6-6t	870	870	2610	195	各3体
7-4-7t	1015	580	2610	195	各2体
8-2-8t	1160	290	2610	195	各3体

4.3.3 予備試験結果

各条件で行った試験に対して、ヒノキでは H119 の 6-6-6t 条件で 1 体、カラマツでは K129 の 6-6-6t 条件で 3 体、 K149 の 7-4-7t 条件で 1 体、せん断が先行する破壊となった。破壊性状と破壊をした時の荷重を元にせん断よりも曲げが先行して破壊するための試験スパンを検討した。試験で得られたヒノキとカラマツのそれぞれの最大荷重の値から曲げ強度を算出し、図 4-8、4-9 に示す。ここではせん断破壊をした試験体も曲げ破壊と算出し、その結果を▲で表す。ただし、7-4-7t 条件は荷重設定のミスがあったので、データから除外している。曲げ強度が最大となるものとせん断強度が最小となるものとしてオレンジ色のプロットで示したデータを選定し、その値からスパンを変えた時の試験中の最大荷重を推定したグラフを図 4-10, 4-11 に示す。曲げ破壊の推定最大荷重の曲線とせん断破壊の推定最大荷重の直線の交点より、ヒノキ試験体では、せん断スパン a/t が 8.53 以上、カラマツ試験体では 8.08 以上の試験条件で曲げ破壊が先行して生じると推定された。



6-6-6t 8-2-8t 図 4-8 ヒノキの曲げ強度



50 45 40 40 35 35 30 30 30 15 K129 K149 K129 K149 6-6-6t 8-2-8t

図 4-9 カラマツの曲げ強度

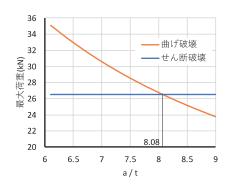


図 4-10 ヒノキの破壊時推定最大荷重

図 4-11 カラマツの破壊時推定最大荷重

4.3.4 本試験の概要

試験スパンの条件は、予備試験の検討により 8-4-8t とした。超厚合板の厚さ t は一律 145 mm として試験中のスパンは全て固定して行った。試験のスパンの詳細は表 4-12 に示す。 試験体数は各仕様 10 体ずつとした。試験開始から破壊に至るまでの時間が 10 分程度となるように加力速度を調整した。変位の測定状況は、4.2.2 と同様である。

表 4-12 本試験の試験寸法条件

試験条件	試験スパン条件						
武鞅来什	a(mm)	I(mm)	L(mm)	余長(mm)	試験体数		
8-4-8t	1160	580	2900	50	各10体		

4.3.5 本試験の結果

破壊性状について、各仕様におけるせん断破壊を示した試験体数は H99 仕様が 0/10 体、H119 仕様が 1/10 体、K129 仕様が 1/10 体、K149 仕様が 2/10 体であり、概ね試験条件 8-4-8t では、せん断に対して曲げ破壊を先行して起こる結果となった。

各試験体の試験結果を表 4-13~4-16 に示す。試験体の個別の結果は、せん断破壊が先行した試験体もその最大荷重を用いて曲げ強度として値を算出した。せん断破壊が先行した試験体は、破壊が生じる際の荷重が高くなる傾向にあり、曲げ強度が高く特に引張り側の表層に近い単板の強度が高いことが原因で、曲げ破壊が生じる前にせん断破壊の荷重に達することでせん断破壊が先行していると考える。

表 4-13 H99 の試験結果

表 4-14 H119 の試験結果

試験体番号	曲げ強度(N/mm²)	曲げヤング	条数	破壊性状
以歌 平田 勺	囲り短及(N/IIIII-)	見かけ(kN/mm²)	真(kN/mm²)	NX 物 (土1人
H99-801	22.8	5.05	5.33	曲げ
H99-802	23.0	5.01	5.37	曲げ
H99-803	27.8	5.33	6.38	曲げ
H99-804	28.6	5.34	6.00	曲げ
H99-805	22.0	5.04	5.37	曲げ
H99-806	30.3	5.28	5.49	曲げ
H99-807	21.6	5.09	4.81	曲げ
H99-808	27.6	5.15	5.43	曲げ
H99-809	31.8	5.19	5.57	曲げ
H99-810	32.0	5.09	4.90	曲げ
平均值	26.8	5.16	5.46	
標準偏差	4.1	0.12	0.46	
5%下限値	17.9			

試験体番号	#1434 E (N /2)	曲げヤンク	が係数	破壊性状
武 欧	曲げ強度(N/mm²)	見かけ(kN/mm²)	真(kN/mm²)	11区域 土1八
H119-801	30.3	5.15	5.68	曲げ
H119-802	34.6	5.51	5.42	せん断
H119-803	31.6	5.14	5.60	曲げ
H119-804	29.1	5.36	5.42	曲げ
H119-805	20.8	5.22	5.81	曲げ
H119-806	24.9	5.49	4.95	曲げ
H119-807	30.2	4.91	5.34	曲げ
H119-808	30.6	5.06	5.02	曲げ
H119-809	31.3	5.24	5.29	曲げ
H119-810	29.1	5.10	5.13	曲げ
平均値	28.7	5.19	5.36	
標準偏差	3.6	0.17	0.30	
5%下限值	20.7			

表 4-15 K129 の試験結果

表 4-16 K149 の試験結果

試験体番号	曲げ強度(N/mm²)	曲げヤンク	ゲ係数	破壊性状	試験体番号	曲げ強度(N/mm²)	曲げヤンク	"係数	破壊性状
四州 大学田 勺	四07强及(N/IIIII)	見かけ(kN/mm²)	真(kN/mm²)	WX-WX I工1八	11.00000000000000000000000000000000000	曲り強及(N/IIIII)	見かけ(kN/mm²)	真(kN/mm²)	NX 4枚 1±1八
K129-801	32.6	7.07	6.90	曲げ	K149-801	28.0	7.03	7.65	曲げ
K129-802	30.1	7.09	6.39	曲げ	K149-802	29.3	7.30	6.77	曲げ
K129-803	33.0	7.43	8.79	曲げ	K149-803	21.6	6.92	6.59	曲げ
K129-804	31.4	7.39	8.67	曲げ	K149-804	25.3	6.89	8.07	曲げ
K129-805	24.4	6.61	7.59	曲げ	K149-805	36.1	7.36	7.85	せん断
K129-806	27.4	6.86	9.08	曲げ	K149-806	32.6	7.44	7.64	曲げ
K129-807	25.5	6.81	8.02	曲げ	K149-807	32.2	7.86	9.30	せん断
K129-808	29.9	6.88	7.65	曲げ	K149-808	30.3	8.04	10.22	曲げ
K129-809	36.2	6.84	7.04	せん断	K149-809	34.0	7.36	8.92	曲げ
K129-810	31.8	6.66	6.63	曲げ	K149-810	32.4	7.51	8.06	曲げ
平均值	29.6	6.98	7.75		平均値	29.2	7.31	7.99	
標準偏差	3.1	0.29	0.98		標準偏差	4.2	0.38	1.17	
5%下限値	22.6				5%下限值	19.9			

試験により得られた曲げ強度と曲げヤング係数(層内せん断で破壊した試験体も含む)が、正規分布に従うとして確率分布のグラフを作成した結果を図 4-12, 4-23 に示す。

ヒノキの試験体では、曲げ強度について、H99の仕様が平均値 26.8 N/mm²、標準偏差 4.1 N/mm²、5%下限値 17.9 N/mm²、H119の仕様が、平均値 28.7 N/mm²、標準偏差 3.6 N/mm²、5%下限値 20.7 N/mm²であり、単板の曲げヤング係数等級区分の幅が大きい H119 の方が、曲げ強度の平均値は 107.0%、5%下限値が 115.6%と大きい結果となったが、両仕様の曲げ強度の値に有意差は認められなかった。見かけの曲げヤング係数について、H99の仕様が平均値 5.16 kN/mm²、標準偏差 0.12 kN/mm²、H119 の仕様が平均値 5.19 kN/mm²、標準偏差 0.17 kN/mm²であり、H119 の仕様の方が見かけの曲げヤング係数のばらつきが大きく、値も大きい結果となった。これは、超厚合板を製造する際の単板の等級区分について、H119

の仕様の方が単板の曲げヤング係数の等級区分の幅が広く高いヤング係数の単板が含まれている可能性があるという条件の影響が現れた結果と言える。真の曲げ強度について、H99の仕様が平均値 5.46 kN/mm²、標準偏差 0.46 kN/mm²、H119の仕様が平均値 5.36 kN/mm²、標準偏差 0.30 kN/mm²であり、H99の仕様の方が平均値は高く、ばらつきも大きい結果となり、単板の等級区分の条件が期待するものとは反対の結果となった。真の曲げヤング係数を算出する際に純曲げ区間にあたる加力点間でたわみを測定しているが、変位が微小であることと、加力点での変位を両側加力点で測定した値を単純に加算平均しているため、測定上、算出上、見かけの曲げヤング係数よりもばらつきやすい傾向にあると考える。

カラマツの試験体では、曲げ強度について、K129の仕様が平均値 29.6 N/mm²、標準偏差 $3.1 \, \text{N/mm²}$ 、5%下限値 $22.6 \, \text{N/mm²}$ 、K149 の仕様が平均値 $29.2 \, \text{N/mm²}$ 、標準偏差 $4.2 \, \text{N/mm²}$ 、5%下限値 $19.9 \, \text{N/mm²}$ であり、平均値の差はほとんどなく、ばらつきが K149 の方が大きいため 5%下限値が 12%ほど小さい結果となったが、単板の等級区分による仕様の違いにより大きな差は見られなかった。見かけの曲げヤング係数について、K129 の仕様が平均値 $6.98 \, \text{N/mm²}$ 、標準偏差 $0.29 \, \text{N/mm²}$ 、K149 の仕様が平均値 $7.31 \, \text{N/mm²}$ 、標準偏差 $0.38 \, \text{N/mm²}$ であり、ヒノキの試験体と同様に単板の等級区分の幅が広く、高いヤング係数の単板が含まれている可能性がある K149 の方が平均値は 5%ほど高く、ばらつきが大きい結果となった。一方で、両者の間に有意差は認められなかった。真の曲げヤング係数について、 K129 の仕様が平均値 $7.75 \, \text{N/mm²}$ 、標準偏差 $0.98 \, \text{N/mm²}$ 、K149 の仕様が $7.99 \, \text{N/mm²}$ 、標準偏差 $1.17 \, \text{N/mm²}$ であり、K149 の方がやや値が高い結果になった。

4.3.6 曲げ特性の推定値と実験値の比較

単板の曲げ強度と曲げヤング係数の値と超厚合板の積層構成の条件から、超厚合板の曲げ強度と曲げヤング係数の推定値を算出する。曲げ強度は、木材工業ハンドブックの記述では、等級を記号 E と F で表す針葉樹構造用合板 1 級の水準値が、エンゲルマンスプルースの無欠点小試験体の強度 448 tf/cm² に欠点による低減係数 0.5 を乗じた値である 224 tf/cm² を用いて平行層理論により計算を行っている 3)。これを参考に、ヒノキとカラマツの単板の曲げ強度は、各樹種の無欠点小試験体の曲げ強度の下限値の値に欠点による低減係数 0.5 を乗じた値を用いた。無欠点小試験体の曲げ強度の下限値は、ヒノキ 30 N/mm²、カラマツ 27.5 N/mm² とした。単板の曲げヤング係数の値は、超厚合板の製造前に等級区分をした単板の曲げヤング係数の上限値と下限値を用いて、全平行層単板が上限値の場合と下限値の場合を仮定して推定値の範囲として算出した。単板の構成は、超厚合板の製造前の単板の厚さが、超厚合板の接着時の圧締によって全て均等に圧縮されていると仮定をし、製造前の単板の厚さを積層構成の条件によって全断面 2 次モーメントと、有効断面 2 次モーメントの算出をした。

ヒノキ試験体について、曲げ強度の推定値 16.7 N/mm² は、実験値との比較では正規分布上の下限値と概ね一致する結果であった。曲げヤング係数は、H99 仕様では、見かけの曲げヤング係数で推定値の範囲に実験値が概ね収まる結果となった。真の曲げヤング係数は推定値の最大値と実験値の平均値が近い結果となり、推定値が過小評価となった。H119 仕様では、見かけの曲げヤング係数、真の曲げヤング係数ともに推定値の下限値が実験値の下限値に近い値であり、推定値の最大値は、実験値の上限値よりも大きな結果となった。

見かけ、真の曲げヤング係数ともに実験値は概ね推定値の範囲内に収まっているが、推定値範囲の下限値側に実験値の確率分布が集中しているため、単板の等級区分の上限値を大きくしたことによる超厚合板の曲げヤング係数の上昇への効果が低い可能性が示唆される。カラマツ試験体について、曲げ強度の推定値 15.3 N/mm² は実験値の下限値よりも小さい結果となり、推定値がやや過小評価となった。曲げヤング係数は、K129 仕様では、推定値は見かけの曲ばないが係数の平均値以下の範囲に当たり、過小評価となった。K140 仕様で

結果となり、推定値がやや過小評価となった。曲げヤング係数は、K129 仕様では、推定値は見かけの曲げヤング係数の平均値以下の範囲に当たり、過小評価となった。K149 仕様では、推定値の範囲に見かけの曲げヤング係数の実験値が収まる結果となり、適切に推定が可能な結果となった。また、真の曲げヤング係数は、推定値の最大値と実験値の平均値が概ね一致する結果となり、推定値が過小評価する結果となった。

4.4 まとめ

- ・試験の寸法条件は、ヒノキ、カラマツ仕様ともに超厚合板の厚さ t= 145mm に対して 8-4-8t 条件で実施したところ、せん断の割合はヒノキ 1/20 体、カラマツ 3/20 体となり、曲げ破壊が先行する条件で試験が可能であった。
- ・単板の等級区分の上限値を大きくしたことによる曲げ強度への影響は、ヒノキ試験体で 平均値が7.0%、5%下限値が15.6%大きくなる結果となったが、H99とH119の試験体の 実験値に有意差は認められなかった。カラマツ試験体では、等級区分による曲げ強度の 影響は見られなかった。
- ・単板の等級区分による曲げヤング係数への影響は、等級区分の下限値と上限値の幅を小 さくすることで、見かけの曲げヤング係数のばらつきが小さく結果が確認された。
- ・平行層理論により推定した推定値と実験値の関係では、実験値が正規分布に従うとすると、曲げ強度の実験値の下限値が推定値に近い値となった。また、曲げヤング係数について、ヒノキ試験体では、等級区分の幅が小さい H99 仕様の見かけの曲げヤング係数を最も適切に評価できる結果となり、カラマツ試験体では、等級区分の幅が大きい K149 仕様の見かけの曲げヤング係数が最も適切に評価できる結果となった。

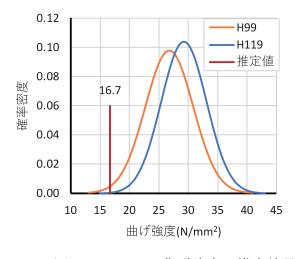


図 4-12 ヒノキ曲げ強度の推定結果

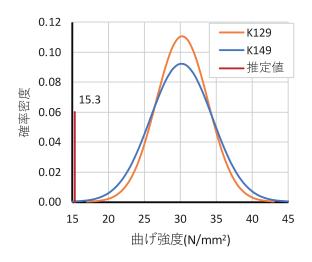


図 4-13 カラマツ曲げ強度の推定結果

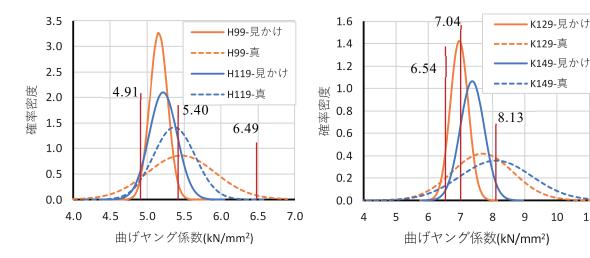


図 4-14 ヒノキ曲げヤング係数の推定結果

図 4-13 カラマツ曲げヤング係数の推定結果

--- K129-真

9

– K149-見かけ

10

11

5. 水平せん断性能

5.1 はじめに

144mm 厚の合板を短スパンの3点曲げによる水平せん断試験を行い、得られた値について評価した。

5.2 試料材

公称厚さが 144mm の合板で、製造方法は単板の繊維方向を 1 層ずつ交互に 7 層積層接着したものを 6 枚さらに接着した 2 次接着タイプ、単板の繊維方向を 1 層ずつ交互に 41 層積層接着したワンショットタイプである。単板の樹種はヒノキ及びカラマツである。なお、昨年度、試験を実施したスギについても本稿で報告する。単板のヤング係数による選別方法を 30tf/cm² 幅とする CLT 型、10tf/cm² 幅とする集成材型とし、スギで 6.0~6.9kN/mm² の 60-69 タイプと 6.0~8.9kN/mm² の 60-89 タイプ、ヒノキで 9.0~9.9kN/mm² の 90-99 タイプと 9.0~11.9kN/mm² の 90-119 タイプ、カラマツで 12.0~12.9kN/mm² の 120-129 タイプと 12.0~14.9kN/mm² の 120-149 タイプである。寸法の長さ 900mm×幅 144mm×厚さ 144mm が各 2×2 タイプ、それぞれ加力方向を後述する平使い 4 体、縦使い 4 体ずつとする。また、長さ 900mm×幅 40mm×厚さ 144mm が各 2×2 タイプ平使い 8 体ずつとする。

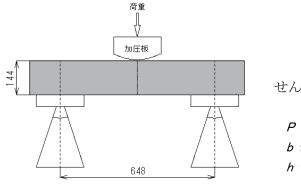
スギ ヒノキ 試験体寸法 製造方法 カラマツ 加力方向 試験体数 L900×W144×T144 2次接着 平使い 60-69 90-99 120-129 mm 縦使い 平使い 60-89 90-119 120-149 4 縦使い ワンショット 90-99 平使い 60-69 120-129 4 縦使い 60-89 90-119 120-149 平使い 縦使い L900×W40×T144 2次接着 60-69 90-99 120-129 平使い mm 60-89 90-119 120-149 平使い 8 ワンショット 60-69 90-99 120-129 平使い 8 60-89 90-119 120-149 平使い

表 5-1 試料材

5.3 試験の方法

単板積層材の日本農林規格(JAS)¹⁾を参考に水平せん断試験を行った。JAS では、スパンを試験体の鉛直方向の高さの4倍と定められているが、試験機を一定スパン以下にできない制約から4.5倍で行った。荷重ブロックの曲率半径はR200mmで1.4倍であった。これに図5-1のとおり中央集中荷重により、平使い方向(単板の積層方向を荷重方向にする)及び縦使い方向(単板の積層方向の直角方向を荷重方向にする)に加力し、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。なお、試験

体の中央部下部の変位量を変位計(共和電業 DHT-A-50)で測定した。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。



せん断強さ $=\frac{3P}{4bh}$ (N/mm^2)

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

図 5-1 試験方法

5.4 試験結果概要

平使い幅 144mm の試験結果概要を表 5-2、縦使いの試験結果概要を表 5-3、平使い幅 40mm の試験結果概要を表 5-4 に示す。

樹種	製造方法	単板選別	加重方向	n	a/lra	/m ³)	MC(%)	τ(N/r	2)	S	S+B	В	PC
127.13	我是刀伍	十一人之力」	加工/バー	- ''	ρ(kg	'III)	WIC(70)	τ(1\/1.	11111)		5.0	D	10
	S	60-69	Н	4	406	(5)	8.2	1.39	(0.09)	0	0	4	0
S	3	60-89	Н	4	411	(6)	9.1	1.59	(0.05)	2	0	2	0
3	O	60-69	Н	4	408	(9)	8.2	1.34	(0.18)	1	0	3	0
	0	60-89	Н	4	410	(5)	9.2	1.46	(0.15)	0	0	4	0
	S	90-99	Н	4	474	(6)	9.2	2.03	(0.14)	0	0	0	4
Н	3	90-119	Н	4	480	(9)	8.6	2.15	(0.17)	0	0	0	4
11	O	90-99	H	4	475	(6)	9.8	2.21	(0.34)	0	0	0	4
	U	90-119	Н	4	484	(13)	9.9	1.97	(0.13)	0	0	0	4
	S	120-129	H	4	591	(6)	8.6	2.16	(0.22)	3	0	1	0
K	3	120-149	H	4	602	(9)	9.0	2.20	(0.09)	1	0	1	2
K	O	120-129	H	4	609	(10)	9.4	2.25	(0.09)	2	0	0	2
	J	120-149	Н	4	612	(10)	9.2	2.23	(0.05)	0	0	0	4

表 5-2 平使い幅 144mm 試験結果概要

表 5-3 縦使い試験結果

樹種	製造方法	単板選別	加重方向	n	ρ(kg	/m ³)	MC(%)	τ(N/r	nm²)	S	S+B	В	PC
	S	60-69	V	4	409	(2)	8.5	2.40	(0.21)	0	0	4	0
S	S	60-89	V	4	414	(6)	8.8	2.48	(0.10)	0	0	4	0
3	O	60-69	V	4	404	(7)	9.4	2.04	(0.29)	0	1	3	0
	U	60-89	V	4	418	(5)	9.7	2.59	(0.28)	0	0	4	0
	S	90-99	V	4	474	(7)	9.3	3.87	(0.21)	0	0	4	0
Н	S	90-119	V	4	479	(6)	8.7	4.97	(0.22)	0	0	4	0
11	O	90-99	V	4	483	(6)	10.1	3.97	(0.59)	0	0	4	0
	0	90-119	V	4	481	(5)	10.0	4.41	(0.34)	0	0	4	0
	S	120-129	V	4	591	(6)	8.5	5.39	(0.12)	0	0	4	0
K	3	120-149	V	4	601	(6)	9.0	5.86	(0.48)	1	0	3	0
K	O	120-129	V	4	601	(20)	9.9	4.97	(0.11)	0	0	4	0
	0	120-149	V	4	613	(12)	9.5	6.03	(0.64)	0	0	4	0

表 5-4 平使い幅 40mm 試験結果概要

樹種	製造方法	単板選別	加重方向	n	ρ(kg	/m ³)	MC(%)	τ(N/r	mm ²)	S	S+B	В	PC
	S	60-69	Н	8	408	(4)	7.3	1.49	(0.10)	2	1	5	0
S	S	60-89	Н	8	414	(7)	7.5	1.56	(0.10)	0	0	8	0
S	O	60-69	Н	8	408	(6)	8.3	1.53	(0.15)	3	0	5	0
	0	60-89	Н	8	413	(6)	9.1	1.54	(0.12)	2	1	5	0
	S	90-99	Н	8	472	(6)	9.5	2.02	(0.12)	2	0	0	6
Н	S	90-119	Н	8	480	(6)	9.5	2.19	(0.19)	2	0	0	6
11	O	90-99	Н	8	477	(7)	10.3	2.22	(0.16)	1	0	2	5
	0	90-119	Н	8	482	(8)	10.3	2.01	(0.11)	0	0	0	8
	S	120-129	Н	8	601	(9)	9.1	2.10	(0.11)	2	0	2	4
K	S	120-149	Н	8	589	(8)	9.4	2.15	(0.14)	0	0	5	3
K	O	120-129	Н	8	606	(18)	9.9	2.06	(0.21)	4	0	4	0
	U	120-149	Н	8	615	(9)	9.7	2.19	(0.11)	0	0	1	7

樹種 S:スギ,H:ヒノキ,K:カラマツ、製造方法 S: 2 次接着,O:ワンショット、加力方向 H:平使い,V: 縦使い、 ρ :密度、MC:含水率、 τ :せん断強さ、各平均値、()標準偏差、欄右は終局破壊要因別の数 S:せん断,S+B:せん断曲げ複合,B:曲げ,PC:めり込み

5.4.1 破壊形態

平使いの層内せん断破壊は中立軸に限らず出現し、ほとんどが単板の裏割れを起点としていた(写真 5-1)。2次接着層からのせん断破壊はなかった(写真 5-2)。平行層同士の接着で裏割れの影響がないことが有利に働いたと考えられる。曲げ破壊は引張側最外層の単板の目切れ、節及び引張側2層目の直交単板を起点としていた(写真 5-3)。Hayashi らは単板積層材で曲げ破壊により求められた値はそれ以上のせん断強さを示すとあり 2)、安全側の数値と考えられる。また、ヒノキ、カラマツでめり込み破壊が見られた(写真 5-4)。層内の剥離が見られるが、せん断耐力の低下を引き起こす状態にならず、これにより求められた値の取扱いについて検討が必要である。

縦使いの多くは曲げ破壊で、内部の直交単板の「裂け」から隣接する繊維方向の単板を 同調させて破壊した(写真 5-5)。縦使いでは明瞭なせん断のずれが生じたものはなく、引 張側で破壊が見られず、外層単板にずれが及んだものをせん断破壊とした(写真 5-6)。

平使い、縦使いともせん断破壊、曲げ破壊が同時進行的に起こるものも多かった(写真5-7)。この事例による荷重変位曲線を図5-2に示す。終局破壊はせん断、曲げ両者があり、せん断強さは最大荷重により算出した。新藤はCLTの層内せん断の中央集中荷重方式の短スパン曲げ試験において「この試験方法で層内せん断強度を評価するには、せん断破壊荷重の決定方法の定義を明確にする必要がある。」と述べており³⁾、この試験方法での、せん断破壊による層内せん断性能の評価には検討を要する。

平使い 40mm 幅は試験体の横倒れ、ねじれなく、全ての試験で最大荷重まで適正に荷重することができた(写真 5-8)。



写真 5-1 カラマツ平使いせん断破壊



写真 5-2 スギ平使いせん断破壊状況



写真 5-3 カラマツ平使い曲げ破壊



写真5-4 ヒノキ平使いめり込み破壊



写真 5-5 ヒノキ縦使い曲げ破壊



写真 5-6 カラマツ縦使いせん断破壊



写真 5-7 カラマツ平使い曲げせん断複合破壊



写真 5-8 カラマツ平使い 40mm 試験状況

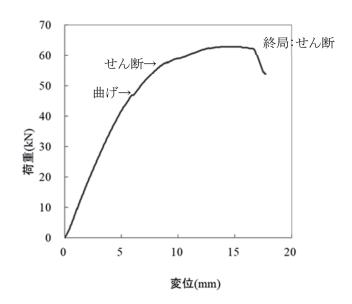


図 5-2 荷重変位曲線の例

各樹種の加力方向及び幅ごとの破壊要因の比率を図 5-3、5-4、5-5 に示す。曲げ破壊とせん断破壊が同時進行することも多かったが、終局破壊により区分し、判断できないものはせん断曲げ複合破壊とした。スギの平使いは曲げ破壊が 144mm 幅で 81%、40mm 幅で 72%であった。単板の強度性能が低いためせん断破壊より外層単板の破壊による曲げ破壊が先行すると思われる。ヒノキの平使いではめり込み破壊が 144mm 幅で 100%、40mm 幅で 78%であった。Hayashi らが行った単板積層材 $^{2)}$ でもヒノキの平使いでめり込み破壊を報告しており、樹種によりめり込み破壊の起こりやすいスパン等の条件があることが推測される。縦使いは $94\sim100\%$ が曲げ破壊であった。

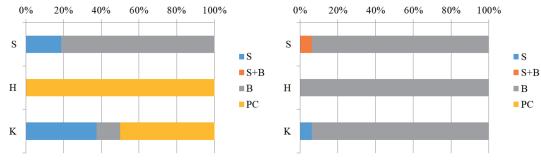


図 5-3 平使い幅 144mm の樹種別破壊要因

図 5-4 縦使いの樹種別破壊要因

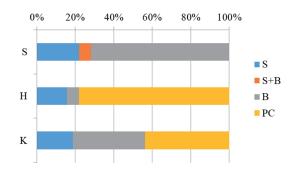
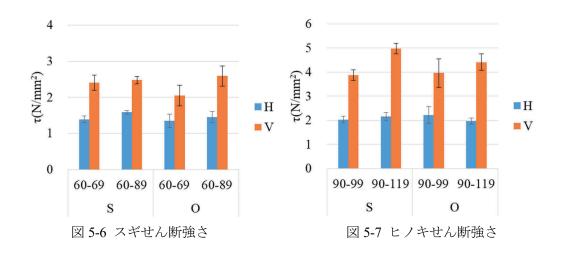


図 5-5 平使い幅 40mm の樹種別破壊要因

樹種 S:スギ,H:ヒノキ,K:カラマツ、破壊要因 S:せん断,S+B:せん断曲げ複合,B:曲げ,PC:めり込み

5.4.2 加力方向による違い

樹種、各タイプの加力方向によるせん断強さを図 5-6、5-7、5-8 に示す。全てのタイプで現されるせん断強さは、縦使いが平使いより高かった。単板積層材でも ^{2,4)}縦使いは平使いより高く、宮武らの報告 ⁴⁾では平均値の増加比は 21~34%であったが、本試験はスギで 52~78%、ヒノキで 79~131%、カラマツで 121~171%であり、平使いと縦使いのせん断強さの比は単板積層材より大きくなっている。平使いでは単板積層材と異なり直交単板の裏割れを起点としたせん断破壊、直交単板の割れによる曲げ破壊のように合板特有の影響があり、現わされるせん断強さが低下し、単板積層材と比して縦使いと平使いの差が大きくなったと考えられる。



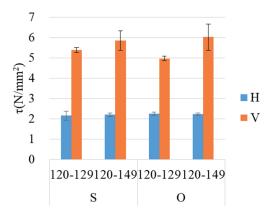


図 5-8 カラマツせん断強さ

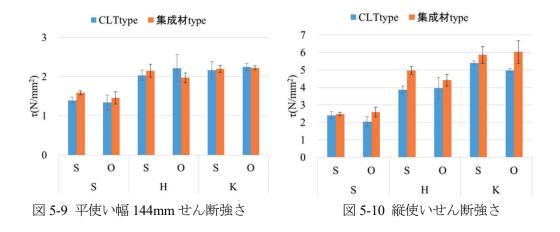
H:平使い、V:縦使い、O:ワンショット、S:2次接着、エラーバーは標準偏差

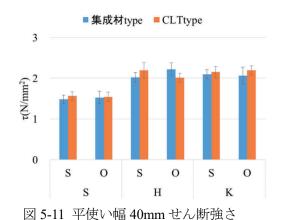
5.4.3 製造方法及び単板選別による違い

製造方法及び単板選別ごとのせん断強さを図 5-9,5-10,5-11 に示す。

ワンショット、2次接着の製造方法では各タイプ同士で有意な差は見られなかった。

単板のヤング係数の幅が広い CLT 型とヤング係数の幅が狭い集成材型を比較すると、平使いでは CLT 型が高いものが多かったが一部で逆の傾向も見られる。縦使いではヒノキ、カラマツで CLT 型が集成材型より高い傾向があった。平使いでは現されるせん断強さが欠点等の影響が大きく単板の性能が反映せず、一方、縦使いではヒノキ、カラマツで単板の性能が影響したと考えられる。





樹種 S:スギ,H:ヒノキ,K:カラマツ、 S:2次接着,O:ワンショット、エラーバーは標準偏差

5.4.5 樹種による比較

全てのタイプを総合した樹種別のせん断強さと密度との関係を図 5-12、5-13、5-14 に示す。

樹種では平使いは幅 144mm、40mm ともスギがヒノキ、カラマツと比して有意に低かった。スギは曲げ破壊によるものが多く、曲げ破壊により求められせん断強さは真のせん断強さより低いことで ²⁾、現されるせん断強さが低くなったことが考えられる。ヒノキとカラマツでは有意な差が見られなかった。ヒノキは多くがめり込み破壊したので、この影響について検討が必要である。縦使いのせん断強さはスギ<ヒノキ<カラマツの順に高く平均値の有意差が認められた。

密度とせん断強さの関係では、平使いはせん断強さと密度との関係は直線状に並ばなかった。また、各同一樹種内で見ると密度とせん断強さの相関がない。宮武らの単板積層材の報告 4)では、密度と平使いの水平せん断強さには相関が見られ、樹種あるいは同一樹種内においても密度が高いもののせん断強さが高い傾向があった。平使いで密度との相関が見られないのは、裏割れ等の影響で現わされるせん断強さが低くなり、単板の性能が反映しなかったことが考えられる。縦使いでは密度との相関が見られたが、それぞれの同一樹種内での相関はそれほど高くない。破壊形態が直交単板の「裂け」を起因としたものが多く、直交単板の繊維方向の強度性能が発現しにくいことが推測される。

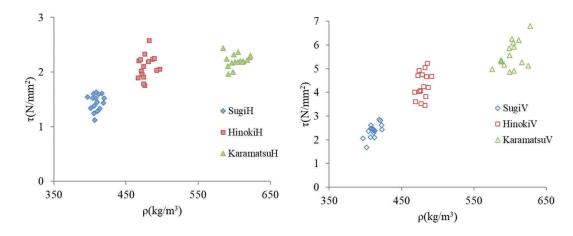


図 5-12 平使い幅 144mm の密度とせん断強さ

図 5-13 縦使いの密度とせん断強さ

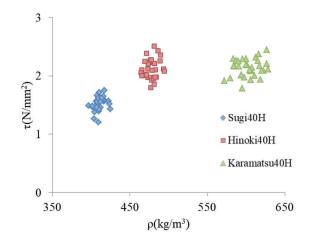


図 5-14 平使い幅 40mm の密度とせん断強さ

ρ:密度、τ:せん断強さ

5.5 まとめ

試験を行って以下のことがわかった。

- (1) 破壊形態は平使いのせん断破壊はほとんどが裏割れを起点としていた。2 次接着の接着層からの破壊はなかった。スギで曲げ破壊、ヒノキでめり込み破壊が多かった。縦使いは多くが曲げ破壊であった。
- (2) めり込み破壊による値の取扱いと、層内せん断性能を求めるのであればせん断破壊の決定方法が検討課題と思われる。
- (3) 加力方向では全ての樹種、タイプで縦使いが平使いより、現されるせん断強さが高く、その比は単板積層材より大きかった。
- (4) せん断強さと材料の密度との関係は平使いで相関がなかった。また、縦使いでも同一樹種内での相関は高くなかった。単板の強度性能が現わされるせん断強さに反映しにくいと考えられた。

文献

- 1) 農林水産省:単板積層材の日本農林規格 2008
- 2) Hayashi Tomoyuki,Tan Yu Eng,Atsushi Miyatake:Bulletin of the Forestry and Forest Product Research Institute,No.357,1990
- 3) 新藤健太 木質構造部材・接合部の変形と破壊 3.2.3 1) CLT の層内せん断 日本建築 学会編 2018
- 4) 宮武敦、井道裕史、長尾博文、加藤英雄、平松靖、神谷文夫、槌本敬大、構造用 LVL のめり込み強度特性その2 水平せん断強度等級を用いた基準強度の算定 日本建築学会大会学術講演梗概集 2009

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が前総合センター所長され

令和3年8月27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
武	氏 名	日本合板工業組合連合会 会長 井上篤博
試料	材	ヒノキ合板、カラマツ合板
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3年11月10日から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

試料材は積層方向の厚さが 144mm のヒノキ合板とカラマツ合板である。樹種ごとに長さ 900mm×幅 144mm×厚さ 144mm が 32 体,長さ 900mm×幅 40mm×厚さ 144mm が 32 体,依頼者により番号付けされたものを試験に供した。

2 試験方法

各試験体に対してスパンを鉛直方向の高さの 4.5 倍とし, 荷重面を R400mm の曲率の加圧板を介し中央集中荷重法で図-1のとおり平使い方向(単板の積層方向を荷重方向にする)及び縦使い方向(単板の積層方向の直角方向を荷重方向にする)に荷重を与え,次式によりせん断強さを求めた。試験は樹種ごとに幅 144mm の試験体を平使い 16 体,縦使い 16 体,幅 40mm の試験体を平使い 32 体行った。

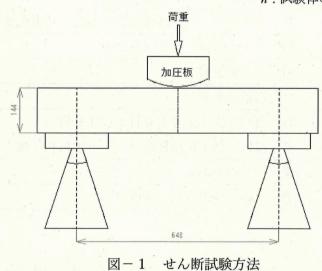
試験は実大試験機(東京衡機製,容量 1000kN)を用いた。また試験終了後,破壊部近傍から試験片を採取し全乾法により含水率を求めた。

せん断強さ $=\frac{3P}{4bh}$ (N/mm^2)

P:最大荷重 (N)

b:試験体の幅 (mm)

h:試験体の高さ (mm)



2/3

3 試験結果

試験の結果は、表-1-1、表-1-2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-1-1 せん断試験結果 (ヒノキ) 表-1-2 せん断試験結果 (カラマツ)

番号		荷重方向	せん断強さ (N/mm²)	含水率 (%)	番号	荷重	方向 せん断強 (N/mm²	
試料机	1 長	さ900mm×	幅144mm×厚d		試料材	長さ900r	mm×幅144mm×	
9099	101		1.95	9.9	120129	101	2.24	8.6
9099	104		1.89	8.6	120129	104	2.00	7.9
	107		2.19	8.7		107	2.44	8.3
	110		2.10	9.3		110	1.96	9.6
	121		1.75	10.4		121	2.19	9.8
	124		2.33	9.3	120129		2.27	8.6
	127		2.57	9.6		127	2.17	9.2
9099	130	平使い	2.21	9.9	120129	130 平例	2.36	9.9
0119	101	1120	1.90	9.0	120149	101	2.18	9.1
0119	104		2.22	8.0	120149	104	2.18	8.3
	107		2.23	8.2		107	2.11	9.0
	110		2.25	9.2	120149		2.32	9.8
	121		1.78	9.8		121	2.20	9.7
0119			2.05	10.0		124	2.18	9.3
	127		2.03	9.6		127	2.22	7.6
0119	130		2.01	10.2	120149	130	2.30	10.3
9099	103		4.01	9.7	120129	103	5.56	8.0
	106		3.60	8.7		106	5.37	8.0
	109		3.82	8.8		109	5.29	8.2
	112		4.07	9.9		112	5.33	9.6
	123		3.45	9.7		123	4.91	10.0
	126		4.23	10.0		126	5.12	9.2
	129		3.51	10.2		129	4.98	9.7
9099	132	縦使い	4.67	10.4	120129	132 縦傾	4.87	10.6
0119	103	柳原文 .	4.92	8.6	120149	103	5.92	8.7
0119	106		4.71	8.1	120149	106	6.10	8.2
	109		5.22	8.4		109	5.17	9.0
	112		5.04	9.7		112	6.24	10.0
	123		4.75	9.8		123	5.26	9.3
	126		4.65	9.9		126	5.86	9.0
0119			4.21	9.9		129	6.80	9.0
0119			4.04	10.4		132	6.20	10.5
試料	才 長	さ900mm×	幅40mm×厚さ	144mm	試料木	オ 長さ900	mm×幅40mm×.	厚さ144mm
9099	101		2.02	9.0	120129	101	2.17	9.7
9099			2.04	8.9		103	2.14	8.8
	104		2.24	9.5		104	2.00	8.8
	106		2.00	9.2	120129	106	2.29	8.6
	107		2.09	8.8		107	2.16	9.5
	109		1.93	9.3		109	2.01	9.0
	110		1.85	10.9		110	2.02	9.4
	112		2.00	10.6	120129	112	1.98	9.3
9099	121		1.97	9.8	120129	121	1.94	10.3
	123		2.21	10.2		123	2.09	10.2
	124		2.22	10.3		124	2.45	9.2
9099			2.23	10.3	120129		2.21	9.7
20202	-							
9099			2.50	10.1	120129		2.18	9.9
	129		2.20	10.5		129	1.92	10.1
	130		2.10	10.3		130	1.93	9.7
9099	132	平使い	2.35	9.6	120129	132 平使	1.79	10.2
0119	101	一区()	1.95	9.1	120149	101	2.16	9.9
	103	*	2.26	8.9	120149	103	2.10	9.4
	104		2.38	10.1	120149	104	2.29	8.9
	106		2.02	9.3	120149	106	2.29	8.8
	107		2.25	9.3	120149	107	2.17	10.0
	109		1.97	9.5	120149	109	1.96	9.4
	110		2.43	10.6	120149	110	2.27	9.5
0119	112		2.27	10.2	120149	112	2.25	9.5
	121		1.80	10.3	120149	121	2.32	10.3
	123		1.97	10.1		123	2.38	9.7
	124		2.11	10.1		124	2.09	9.6
	126		1.98	10.4	120149	126	2.19	9.4
	127		2.08	10.2	120149	127	2.09	9.0
	129		2.10	10.3	120149	129	2.11	9.5
0119	130		2.11	8.6	120149	130	2.09	10.0
	132		1.97	8.9	120149	132	2.26	10.1



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さを算出する試験法であり、簡便にせん断強さを求めることができる手法ではあるが、スパンを長めに取ると、曲げ破壊が先行して発生してしまっ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い(※ 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、ここでは超厚合板のせん断強さ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各種供試体に対し、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、得られたせん断強さについて比較検討を行った。

6.2 供試体

表 6-1 に示した 12 種類の供試体に対して試験を行った。製造法等詳細については,3 章「超厚合板の試作仕様の概要」を参照されたい。

供試体記号	製造タイプ	表層単板	単板選別	荷重方向	断面寸法
		の方向			
I-1-S-69-F	ワンショット	強軸	60-69	平使い	$W100 \times T60$
I-1-S-69-E				縦使い	$W60 \times T100$
I-1-S-89-F			60-89	平使い	W100×T60
I-1-S-89-E				縦使い	W60×T100
I-1-W-69-F		弱軸	60-69	平使い	W100×T60
I-1-W-69-E				縦使い	W60×T100
I-1-W-89-F			60-89	平使い	W100×T60
I-1-W-89-E				縦使い	W60 \times T100
I-2-S-69-F	2 次接着	強軸	60-69	平使い	$W100 \times T60$
I-2-S-69-E				縦使い	W60 \times T100
I-2-S-89-F			60-89	平使い	W100×T60
I-2-S-89-E				縦使い	W60×T100

表 6-1 供試体の仕様

6.3 試験方法

水平せん断試験方法の検討を行うため、LVLの日本農林規格(スパン4h,荷重点用治具R=1.5h)または直交集成板の日本農林規格(スパン5h)に準拠した条件で試験を行い、それぞれの条件で得られた結果について比較検討を行った。

具体的な試験条件は表 6-2, 6-3 に示した通りであり,スパン,荷重点用治具の形状,支点板幅,支点形状の組み合わせを変えてそれぞれの条件で水平せん断試験を行い,その最大荷重を求め,式(1)によりせん断強さを求めた。併せて目視により破壊過程の観察を行い,破壊形態の分類を行った。荷重速度等については LVL の日本農林規格に準拠して行った。また,LVL の日本農林規格に準拠し、平使い方向,縦使い方向それぞれについて試験を行った。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。なお,試験は、東京衡機製 RUE D-TK18A (1000kN) を用いて行った。

また、明らかに他の試験条件と差がない・差があるという結果が得られた条件については、全供試体に対して試験を行わず、途中で試験を打ち切っている。結果として供試体・試験条件ごとの試験体数は試験結果(6.3節)に示した通りとなった。

$$\tau = \frac{3P}{4hh} \tag{1}$$

au: せん断強さ[N/mm²], P: 最大荷重[kN], b: 試験体の幅[mm], h: 試験体の厚さ[mm]

試験条件記号	スパン	荷重点用治具	支点板幅	支点形状
4-R9-5N			50mm	ナイフエッジ
4-R9-5R		曲板 R90mm, 幅 100mm		R25 丸棒
4-R9-10R			100mm	R25 丸棒
4-R15-5N	4h(240mm)	曲板 R150mm, 幅 100mm	50mm	ナイフエッジ
4-R21-5N		曲板 R210mm, 幅 100mm	50mm	ナイフエッジ
4-F5-5N		平板 幅 50mm	50mm	ナイフエッジ
4-F10-5N		平板 幅 100mm	50mm	ナイフエッジ
5-F10-5N		平板 幅 100mm	50mm	ナイフエッジ
5-F10-10N			100mm	ナイフエッジ
5-F5-5N	5h(300mm)	平板 幅 50mm	50mm	ナイフエッジ
5-R9-5N		曲板 R90mm, 幅 100mm	50mm	ナイフエッジ
5-R9-10N		四似 NSOIIIII, 帽 IOOIIIII	100mm	ナイフエッジ

表 6-2 平使い方向試験体に適用した試験条件

表 6-3 縦使い方向試験体に適用した試験条件

記号	スパン	荷重点用治具	支点板幅	支点形状
4-R15-5R		世生 D150	50mm	
4-R15-10R	4h(400mm)	曲板 R150mm, 幅 100mm	100mm	
4-F10-10R		平板 幅 100mm	100mm	R25 丸棒
5-F10-5R	5h(500mm)	平板 幅 100mm	50mm	-
5-F10-10R			100mm	

6.4 試験結果

6.4.1 平使い方向試験体の検討結果

すべての供試体・試験条件についての結果を示す前に、検討を行った結果、統合・除外 した条件についての結果を示し、最後に除外した条件を除いた最終的な結果を示す。

6.4.1.1 支点形状の影響の検討結果

供試体の平使い方向(ただし I-1-W-69-F は除く)について、試験条件 4-R9-5N, 4-R9-5R の 2 条件でのせん断強さを比較したところ(表 6-4)、いずれの供試体でも有意水準 5% で有意な差は認められなかった。したがって、今後、支点形状の違いは考慮せずに試験条件の比較検討を行うこととし、以後、試験条件の末尾の N, R は省いて表示することとする。また、4-R9-5N と 4-R9-5R の結果はまとめて扱うこととした(4-R9-5 と呼称)。

		試験条件									
供試体		4-R9-5N		4-R9-5R							
	n	ρ	τ	n	ρ	τ					
I-1-S-69-F	4	385.0	1.64	6	373.2	1.59					
I-1-S-89-F	4	421.0	2.02	6	425.9	1.92					
I-1-W-89-F	7	411.8	1.60	3	412.1	1.52					
I-2-S-69-F	4	404.1	1.80	6	407.3	1.78					
I-2-S-89-F	4	407.0	2.03	6	426.8	2.01					

表 6-4 支点形状の影響の検討結果

n:試験体数, ρ :密度[kg/m³], τ : せん断強さ[kN/mm²]

6.4.1.2 試験条件 4-R21-5 に関する検討結果

試験条件 4-R21-5 については、I-1-S-69-F、I-2-S-69-Fの2供試体(各1体)ずつ試験を行った。いずれも、いったん荷重のピークに到達してせん断破壊が発生した後荷重が低下したが、加力板の端部が試験体と接触するまでたわみが増大すると、端部でめり込み変





写真 6-1 加力治具 (R210) 端部のめり込み

形が進んで荷重が再上昇するという現象が見られた(写真6-1)。端部接触・めり込み発生

後の試験条件は試験条件 5-F10-5 (平板 100mm) と同様になるので,これ以上検討の必要はないと判断し,除外することとした。

6.4.1.3 荷重点用治具に R90 曲板を用いた試験における支点板幅の影響の検討結果

供試体の平使い方向に対して、CLT の日本農林規格のスパン条件で、荷重点用治具にLVL の日本農林規格で定められた荷重点用治具を使い、支点板の幅を変えた二つの試験条件 5-R9-5 と 5-R9-10 のせん断強さを比較したところ(表 6-5)、いずれの供試体でも有意水準 5%で有意な差は認められなかった。したがって、5-R9-5 と 5-R9-10 の結果はまとめて 5-R9-5 の結果として扱うこととした。

次いで、I-1-S-69-F、I-1-S-89-Fの2供試体に対して、LVLの日本農林規格の試験条件で支点板の幅を変えた二つの試験条件4-R9-5と4-R9-10のせん断強さを比較したところ(表6-6)、こちらについては、4-R-9-10で得られたせん断強さの方が4-R-9-5よりも大きくなるという結果が得られた。「正しいせん断強さ」は不明であるので、どちらの試験法が適切かの判断は困難であるが、破壊時の状況を見ると、支点板幅100mmでは、支点の端部でめり込みが発生し、その結果支点板の回転が不完全になり、支点板の端部間を曲げスパンとする形で曲げ変形が生じておりその影響が出ているように見えること、I-1-S-69-Fにおいては、4-R9-5の方がせん断破壊した試験体の割合が高かったこと等を勘案して、4-R9-10については検討から除外することとした。





写真 6-2 スパン 4h, 支点板幅 100mm 試験時の変形状態

表 6-5	支占板幅の	影響の検討物	生里① (ス	パンち	荷重点用治具 R9	0 曲粒)
78 () ()		ノロンデーソノルドロリル	ロオベエノ しくへ	/ '		() mm/1/12 /

		試験条件											
供試体		5-R9-5		5-R9-10									
	n	ρ	τ	n	ρ	τ							
I-1-S-69-F	4	382.2	1.42	3	389.3	1.47							
I-1-S-89-F	4	418.9	1.75	3	419.5	1.81							
I-1-W-69-F	7	391.1	1.34	3	390.7	1.29							
I-1-W-89-F	7	404.1	1.44	3	400.1	1.51							
I-2-S-69-F	7	405.6	1.55	3	407.8	1.59							
I-2-S-89-F	6	407.1	1.69	3	402.8	1.73							

n:試験体数, ρ :密度[kg/m³], τ : せん断強さ[N/mm²]

表 6-6 支点板幅の影響の検討結果② (スパン 4h, 荷重点用治具 R90 曲板)

		試験条件								
供試体	4-R9-5				4-R9-10					
	n	ρ	τ	FS	n	ρ	τ	FS		
I-1-S-69-F	10	378	1.61	7/2/1/0	6	379	1.76	1/4/1/0		
I-1-S-89-F	10	424	1.96	2/6/1/1	3	446	2.31	.0/2/1/0		

n:試験体数, ρ:密度[kg/m³], τ:せん断強さ[N/mm²], FS:破壊形態

- ※ FS の欄の数値は、前から順番に S (せん断破壊のみ) /SB (せん断と曲げの複合破壊) /B (曲げ破壊のみ) /O (その他) の数を示す
- 6.4.1.4 荷重点用治具に幅 100mm 平板を用いた試験における支点板幅の影響の検討結果 供試体 I-1-S-69-F, I-1-S-89-F, I-2-S-89-F に対して, CLT の日本農林規格の試験条件 で, 荷重点用治具として幅 100mm 平板を用い, 支点板の幅を変えた二つの試験条件 5-F10-5 と 5-F10-10 のせん断強さを比較したところ (表 6-7), いずれの供試体でも有意水準 5% で支点板幅 100mm の条件 (5-F10-10) の方が, せん断強さが大きくなるという結果が得ら れた。4-R9-5 と 4-R9-10 の比較検討結果で述べた理由と同様の理由から, 5-F10-10 を検討 の対象から除外することとした。

参考までに、I-1-S-69-F および I-1-S-89-F についてそれぞれ 4-R9-5 と 5-F10-5、4-R9-10 と 5-F10-10 のせん断強さを比較すると有意水準 5%で有意差があるとは言えないという結果になっており、支点板幅でせん断強さが変わることを示唆する結果となっている。

表 6-7 支点板幅の影響の検討結果③ (スパン 5h, 荷重点用治具幅 100mm 平板)

	試験条件									
供試体		5	F10-5		5-F10-10					
	n	ρ	τ	FS	n	ρ	τ	FS		
I-1-S-69-F	10	377	1.65	6/4/0/0	3	382	1.87	1/2/0/0		
I-1-S-89-F	10	424	1.92	4/5/1/0	6	419	2.25	0/3/2/1		
I-2-S-89-F	10	413	2.04	3/5/2/0	3	422	2.30	2/1/0/0		

n:試験体数, ρ :密度[kg/m³], τ : せん断強さ[N/mm²], FS: 破壊形態

- ※ FS の欄の数値は、前から順番に S (せん断破壊のみ) /SB (せん断と曲げの複合破壊) /B (曲げ破壊のみ) /O (その他) の数を示す
- 6.4.1.5 平使い試験体 試験条件比較検討結果

ここまで除外した試験条件を除き、かつ、統合を行った後の、各供試体平使い試験体の 試験条件に対する試験結果を表 6-8 に、また、各供試材の各試験条件の対のせん断強さに 対して母平均の差の検定を行った結果を表 6-9 に示す。得られた結果をまとめると、以下 の通りとなる。

1) LVL の日本農林規格の試験条件(4-R9-5) とスパン 4h の他の試験条件を比較すると, ほぼ全ての供試体で, 4-R15-5 および 4-F10-5 と差がないという結果が得られた。ただし, 曲げ剛性の低い I-1-S-69-F の 4-R15-5 では, 4-R21-5 (6.4.1.2 節で検討)と同様

に荷重点用治具端部が試験体と接触、荷重が再上昇し、端部から支点の間で縦方向のせん断破壊的な破壊を起こしていた。せん断強さの平均値には差が見られなかったものの、せん断強さに影響が出てくる可能性は否定できないので、R150m 曲板 (R=約 2.5h)を使用するのは避けた方が無難であるという結果となった。





写真 6-3 4-R15-5 試験体における荷重用治具端部めり込みと圧縮側・引張側の破壊 性状

- 2) LVL の日本農林規格の試験条件 (4-R9-5) とスパン 5h の他の試験条件を比較すると, 一部の供試体を除いて, 5-F5-5 および 5-F10-5 と差がないという結果が得られた。差があった供試体は, 5-F10-5 の I-1-W-89-F, 5-F5-5 の I-2-S-69-F および I-2-S-89-F であり, 前者については特殊な構成で製造されていること, 後者については 2 次接着板であり, また, それほど大きな差は無く, 通常構成板では差がなかったことを考えると, 条件 4-R9-5 と 5-F5-5, 5-F10-5 には差がないと考えて良いと思われる。
- 3) 試験条件 4-F10-5 については他の条件よりもせん断強さが大きい, 5-R9-5 については他の条件よりもせん断強さが小さいという結果となった。前者については加圧板の幅が広いことの影響と考えられるが, 5-F10-5 については加圧板幅の影響がないことから,スパンに対する加圧板幅の比率がある一定の値を超えなければ,せん断強さに影響は出ないと考えられる。試験条件 5-R9-5 についてはスパンが長くなる分曲げ破壊が発生しやすくなるため,その分だけ最大荷重が低下しせん断強さが小さくなったと考えられる。しかし,破壊形態を 4-R9-5 と比較すると,個別の供試体では差があるが全体としてはそれほど差が無く,目視で観察できない破壊(圧縮側の降伏・内層の直交層の引張破壊)が発生しその影響により最大荷重が低下した可能性を示唆する結果となっている。
- 4) 表層単板の方向の影響について見ると、単板構成 60-69 では強軸 (I-1-S-69-F)・弱軸 (I-1-W-69-F) 間に差は見られないが、単板構成 60-89 では強軸 (I-1-S-89-F) の方が弱軸 (I-1-W-89-F) よりもせん断強さが大きくなっている。また、弱軸同士を比較すると単板構成によるせん断強さの差はほとんどないという結果となった。I-1-S-69-F, I-1-W-69-F の破壊形態ではせん断破壊が多いのに対し、I-1-S-89-F, I-1-W-89-F ではせん断曲げ複合破壊が多くなっており、曲げ破壊の影響でこのような結果になったと考えられる。

表 6-8 平使い試験体 各供試体・各試験条件の試験結果

供試体					試験条件			
		4-R9-5	4-R15-5	4-F5-5	4-F10-5	5-R9-5	5-F5-5	5-F10-5
	n	10	6	3	3	7	7	10
		378	380	379	379	385	389	377
I-1-S-69-F	ρ	11.8	8.6	4.9	1.4	8.6	8.6	6.7
1 1 5 05 F	τ	1.61	1.58	1.76	2.07	1.44	1.61	1.65
	·t	0.14	0.16	0.12	0.05	0.11	0.09	0.11
	FS	7/2/1/0	3/3/0/0	3/0/0/0	0/3/0/0	6/1/0/0	6/0/1/0	6/4/0/0
	n	10	7	3	3	7	7	10
		424	427	423	420	419	419	424
I-1-S-89-F	ρ	11.4	12.8	5.3	3.9	11.2	8.6	13.8
1 1 8 09 F	n-	1.96	2.03	2.15	2.47	1.78	1.84	1.92
	τ	0.18	0.10	0.10	0.02	0.09	0.17	0.06
	FS	2/6/1/1	0/7/0/0	2/1/0/0	0/0/0/3	1/6/0/0	4/3/0/0	4/5/1/0
	n	10	5	3	3	10	10	10
		393	395	387	401	391	396	395
I-1-W-69-F	ρ	8.6	14.9	0.8	9.2	13.0	13.0	8.8
1-1-W-09-L	-	1.58	1.57	1.59	2.20	1.32	1.49	1.63
	τ	0.17	0.22	0.01	0.06	0.13	0.19	0.08
	FS	7/1/2/0	3/1/1/0	1/1/1/0	2/1/0/0	5/0/5/0	5/2/3/0	7/3/0/0
	n	10	5	2	3	10	10	10
		412	402	401	414	403	398	406
I-1-W-89-F	ρ	8.1	10.4	6.4	10.8	9.4	7.5	7.5
1-1-W-09-L	-	1.57	1.61	1.72	2.12	1.46	1.53	1.72
	τ	0.11	0.05	0.06	0.09	0.16	0.14	0.10
	FS	1/9/0/0	2/2/1/0	1/1/0/0	1/2/0/0	2/6/2/0	4/6/0/0	2/4/4/0
	n	10	5	3	3	10	10	10
		406	403	399	402	406	410	410
I-2-S-69-F	ρ	8.1	11.7	8.7	2.8	12.1	13.7	15.3
1-2-5-09-F	-	1.79	1.87	1.86	2.20	1.56	1.66	1.88
	τ	0.10	0.27	0.13	0.02	0.14	0.16	0.26
	FS	4/3/1/2	1/2/0/2	1/0/0/2	0/3/0/0	8/1/0/1	8/1/1/0	8/2/0/0
	n	10	5	3	3	9	10	10
		419	412	399	433	406	410	413
I-0-C-00-E	ρ	11.5	12.4	3.3	6.2	7.2	4.7	11.0
I-2-S-89-F	-	2.02	2.00	2.30	2.74	1.70	1.85	2.04
	τ	0.12	0.37	0.05	0.10	0.11	0.19	0.16
	FS	1/4/4/1	1/4/0/0	1/2/0/0	1/1/1/0	1/7/1/0	4/5/1/0	3/5/2/0
		N 11.187	1.5- 1		1007 1 (. [3 T)	al ma	741+ 714V	

n:試験体数, ho:密度[kg/m³], au: せん断強さ[N/mm²], FS: 破壊形態

 ^{*} ρ と τ 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 (せん断破壊のみ) /SB (せん断と曲げの複合破壊) /B (曲げ破壊のみ) /O (その他) の数を示す

表 6-9 平使い試験体 供試体ごとの試験条件間の母平均の差の検定結果

						試験	条件		
試験条件	供試体	n	τ	4-R15	4-F5	4-F10	5-R9	5-F5	5-F10
				-5	-5	-5	-5	-5	-5
	I-1-S-69-F	10	1.61	ns	ns	***	*	ns	ns
	I-1-S-89-F	10	1.96	ns	ns	***	*	ns	ns
4 Do 💆	I-1-W-69-F	10	1.58	ns	ns	***	**	ns	ns
4-R9-5	I-1-W-89-F	10	1.57	ns	ns	***	ns	ns	**
	I-2-S-69-F	10	1.79	ns	ns	***	***	*	ns
	I-2-S-89-F	10	2.02	ns	**	***	***	*	ns
	I-1-S-69-F	6	1.58		ns	**	ns	ns	ns
	I-1-S-89-F	7	2.03		ns	***	***	*	**
4-D15-5	I-1-W-69-F	5	1.57		ns	**	*	ns	ns
4-R15-5	I-1-W-89-F	5	1.61		ns	***	ns	ns	ns
	I-2-S-69-F	5	1.87		ns	ns	*	ns	ns
	I-2-S-89-F	5	2.00		ns	*	*	ns	ns
	I-1-S-69-F	3	1.76			*	**	ns	ns
	I-1-S-89-F	3	2.15			**	***	*	***
4-T25-5	I-1-W-69-F	3	1.59			***	**	ns	ns
4-F5-5	I-1-W-89-F	2	1.72			**	ns	ns	ns
	I-2-S-69-F	3	1.86			*	**	ns	ns
	I-2-S-89-F	3	2.30			ns	***	**	*
	I-1-S-69-F	3	2.07				***	***	***
	I-1-S-89-F	3	2.47				***	***	***
4 E10 F	I-1-W-69-F	3	2.20				***	***	***
4-F10-5	I-1-W-89-F	3	2.12				***	***	***
	I-2-S-69-F	3	2.20				***	***	ns
	I-2-S-89-F	3	2.74				***	***	***
	I-1-S-69-F	7	1.44					**	**
	I-1-S-89-F	7	1.78					ns	**
* Do *	I-1-W-69-F	10	1.32					*	***
5-R9-5	I-1-W-89-F	10	1.46					ns	***
	I-2-S-69-F	10	1.56					ns	**
	I-2-S-89-F	9	1.70					*	***
	I-1-S-69-F	7	1.61						ns
	I-1-S-89-F	7	1.84						ns
F 177 F	I-1-W-69-F	10	1.49						ns
5-F5-5	I-1-W-89-F	10	1.53						**
	I-2-S-69-F	10	1.66						*
	I-2-S-89-F	10	1.85						*
	I-1-S-69-F	10	1.65						
	I-1-S-89-F	10	1.92						
F 1310 F	I-1-W-69-F	10	1.63						
5-F10-5	I-1-W-89-F	10	1.72						
	I-2-S-69-F	10	1.88						
	I-2-S-89-F	10	2.04						

n:試験体数, τ: せん断強さ[N/mm²], *: 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, ns: 有意水準 5%で有意差なし

5) ワンショットと 2 次接着の違いの影響を見ると, 単板構成 60-69 ではワンショット (I-1-S-69-F) よりも 2 次接着 (I-2-S-69-F) の方が, せん断強さがやや大きくなっていたのに対し, 単板構成 60-89 ではワンショット (I-1-S-89-F) と 2 次接着 (I-2-S-89-F) の間にほとんど差は見られなかった。ただし, I-2-S-69-F の方が I-1-S-69-F よりも密度が高くなっており, 単板構成 60-69 についてはその影響でせん断強さに差が出たと考えられる。破壊形態については I-2-S-89-F の 4-R9-5 で曲げ破壊が多くなったことを除けばワンショット・2 次接着間で大きな違いはなく, 2 次接着材料に同じ試験法を適用することについては, 何も問題ないと思われる。

6.4.2 縦使い方向試験体の検討結果

縦使い方向試験体の試験結果は表 6-10 の通りとなった。まず特筆すべきはいずれの条件でも破壊形態は全て曲げ破壊であり、縦使い方向のせん断強さを水平せん断試験法で評価するのは困難であるという結果となった。

また、LVL の日本農林規格に準拠し、支点板幅を変えた二つの試験条件 4-R15-10、4-R15-5の間の強度には差が見られず、CLT の日本農林規格に準拠し、支点板幅を変えた二つの試験条件 5-F10-10、5-F10-5の間でも強度の差が見られないという結果が得られ、縦使い方向の試験条件(スパン $400\sim500$ mm)では、支点板幅 50mm と 100mm の違いによる影響はないという結果となった。

6.5 まとめ

今回得られた平使い方向の試験の結果はあくまでも厚さ 60mm, スパン 240~300mm の結果であり, 一般的な CLT のように厚さが厚くなり, それに伴って試験時のスパンが長くなれば支点板の幅の影響はほとんど見られなくなること, 荷重点用治具が平板であってもさほど結果に影響がないことが予想される。逆に,試験対象合板の厚さがさらに薄くなると,今回の検討結果よりも,より支点板幅の影響・荷重点用治具の形状の影響が大きく出る可能性は否定できない。また荷重点用治具に曲板を使用する試験法では,試験対象合板の曲げ剛性および硬さにより,荷重点用治具端部が試験体に接触する荷重が異なってくるため,特に薄い合板の試験を行う場合,樹種や層構成の影響により試験がうまくできなくなる事態が発生する可能性も否定できない。

縦使い方向については今回の試験条件ではせん断破壊が起こらず、せん断強さを求めることを目的とした場合、この試験法を適用することは不適当という結論となったが、破壊 形態の観察を併用すれば品質管理試験としては問題無いと考える。

表 6-10 縦使い試験体 各供試体・各試験条件の試験結果

				試験条件		
供試体		4-R15	4-R15	4-F10	5-F10	5-F10
		-10	-5	-10	-10	-5
	n	5	5		5	5
		377	375		378	383
I-1-S-69-F	ρ	8.4	6.9		9.2	8.2
1 1 5 05 F	τ	2.82	2.69		2.58	2.49
		0.24	0.20		0.32	0.43
	FS	0/0/5/0	0/0/5/0		0/0/5/0	0/0/5/0
	n	5	5	3	5	5
	ρ	425	422	425	423	422
I-1-S-89-F	Р	9.3	9.8	11.7	9.9	12.0
110001	τ	2.93	3.03	3.60	2.58	2.68
		0.28	0.13	0.21	0.16	0.16
	FS	0/0/5/0	0/0/5/0	0/0/5/0	0/0/5/0	0/0/5/0
	n	5	5		5	5
	ρ	395	396		399	403
I-1-W-69-F	Р	9.0	10.8		11.8	9.8
11 W 03 F	τ	2.30	2.28		2.04	2.30
		0.27	0.34		0.34	0.31
	FS	0/0/5/0	0/0/5/0		0/0/5/0	0/0/5/0
	n	5	5		5	5
	ρ	404	409		408	412
I-1-W-89-F	Р	10.8	11.7		12.6	15.5
11 11 00 1	τ	2.51	2.76		2.42	2.58
		0.41	0.51		0.19	0.31
	FS	0/0/5/0	0/0/5/0		0/0/5/0	0/0/5/0
	n	5	5		5	5
	ρ	406	405		404	412
I-2-S-69-F	Р	7.9	13.7		10.6	13.3
120001	τ	3.10	3.24		3.10	3.03
		0.24	0.34		0.24	0.22
	FS	0/0/5/0	0/0/5/0		0/0/5/0	0/0/5/0
	n	5	5		5	5
	ρ	418	416		416	415
I-2-S-89-F	Р	14.3	9.5		10.0	8.6
120001	τ	2.89	2.88		2.77	2.64
		0.30	0.20		0.38	0.24
	FS	0/0/5/0	0/0/5/0		0/0/5/0	0/0/5/0

n:試験体数, ρ :密度[kg/m³], τ : せん断強さ[N/mm²], FS: 破壊形態

[※] FS の欄の数値は、前から順番に S (せん断破壊のみ) /SB (せん断と曲げの複合破壊) /B (曲げ破壊のみ) /O (その他) の数を示す

7. 接着性能の評価

7.1 はじめに

超厚合板は単板を多層にわたって直交積層・接着して製造することから、その接着工程の適切な管理と接着性能の評価は、安定した性能を持つ製品を生産する上で重要な因子と考えられる。現段階で、超厚合板の接着性能の把握や評価方法の検証を進めるには、既存の木質材料の材料規格における評価方法を適用することが手段の一つとして考えられる。本事業では、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の接着性能評価方法を超厚合板に適用し、接着性能の把握と評価方法の適用性について検証した。

7.2 試験方法

単板積層材の JAS 規格において構造用単板積層材の接着の程度の判定に用いられる剝離試験(煮沸処理、減圧加圧処理及び冷水浸せき処理。いずれも2回繰り返し。)を行った。

本事業で試作した超厚合板の原板 1 枚から、各処理それぞれ 2 片ずつ試験片を採取した(図 7-1)。試験片の採取例を図 7-2 に示す。試験片のサイズは 75×75×厚さ (mm) とした。各処理の繰返し毎に接着層に生じた剝離長さを測定し、接着層長さに対する剝離率を算出した。試験は、日本合板検査会の協力の下で実施した。章末には日本合板検査会の了承を受け、成績書の写しを掲載することとする。



図 7-1 接着剝離試験片 (75mm×75mm×厚さ144mm)

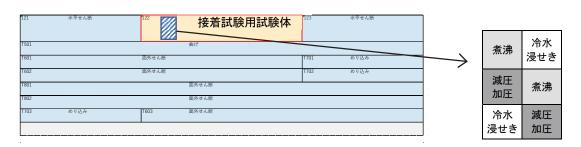


図 7-1 超厚合板原板における接着試験片採取位置の例(ヒノキ、カラマツ)

7.3 試験結果

7.3.1 厚さ 144mm のスギ、ヒノキ及びカラマツ超厚合板の接着性能

単板にスギ、ヒノキ及びカラマツを用いた厚さ 144mm の超厚合板の接着剝離試験の結果を表 7-1 に示す。なお参考として、昨年度実施したスギ超厚合板 (単板ヤング係数 6.0-6.9 及び 6.0-8.9kN/mm²) の接着剝離試験の結果も併せて掲載する。試験片全体の剝離率は、単板樹種及び単板ヤング係数に依らず、いずれも 1%以下の低い値となった。また処理を繰り返すことで剝離率がわずかに増加するものもあったが、全体が低い値であるため明確な傾向は確認されなかった。単板積層材の JAS 規格の基準 (5%以下) を目安として比較しても、いずれも超過しない結果となった。すなわち、本事業で用いた製造方法による超厚合板では良好な接着性能が得られることが示唆される。表 7-2 に接着剝離試験による同一接着層の剝離測定結果を示す。単板積層材の JAS 規格では、接着剝離試験による同一接着層

の剝離は「同一接着層における剝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。超厚合板の剝離の傾向を把握するため、今回の 試験結果にこの基準を適用した。その結果、スギ超厚合板では超過した接着層数は単板ヤング係数 6.0-6.9 において 1 ないし 2 であったが、ヒノキ及びカラマツ超厚合板ではスギと比較して多い結果となり、特に単板ヤング係数が高い方が多く出現した。単板積層材の基準値を適用することが適切かどうかは今後の検討が必要であるため、今回の結果から一概に接着の良否を論じることはできないが、同一接着層における剝離の測定により、超厚合板の接着剝離における単板樹種の依存性や剝離の出現頻度を把握することができた。

表 7-1 接着剝離試験による厚さ 144mm 超厚合板の試験片全体の剝離率

<i>></i> 7₹ ٢ ⊏-	単板ヤング	接	接着剝離試験による試験片全体の剝離率(%)*1							
単板樹種	係数	減圧	加圧	煮	沸	冷水浸	曼せき			
1四7里	(kN/mm ²)	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目			
	選別なし	0.0	0.0	0. 1	0.1	0.0	0. 1			
スギ	6.0以上	0. 1	0. 1	0.0	0.1	0.1	0.2			
74	6. 0-6. 9	0. 1	0. 1	0.0	0.1	0.0	0.0			
	6.0-8.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0			
ヒノキ	9.0-9.9	0.1	0.3	0. 1	0.3	0.0	0.1			
L/4	9. 0-11. 9	0.4	0.6	0.7	0.7	0.6	0.8			
カラマツ	12. 0-12. 9	0.2	0.3	0.2	0.3	0.1	0.1			
	12. 0-14. 9	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5			

*1: 平均値。試験片数は下記の通り。

スギ (6.0-6.9、6.0-8.9)、ヒノキ、カラマツ:8片、スギ (選別なし6.0以上):10片

表 7-2 接着剝離試験による厚さ 144mm 超厚合板の同一接着層における剝離の結果

次 · 1									
単板	単板ヤング	剝離長さが接着層長さの 1/4 を超えた同一接着層数 及び試験片数*1							
樹種	係数 (kN/mm²)	減圧	加圧	煮	沸	冷水泡	曼せき		
	(KIV/ IIIIII)	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目		
	選別なし	1(1)	1(1)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)		
スギ	6.0以上	0(0)	1(1)	0(0)	1(1)	1(1)	4(4)		
77	6. 0-6. 9	1(1)	2(2)	0(0)	1(1)	1(1)	1(1)		
	6.0-8.9	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)		
ヒノキ	9.0-9.9	1(1)	1(1)	0(0)	4(3)	0(0)	1(1)		
L / 9	9. 0-11. 9	6(3)	9(3)	12(4)	12(4)	7(4)	12 (5)		
カラマツ	12. 0-12. 9	2(2)	3(3)	2(2)	4(2)	2(2)	2(2)		
~ / * /	12. 0-14. 9	7(4)	9(4)	4(3)	4(3)	6 (4)	7 (4)		

*1:括弧内は同一接着層において接着層長さの1/4を超えた長さの剝離を生じた試験片数。

7.3.2 厚さ 60mm のスギ超厚合板の接着性能

厚さ 60mm のスギ超厚合板の接着剝離試験の結果を表 7-3 に示す。試験片全体の剝離率は、ほとんどが 1%以下の低い値であり、前項と同様に単板積層材の JAS 規格の基準 (5%以下)を目安として比較しても、いずれも超過しない結果となった。表 7-4 に接着剝離試験による同一接着層の剝離測定結果を示す。前項と同様に単板積層材の JAS 規格の基準を目安として検証した。同一接着層の剝離において、単板の配向や単板ヤング係数の明確な影響は確認されなかった。また、特に減圧加圧及び冷水浸せきの繰返し 2 回目と煮沸においては、一部の試験体においてやや剝離を多く生じており、同一接着層数や試験片数が大きな値を示すものがあった。同一接着層の剝離がやや多くなる傾向は、単板を直交積層することで構成される超厚合板の特徴である可能性が考えられる。この特徴を踏まえて評価を行うには、今回適用した熱及び水分履歴を繰り返し与えるような性能評価方法が有用であると同時に、基準値や合格判定基準について検討が必要であることが明らかとなった。加えて、本結果を踏まえて今回の試験体試作工程を検証した結果、直交単板の積層等の接着工程における堆積時間の確保にやや困難があることが把握できた。これは今後、実生産を進める上での注意点と考えられる。

表 7-3 接着剝離試験による厚さ 60mm スギ超厚合板の試験片全体の剝離率

77. TC	単板ヤング	接着剝離試験による試験片全体の剝離率(%)*1							
単板 構成	係数	減圧	加圧	煮	沸	冷水池	曼せき		
行的人	(kN/mm^2)	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目		
19 プライ	6.0-6.9	0.0	0.5	0.3	0.5	0.1	0.2		
正寸	6.0-8.9	0.4	1.0	0.8	0.8	0.4	0.8		
19 プライ	6. 0-6. 9	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2		
逆寸	6.0-8.9	0. 1	0.1	0.6	0.7	0.1	0.3		
21 プライ	6.0-6.9	0.6	1.2	0.9	1.3	0.2	1. 3		
正寸	6. 0-8. 9	0. 1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3		

*1: 平均値。試験片数はいずれも10片。

表 7-4 接着剝離試験による厚さ 60mm スギ超厚合板の試験片全体の剝離率

単板 単板ヤンク 係数		剝離	剝離長さが接着層長さの 1/4 を超えた同一接着層数 及び試験片数*1						
構成	1糸釵 (kN/mm²)	減圧	加圧	煮	:沸	冷水液	曼せき		
	(KIV/ mm²)		2回目	1回目	2回目	1回目	2回目		
19 プライ	6.0-6.9	0(0)	4(3)	3(3)	3(3)	1(1)	1(1)		
正寸	6.0-8.9	2(2)	12(4)	9(2)	9(2)	5(3)	7 (4)		
19 プライ	6.0-6.9	0(0)	1(1)	2(2)	2(2)	0(0)	2(2)		
逆寸	6.0-8.9	1(1)	1(1)	6(3)	6(3)	0(0)	1(1)		
21 プライ	6.0-6.9	8 (5)	15 (5)	9(4)	13 (4)	2(2)	17(8)		
正寸	6.0-8.9	1(1)	1(1)	0(0)	0(0)	0(0)	2(1)		

*1:括弧内は同一接着層において接着層長さの1/4を超えた長さの剝離を生じた試験片数。

以上により、本事業における試験体試作と接着性能の評価から、超厚合板の実生産における工程の手順や管理方法における課題ならびに性能評価の検討項目を抽出することができた。

7.3.3 剝離の発現に関する考察

前項までの接着剝離試験での剝離の測定においては、試験片側面からの深さが比較的浅い剝離が多く観察された。一例として、図 7-3 にヒノキ超厚合板の接着剝離試験後の試験片について、剝離が観察された箇所を接着層に沿って割った試験片断面を示す。図中枠内が剝離の深さ約 1mm の箇所である。前項までの同一接着層の剝離が散見された結果を踏まえると、超厚合板の特徴的な現象と考えられる。

単板が直交積層されている場合、接着層付近における単板の水分変化による膨潤収縮応力が平行積層の場合よりも大きく、剝離をしやすい可能性が考えられる。しかし同時に、単板に存在する裏割れが開閉することでそれが吸収・緩和される機構も予想される。これには単板厚さ・構成等の種々の製造条件も影響することが考えられる。したがって、本事業で実施した単板積層材の JAS 規格における接着性能評価方法と基準値を超厚合板に適用することについては、今後さらなる検討が必要と考えられる。

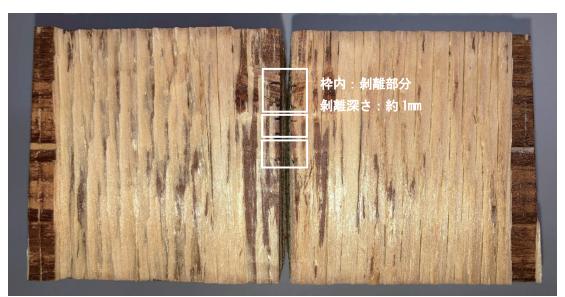


図 7-3 接着剝離試験後に剝離が観察された箇所を接着層に沿って割った試験片断面の例 (ヒノキ超厚合板)

7.4 まとめ

本事業で製造した超厚合板について、単板積層材のJAS 規格の構造用単板積層材に規定される接着剝離試験を適用した結果、試験片全体の剝離率は低いことから、本事業で用いた製造条件においては良好な接着が得られることが示唆された。一方、特に同一接着層における剝離の評価については、判断基準や試験結果の判定について今後も検討が必要であると考えられる。



JAPAN PLYWOOD INSPECTION CORPORATION

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

発行番号 第 T-21- 495 号

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

内海貴

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。

超厚合板(試作品)

[試料内容]

ワンショット: 41プライ(全層直交、平行層無し)

供試品名 二次接着

: 42プライ(厚物合板24mm7プライ×6枚積層,2次接着層5層)

単板樹種: ヒノキ, カラマツ

試験片数: 64 個 減圧加圧剝離試験(2回繰り返し)

64 個 煮沸剝離試験(2回繰り返し)

64 個 冷水浸せき剝離試験(2回繰り返し)

160個 ブロックせん断試験試験

試料の抽出 日本合板工業組合連合会

受付年月日 令和3年9月29日

試験期間 自: 令和3年10月18日 至: 令和3年11月18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,冷水浸せき剝離試験,ブロックせん断試験

試験結果 別添のとおり.

試験担当 榮澤純二

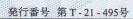
備

1. 訂正箇所に本会の訂正印のないものは無効です。

2. 供試品の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。

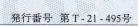
3. この結果は材料並びに製品の品質・性能を保証するものではありません。

4. この成績書は依頼者宛に発行したものです。



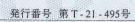


				減圧加圧剝劑	能試験			
処理	試験片No.	同一接着層の 最大剝離長さ	4側面における全	接着層の剝離長さ	試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ	4側面における全	接着層の剝離長
回数	p=4/d207 140.	(mm)	合計(mm)	剝離率(%)	武陽東力 No.	取入羽離女さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	H1L122-2	0	0	0.0	K1L122-2	15	21	0.2
	H1L122-6	0	0	0.0	K1L122-6	9	15	0.1
	H1L125-2	10	10	0.1	K1L125-2	25	59	0.5
	H1L125-6	5	5	0.0	K1L125-6	18	31	0.3
	H1L128-2	15	30	0.3	K1L128-2	0	0	0.0
	H1L128-6	34	46	0.4	K1L128-6	0	0	0.0
eli .	H1L131-2	9	18	0.2	K1L131-2	0	0	0,0
	H1L131-6	5	9	0.1	K1L131-6	25	25	0.2
	H1H122-2	11	22	0.2	K1H122-2	13	18	0.2
	H1H122-6	19	27	0,2	K1H122-6	13	13	0.1
	H1H125-2	15	15	0.1	K1H125-2	28	76	0.6
	H1H125-6	8	17	0.1	K1H125-6	24	132	1,1
	H1H128-2	8	8	0.1	K1H128-2	23	38	0.3
1	H1H128-6	0	0	0.0	K1H128-6	12	12	0.1
回	H1H131-2	64	151	1.3	K1H131-2	65	76	0.6
実	H1H131-6	48	143	1.2	K1H131-6	4	4	0.0
施	H2L102-2	16	23	0.2	K2L102-2	39	64	0,5
後	H2L102-6	17	40	0.3	K2L102-6	23	65	0.5
	H2L105-2	30	117	1.0	K2L105-2	12	21	0.2
	H2L105-6	60	98	0.8	K2L105-6	0	0	0.0
	H2L108-2	0	0	0.0	K2L108-2	0	0	0.0
	H2L108-6	27	33	0.3	K2L108-6	0	0	0.0
	H2L111-2	0	0	0.0	K2L111-2	21	21	0.2
	H2L111-6	0	0	0.0	K2L111-6	0	0	0.0
	H2H102-2	0	0	0.0	K2H102-2	15	19	0.2
	H2H102-6	9	18	0,1	K2H102-6	24	51	0.4
	H2H105-2	28	37	0.3	K2H105-2	23	153	1.2
	H2H105-6	0	0	0.0	K2H105-6	33	132	1.1
	H2H108-2	25	55	0.4	K2H108-2	0	0	0.0
	H2H108-6	8	13	0.1	K2H108-6	9	20	0.2
	H2H111-2	75	181	1.5	K2H111-2	0	0	0.0
	H2H111-6	75	175	1.4	K2H111-6	0	0	0.0
	H1L122-2	7	12	0.1	K1L122-2	15	21	0.2
	H1L122-6	0	0	0.0	K1L122-6	9	15	0,1
	H1L125-2	13	25	0.2	K1L125-2	25	59	0.5
	H1L125-6	10	10	0.1	K1L125-6	18	31	0.3
	H1L128-2	18	93	0.8	K1L128-2	0	0	0.0
	H1L128-6	42	91	0.8	K1L128-6	5	5	0,0
	H1L131-2	11	42	0.4	K1L131-2	30	30	0.3
	H1L131-6	8	28	0.2	K1L131-6	25	29	0.2
	H1H122-2	18	32	0.3	K1H122-2	13	18	0.2
	H1H122-6	43	64	0.5	K1H122-6	13	13	0.1
	H1H125-2	15	24	0.2	K1H125-2	28	109	0.9
	H1H125-6	10	36	0.3	K1H125-6	24	148	1.2
	H1H128-2	8	8	0.1	K1H128-2	23	38	0.3
2	H1H128-6	0	0	0.0	K1H128-6	12	12	0.1
<u></u>	H1H131-2	64	207	1.7	K1H131-2	65	76	0.6
実	H1H131-6	53	219	1.8	K1H131-6	9	13	0.1
施	H2L102-2	18	25	0.2	K2L102-2	34	59	0.5
後	H2L102-6	17	44	0.4	K2L102-6	23	65	0.5
	H2L105-2	32	135	1,1	K2L105-2	25	47	0.4
	H2L105-6	64	107	0.9	K2L105-6	0	0	0.0
	H2L108-2	14	14	0.1	K2L108-2	0	0	0.0
	H2L108-6	27	52	0.4	K2L108-6	15	15	0.1
	H2L111-2	0	0	0.0	K2L111-2	21	21	0.2
	H2L111-6	0	0	0.0	K2L111-6	0	0	0.0
	H2H102-2	12	12	0,1	K2H102-2	15	19	0.2
	H2H102-6	19	45	0.4	K2H102-6	27	69	0.6
	H2H105-2	28	47	0.4	K2H105-2	23	184	1.5
	H2H105-6	0	0	0.0	K2H105-6	33	183	1.5
	H2H108-2	25	55	0.4	K2H108-2	0	0	0.0
	H2H108-6	10	23	0.2	K2H108-6	15	26	0.2
	H2H111-2	75	207	1.7	K2H111-2	10	17	0.1
	H2H111-6	75	193	1.6	K2H111-6	32	32	0.3





				煮沸剝離詞	-Vieloc			
処理	試験片No.	同一接着層の 最大剝離長さ	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	4側面における全	接着層の剝離長さ
回数	P-Vige/1110.	(mm)	合計(mm)	剝離率(%)	武陂月100.	取入羽鹿女合 (mm)	合計(mm)	剝離率(%)
		0	0	0.0	K1L122-1	0	0	0.0
	Contract Con	0	0	0.0	K1L122-5	0	0	0.0
		0	0	0.0	K1L125-1	37	47	0.4
		8	16	0.0	K1L125-5	27	27	0.2
		16	16	0.1	K1L128-1 K1L128-5	0	0	0.0
		16	29	0.1	K1L120-3	0	0	0.0
		14	14	0.1	K1L131-5	16	16	0.0
	H1H122-1	30	30	0.3	K1H122-1	0	0	0.0
	H1H122-5	46	72	0.6	K1H122-5	10	10	0.1
		46	46	0.4	K1H125-1	12	12	0.1
	The second secon	0	0	0.0	K1H125-5	48	53	0.4
		15	15	0.1	K1H128-1	12	20	0.2
1	A Sales and the sales are sales ar	0 41	113	0.0	K1H128-5	24	49	0.4
回		57	222	1.9	K1H131-1 K1H131-5	0	0	0.0
実 #		0	0	0.0	K2L102-1	64 49	109	0.9
施後		6	6	0.0	K2L102-1	52	118	1.0
150	The second secon	15	15	0.1	K2L105-1	47	64	0.5
	H2L105-5	75	154	1.3	K2L105-5	0	0	0.0
		15	15	0.1	K2L108-1	0	0	0,0
		0	0	0.0	K2L108-5	7	7	0.1
		0	0	0.0	K2L111-1	0	0	0.0
		0	0	0.0	K2L111-5	0	0	0.0
		68	68	0.0	K2H102-1	0	0	0.0
		13	20	0.6	K2H102-5 K2H105-1	18 30	41 75	0,3
		38	38	0.3	K2H105-1	29	99	0.6
		8	8	0.1	K2H108-1	12	23	0.2
	H2H108-5	0	0	0.0	K2H108-5	18	41	0.3
	H2H111-1	37	82	0.7	K2H111-1	20	33	0.3
	THE RESERVE TO THE PARTY OF THE	75	202	1.6	K2H111-5	10	14	0.1
		0	0	0.0	K1L122-1	5	5	0,0
	A CONTRACTOR OF THE PROPERTY O	0	0	0,0	K1L122-5	6	6	0.1
		0	0	0.0	K1L125-1	37	47	0.4
	H1L123-3	0 45	72	0.0	K1L125-5	31	105	0.9
	H1L128-5	28	73	0.6	K1L128-1 K1L128-5	0	0	0.0
	H1L131-1	25	59	0.5	K1L128-3	16	16	0.0
	H1L131-5	17	31	0.3	K1L131-5	16	16	0.1
	H1H122-1	30	30	0.3	K1H122-1	11	11	0.1
	H1H122-5	46	72	0.6	K1H122-5	10	10	0.1
	H1H125-1	0	0	0.0	K1H125-1	14	44	0.4
	H1H125-5	0	0	0.0	K1H125-5	48	72	0.6
I I	H1H128-1	15	30	0.3	K1H128-1	12	20	0.2
2	H1H128-5	0	0	0.0	K1H128-5	24	49	0.4
回	H1H131-1 H1H131-5	41 57	174 251	1.5	K1H131-1	0	0	0.0
実	H2L102-1	5	5	2.1 0.0	K1H131-5 K2L102-1	64 49	109	0.9
施後	H2L102-5	21	27	0.0	K2L102-1 K2L102-5	52	66 118	0.5 1.0
区	H2L105-1	19	40	0.3	K2L102-3	49	80	0.7
	H2L105-5	75	234	1.9	K2L105-5	25	25	0.7
	H2L108-1	15	15	0.1	K2L108-1	16	37	0.3
	H2L108-5	10	10	0.1	K2L108-5	11	11	0.1
	H2L111-1	0	0	0.0	K2L111-1	0	0	0.0
	H2L111-5	0	0	0.0	K2L111-5	7	7	0.1
	H2H102-1	0	0	0.0	K2H102-1	21	47	0.4
	H2H102-5 H2H105-1	68	80	0.7	K2H102-5	18	43	0.3
	H2H105-1 H2H105-5	22 38	42 48	0.3	K2H105-1 K2H105-5	54 29	273	2.2
	H2H108-1	26	51	0.4	K2H103-3 K2H108-1	31	115 63	0.9
	H2H108-5	0	0	0.0	K2H108-5	24	75	0.5
	H2H111-1	51	102	0.8	K2H111-1	20	55	0.6
	H2H111-5	75	218	1.8	K2H111-5	29	120	1.0





処理 同一接着層の 4側面における全接着層の剝離長さ 同一接着層の 4側面における全接着層の								
処理 回数	試験片No.	最大剝離長さ			試験片No	最大剝離長さ		
	H1L122-3	(mm) 0	合計(mm) 0	剝離率(%)	K11 100 2	(mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	H1L122-4	0	0	0.0	K1L122-3 K1L122-4	6 20	6 29	0.1
	H1L125-3	0	0	0.0	K1L122-4 K1L125-3	19	19	0.2
	H1L125-4	0	0	0.0	K1L125-4	14	18	0.2
	H1L128-3	0	0	0.0	K1L128-3	0	0	0.0
	H1L128-4	15	15	0.1	K1L128-4	0	0	0.0
	H1L131-3	0	0	0.0	K1L131-3	0	0	0,0
	H1L131-4	0	0	0,0	K1L131-4	0	0	0.0
	H1H122-3	8	14	0.1	K1H122-3	37	37	0.3
	H1H122-4	0	0	0.0	K1H122-4	4	4	0.0
	H1H125-3	20	20	0.2	K1H125-3	35	106	0.9
	H1H125-4	13	13	0.1	K1H125-4	7	13	0.1
	H1H128-3	40	46	0.4	K1H128-3	0	0	0.0
1	H1H128-4	0	0	0.0	K1H128-4	46	54	0.5
	H1H131-3	70	83	0.7	K1H131-3	11	21	0.2
実	H1H131-4 H2L102-3	55	205	1.7	K1H131-4	40	92	0.8
施	H2L102-3 H2L102-4	28	37	0.0	K2L102-3	25	25	0.2
後	H2L102-4 H2L105-3	0	0	0.3	K2L102-4	5 9	5	0.0
	H2L105-4	10	10	0.0	K2L105-3 K2L105-4		9	0.1
	H2L108-3	24	45	0.1	K2L103-4 K2L108-3	0	0	0.0
	H2L108-4	33	33	0.3	K2L108-3	16	0	0.2
	H2L111-3	0	0	0.0	K2L108-4 K2L111-3	0	0	0.0
	H2L111-4	0	0	0.0	K2L111-3	0	0	0.0
	H2H102-3	0	0	0.0	K2H102-3	0	0	0.0
	H2H102-4	24	24	0.2	K2H102-3	12	25	0.0
	H2H105-3	26	44	0.4	K2H105-3	57	91	0.2
	H2H105-4	12	20	0.2	K2H105-4	0	0	0.0
	H2H108-3	38	38	0.3	K2H108-3	11	-11	0.1
	H2H108-4	5	5	0.0	K2H108-4	0	0	0.0
	H2H111-3	30	53	0.4	K2H111-3	0	0	0.0
	H2H111-4	25	63	0.5	K2H111-4	0	0	0.0
	H1L122-3	0	0	0.0	K1L122-3	6	6	0.1
	H1L122-4	12	12	0.1	K1L122-4	20	29	0.2
	H1L125-3	5	5	0.0	K1L125-3	19	19	0.2
	H1L125-4	0	0	0.0	K1L125-4	14	18	0.2
	H1L128-3	0	0	0.0	K1L128-3	0	0	0.0
	H1L128-4	25	25	0.2	K1L128-4	0	0	0.0
	H1L131-3	14	23	0.2	K1L131-3	0	0	0,0
	H1L131-4	12	12	0.1	K1L131-4	0	0	0.0
	H1H122-3	8	14	0.1	K1H122-3	37	37	0.3
	H1H122-4	25	32	0.3	K1H122-4	4	4	0.0
	H1H125-3 H1H125-4	20 13	20 13	0,2	K1H125-3	35	120	1.0
	H1H128-3	10	46	0.1	K1H125-4	7	13	0.1
	H1H128-4	0.	0	0.4	K1H128-3	0	0	0.0
2	H1H131-3	70	120	1.0	K1H128-4 K1H131-3	46 11	54	0.5
回	H1H131-4	55	330	2.8	K1H131-4	40	92	0.2
実	H2L102-3	0	0	0.0	K2L102-3	2.5	25	0.8
施後	H2L102-4	28	37	0.3	K2L102-4	5	5	0.2
	H2L105-3	24	24	0.2	K2L105-3	9	9	0.1
	H2L105-4	47	103	0.8	K2L105-4	0	0	0.0
	H2L108-3	24	45	0.4	K2L108-3	16	21	0.2
	H2L108-4	33	33	0.3	K2L108-4	0	0	0.0
	H2L111-3	0	0	0.0	K2L111-3	0	0	0.0
	H2L111-4	0	0	0.0	K2L111-4	0	0	0.0
	H2H102-3	0	0	0.0	K2H102-3	0	0	0.0
	H2H102-4	39	39	0.3	K2H102-4	12	28	0.2
	H2H105-3	26	53	0.4	K2H105-3	75	119	1.0
	H2H105-4	12	20	0.2	K2H105-4	10	19	0.2
	H2H108-3	38	50	0,4	K2H108-3	11	11	0.1
	H2H108-4	5 42	5 82	0.0	K2H108-4	0	0	0.0
	H2H111-3			0.7	K2H111-3	0		



						発行番号 第	T - 21 - 495号
			ブロックセ	ん断試験			
試験片	せん断強さ (MPa)	試験片	せん断強さ (MPa)	試験片	せん断強さ (MPa)	試験片	せん断強さ (MPa)
H2L102-01	7.0	H2H102-01	7.2	K2L102-01	5.5	K2H102-01	7.1
H2L102-02	6.6	H2H102-02	7.9	K2L102-02	6.1	K2H102-02	6.2
H2L102-03	5.7	H2H102-03	8.3	K2L102-03	8.6	K2H102-03	7.1
H2L102-04	6.7	H2H102-04	8.0	K2L102-04	8.8	K2H102-04	5,4
H2L102-05	7.4	H2H102-05	8.8	K2L102-05	6.7	K2H102-05	6.3
H2L102-16	7.6	H2H102-16	7.3	K2L102-16	7.4	K2H102-16	3.0
H2L102-17	7.8	H2H102-17	8.2	K2L102-17	6.5	K2H102-17	5,2
H2L102-18	7.8	H2H102-18	7.9	K2L102-18	6.2	K2H102-18	5.3
H2L102-19	8.4	H2H102-19	8.9	K2L102-19	7.2	K2H102-19	5.7
H2L102-20	7.5	H2H102-20	7.9	K2L102-20	3.9	K2H102-20	3.9
H2L105-01	8.4	H2H105-01	9.1	K2L105-01	4.9	K2H105-01	4,3
H2L105-02	5.9	H2H105-02	8.4	K2L105-02	6.6	K2H105-02	7.0
H2L105-03	8.2	H2H105-03	7.9	K2L105-03	4.8	K2H105-03	4.7
H2L105-04	6.9	H2H105-04	7.1	K2L105-04	6.0	K2H105-04	7.9
H2L105-05	7.5	H2H105-05	8.7	K2L105-05	5.7	K2H105-05	3.5
H2L105-16	6.8	H2H105-16	7.8	K2L105-16	5.5	K2H105-16	5.5
H2L105-17	5.5	H2H105-17	8.3	K2L105-17	7.7	K2H105-17	4.5
H2L105-18	6.7	H2H105-18	8.0	K2L105-18	5.0	K2H105-18	5,8
H2L105-19	7.1	H2H105-19	6.7	K2L105-19	5.5	K2H105-19	7.2
H2L105-20	6.7	H2H105-20	8.7	K2L105-20	6.7	K2H105-20	3.5
H2L108-01	6.8	H2H108-01	8.3	K2L108-01	8.3	K2H108-01	6.5
H2L108-02	6.3	H2H108-02	7.9	K2L108-02	8.6	K2H108-02	6,6
H2L108-03	6.5	H2H108-03	7.9	K2L108-03	5.4	K2H108-03	6.4
H2L108-04	7.5	H2H108-04	9.0	K2L108-04	7.8	K2H108-04	7.4
H2L108-05	7.8	H2H108-05	8.2	K2L108-05	7.4	K2H108-05	7.5
H2L108-16	7.2	H2H108-16	8.3	K2L108-16	7.2	K2H108-16	5.1
H2L108-17	8.0	H2H108-17	7.5	K2L108-17	6.3	K2H108-17	5.1
H2L108-18	4.7	H2H108-18	9.3	K2L108-18	9.6	K2H108-18	6.7
H2L108-19	7.4	H2H108-19	9.4	K2L108-19	11.2	K2H108-19	7.1
H2L108-20	7.4	H2H108-20	8.2	K2L108-20	6.8	K2H108-20	7.6
H2L111-01	6.3	H2H111-01	7.8	K2L111-01	6.3	K2H111-01	5.3
H2L111-02	7.7	H2H111-02	8.1	K2L111-02	7.1	K2H111-02	5.5
H2L111-03	6.3	H2H111-03	7.8	K2L111-03	7.2	K2H111-03	6.9
H2L111-04	7.2	H2H111-04	7.7	K2L111-04	8.5	K2H111-04	6,2
H2L111-05	6.6	H2H111-05	7.9	K2L111-05	7,1	K2H111-05	5.9
H2L111-16	6.1	H2H111-16	6.7	K2L111-16	4.0	K2H111-16	6.3
H2L111-17	7.8	H2H111-17	7.5	K2L111-17	9.1	K2H111-17	7.5
H2L111-18	5.5	H2H111-18	9.4	K2L111-18	6.3	K2H111-18	6.5
H2L111-19	6.3	H2H111-19	6.7	K2L111-19	8.4	K2H111-19	8.1
H2L111-20	6.6	H2H111-20	6.5	K2L111-20	7.2	K2H111-20	8.0



JAPAN PLYWOOD INSPECTION CORPORATION

試 験 成 績 書

(一般依賴試験)

依頼者:

日本合板工業組合連合会

T-21- 782 号 発 行 番 号 第

発行年月日 令 和 4 年 3 月 3 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

内海費。

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。

超厚合板(試作品)

[試料内容]

ワンショット: 19プライ(全層直交層、平行層無し),18接着層

供試品名

二次接着

: 18プライ(厚物合板30mm9プライ×2枚積層), 17接着層(うち二次

接着層×1)

単板樹種

: スギ, 単板ヤング係数:2水準

試験片数

60 個 減圧加圧剝離試験(2回繰り返し) 60 個 煮沸剝離試験(2回繰り返し)

60 個 冷水浸せき剝離試験(2回繰り返し)

試料の抽出 日本合板工業組合連合会

受付年月日 令和4年1月27日

試験期間 自:令和4年2月7日

至: 令和4年2月18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, 冷水浸せき剝離試験

試験結果 別添のとおり、

試験担当

備

1. 訂正箇所に本会の訂正印のないものは無効です。

2. 供試品の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。

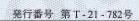
3. この結果は材料並びに製品の品質・性能を保証するものではありません。

4. この成績書は依頼者宛に発行したものです。



発行番号 第 T - 21 - 782号

				减圧加圧剝离	能試験			
処理	試験片No.	同一接着層の	4側面における全	接着層の剝離長さ	AND User	同一接着層の	4側面における全担	接着層の剝離長
回数	武學人力 INO.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)	試験片No.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	3NL101-2	7	7	0.1	3RH101-2	0	0	0.0
	3NL101-6	9	9	0.2	3RH101-6	4	4	0.1
	3NL201-2	0	0	0.0	3RH201-2	0	0	0.0
	3NL201-6	0	0	0.0	3RH201-6	0	0	0.0
	3NL301-2	0	0	0.0	3RH301-2	0	0	0.0
	3NL301-6	0	0	0.0	3RH301-6	5	5	0,1
	3NL401-2	0	0	0.0	3RH401-2	0	0	0.0
	3NL401-6	0	0	0.0	3RH401-6	21	21	0.4
	3NL501-2	0	0	0.0	3RH501-2	0	0	0.0
	3NL501-6	0	0	0.0	3RH501-6	0	0	0.0
	3NH101-2	11	11	0.2	4L101-2	4	4	0.1
	3NH101-6	35	99	1.8	4L101-6	19	26	0.5
1	3NH201-2	0	0	0.0	4L201-2	0	0	0.0
	3NH201-6	0	0	0.0	4L201-6	25	31	0.6
実	3NH301-2	0	0	0.0	4L301-2	14	14	0.3
施	3NH301-6 3NH401-2	0	0	0.0	4L301-6	0	0	0.0
後	3NH401-2 3NH401-6	0	0	0.0	4L401-2	35	35	0.7
2-11-11-1	3NH501-2	16	21	0.0	4L401-6	71	85	1.7
	3NH501-6	75	83	1.5	4L501-2 4L501-6	8	8	0.2
	3RL101-2	0	0	0.0	4H101-2	63	63	1.2
	3RL101-6	0	0	0.0	4H101-2	42	1313115, 7313151	0.0
	3RL201-2	0	0	0.0	4H101-0	0	71	1.4
	3RL201-6	0	0	0.0	4H201-6	0	0	0.0
	3RL301-2	0	0	0.0	4H301-2	9	18	0.0
	3RL301-6	0	0	0.0	4H301-6	0	0	0.0
	3RL401-2	5	5	0.1	4H401-2	0	0	0.0
	3RL401-6	0	0	0.0	4H401-6	0	0	0.0
	3RL501-2	0	0	0.0	4H501-2	0	0	0.0
	3RL501-6	6	6	0.1	4H501-6	0	0	0.0
	3NL101-2	40	78	1.4	3RH101-2	6	6	0.1
	3NL101-6	45	89	1.6	3RH101-6	4	4	0.1
	3NL201-2	10	24	0.4	3RH201-2	0	0	0.0
Length	3NL201-6	71	71	1.3	3RH201-6	0	0	0.0
	3NL301-2	0	0	0.0	3RH301-2	0	0	0.0
	3NL301-6	12	12	0.2	3RH301-6	5	5	0.1
	3NL401-2	0	0	0.0	3RH401-2	0	0	0.0
	3NL401-6	0	0	0.0	3RH401-6	21	21	0.4
	3NL501-2	12	12	0.2	3RH501-2	0	0	0.0
	3NL501-6	16	16	0.3	3RH501-6	0	0	0.0
-	3NH101-2	52	194	3.6	4L101-2	14	30	0.6
	3NH101-6	50	114	2.1	4L101-6	30	55	1.1
2	3NH201-2	12	16	0.3	4L201-2	0	0	0.0
<u> </u>	3NH201-6	0	0	0.0	4L201-6	49	116	2.3
実	3NH301-2	0	0	0.0	4L301-2	15	43	0.8
施	3NH301-6 3NH401-2	7	7	0.1	4L301-6	23	23	0.5
後	3NH401-2 3NH401-6	0	0	0.0	4L401-2	52	122	2.4
	3NH401-6 3NH501-2	33	0 69	0.0	4L401-6	71	124	2.4
	3NH501-2	75	121	1.3	4L501-2	18	86	1.7
-	3RL101-2	0	0	0.0	4L501-6	66	108	2.1
-	3RL101-6	0	0	0.0	4H101-2	0	0	0.0
	3RL201-2	11	16	0.3	4H101-6	42	50	1.0
	3RL201-6	5	5	0.3	4H201-2 4H201-6	11	11	0.2
	3RL301-2	6	10	0.1	4H201-6 4H301-2	11 9	11	0.2
	3RL301-6	31	31	0.6	4H301-2 4H301-6	11	25	0.5
	3RL401-2	5	5	0.1	4H401-2	11	11	0.2
	3RL401-6	0	0	0.0	4H401-6	4	16	0,3
	3RL501-2	0	0	0.0	4H501-2	4		0.1
	3RL501-6	6	6	0.1	4H501-6	10	22	0.1





				煮沸剝離詞	大験			
処理	試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ	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	4側面における全	接着層の剝離長さ
回数	p=00007 140.	(mm)	合計(mm)	剝離率(%)	时间火力 190.	(mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	3NL101-1	0	0	0.0	3RH101-1	6	6	0.1
	3NL101-5	51	90	1.7	3RH101-5	70	116	2.1
	3NL201-1	0	0	0.0	3RH201-1	0	0	0.0
	3NL201-5	0	0	0.0	3RH201-5	0	0	0.0
	3NL301-1	8	8	0.1	3RH301-1	48	97	1.8
	3NL301-5	0	0	0.0	3RH301-5	6	11	0.2
455	3NL401-1	66	66	1.2	3RH401-1	27	79	1.5
	3NL401-5	0	0	0.0	3RH401-5	15	31	0,6
	3NL501-1	23	23	0.4	3RH501-1	0	0	0.0
	3NL501-5 3NH101-1	0	0	0.0	3RH501-5	0	0	0.0
	3NH101-1 3NH101-5	57	176	3,3	4L101-1	16	29	0.6
	3NH101-3 3NH201-1	56	169	3,1	4L101-5	53	105	2.1
1	3NH201-1	10	12	0.0	4L201-1	8	12	0.2
回	3NH301-1	10	19	0.2	4L201-5	33	44	0.9
実	3NH301-1 3NH301-5	15	15	0.4	4L301-1	0	0	0.0
施後	3NH401-1	0	0	0.3	4L301-5 4L401-1	58	64	1.3
1文	3NH401-5	0	0	0.0	4L401-1 4L401-5	44	59	0.0
	3NH501-1	11	11	0.0	4L401-3 4L501-1	33	73	1.2
	3NH501-5	5	5	0.2	4L501-1	43	116	2.3
	3RL101-1	21	21	0.4	4H101-1	11	21	0.4
	3RL101-5	12	12	0.2	4H101-5	15	30	0.6
	3RL201-1	6	6	0.1	4H201-1	29	47	0.9
	3RL201-5	0	0	0.0	4H201-5	4	4	0.1
	3RL301-1	0	0	0.0	4H301-1	0	0	0.0
	3RL301-5	5	5	0.1	4H301-5	0	0	0.0
	3RL401-1	10	10	0.2	4H401-1	6	6	0.1
	3RL401-5	26	26	0.5	4H401-5	12	16	0.3
	3RL501-1	0	0	0.0	4H501-1	10	10	0.2
	3RL501-5	0	0	0.0	4H501-5	0	0	0.0
	3NL101-1	15	20	0.4	3RH101-1	15	21	0.4
	3NL101-5	51	107	2.0	3RH101-5	70	116	2.1
	3NL201-1	0	0	0.0	3RH201-1	0	0	0.0
	3NL201-5	16	16	0.3	3RH201-5	0	0	0.0
	3NL301-1	8	13	0.2	3RH301-1	48	97	1.8
	3NL301-5	0	0	0.0	3RH301-5	6	11	0.2
	3NL401-1	66	66	1.2	3RH401-1	27	79	1.5
	3NL401-5	0	0	0.0	3RH401-5	15	31	0.6
	3NL501-1	23	23	0.4	3RH501-1	0	0	0.0
	3NL501-5	0	0	0.0	3RH501-5	0	0	0.0
1	3NH101-1	57	177	3.3	4L101-1	16	42	0.8
	3NH101-5	56	169	3.1	4L101-5	53	105	2.1
2	3NH201-1	0	0	0.0	4L201-1	18	42	0.8
	3NH201-5	12	20	0.4	4L201-5	33	44	0.9
実	3NH301-1	10	19	0.4	4L301-1	5	10	0.2
施	3NH301-5	15	15	0.3	4L301-5	62	72	1.4
後	3NH401-1	10	10	0.2	4L401-1	0	0	0.0
100	3NH401-5	0	0	0.0	4L401-5	44	65	1.3
	3NH501-1 3NH501-5	5	18	0.3	4L501-1	33	73	1.4
	3RL101-1	21	5 21	0.1	4L501-5	43	116	2.3
	3RL101-1	12	21 12	0.4	4H101-1	11	21	0.4
	3RL201-1	6	6	0.2	4H101-5	15	30	0.6
	3RL201-1	0	0		4H201-1	29	47	0.9
	3RL201-3	6	16	0.0	4H201-5	4	4	0.1
	3RL301-1	5	9		4H301-1	0	0	0.0
	3RL401-1	10	10	0.2	4H301-5	11	21	0.4
	3RL401-1	26	26	0.2	4H401-1 4H401-5	9	15	0.3
	3RL501-1	0	0	0.0	4H401-3 4H501-1	10	36	0.7
	3RL501-5	0	0	0.0	4H501-5	10 0	10 0	0.2



発行番号 第 T - 21 - 782号

							発行番号 第	T - 21 - 782号
er e			}	令水浸せき剝	離試験			
処理	試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ	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	4側面における全持	接着層の剝離長
回数		(mm)	合計(mm)	剝離率(%)	PAGE//ING.	(mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	3NL101-3	0	. 0	0.0	3RH101-3	9	14	0.3
	3NL101-4	4	4	0.1	3RH101-4	5	5	0.1
	3NL201-3	0	0	0.0	3RH201-3	0	0	0.0
	3NL201-4	0	0	0.0	3RH201-4	6	15	0.3
	3NL301-3	0	0	0.0	3RH301-3	0	0	0.0
	3NL301-4	0	0	0.0	3RH301-4	9	24	0.4
	3NL401-3	15	15	0.3	3RH401-3	0	0	0.0
	3NL401-4	22	33	0.6	3RH401-4	0	0	0.0
	3NL501-3	0	0	0.0	3RH501-3	0-	0	0.0
	3NL501-4	0	0	0.0	3RH501-4	0	0	0.0
	3NH101-3	12	12	0.2	4L101-3	0	0	0.0
	3NH101-4	73	111	2.1	4L101-4	6	6	0.1
	3NH201-3	0	0	0.0	4L201-3	0	0	0.0
1	3NH201-4	0	0	0.0	4L201-4	5	10	0.2
回実	3NH301-3	0	0	0.0	4L301-3	16	20	0.4
施施	3NH301-4	0	0	0.0	4L301-4	12	26	0.5
後	3NH401-3	7	7	0.1	4L401-3	0	0	0.0
	3NH401-4	0	0	0.0	4L401-4	75	90	1.8
	3NH501-3	41	77	1.4	4L501-3	0	0	0,0
	3NH501-4	19	27	0.5	4L501-4	0	0	0.0
	3RL101-3	0	0	0.0	4H101-3	0	0	0.0
	3RL101-4	0	0	0.0	4H101-4	0	0	0.0
	3RL201-3	0	0	0.0	4H201-3	0	0	0.0
	3RL201-4	0	0	0.0	4H201-4	0	0	0.0
	3RL301-3	0	0	0.0	4H301-3	0	0	0.0
	3RL301-4	14	14	0.3	4H301-4	8	19	0.0
	3RL401-3	0	0	0.0	4H401-3	0	0	0.0
	3RL401-4	8	8	0.1	4H401-4	16	16	0.0
	3RL501-3	0	0	0.0	4H501-3	0	0	
	3RL501-4	0	0	0.0	4H501-4	0	0	0.0
	3NL101-3	11	11	0.2	3RH101-3	11	31	0.0
	3NL101-4	15	19	0.4	3RH101-4	6	11	0.6
	3NL201-3	0	0	0.0	3RH201-3	0	0	0.2
	3NL201-4	4	4	0.0	3RH201-4	17	4331	0.0
	3NL301-3	0	0	0.0	3RH301-3	13	32	0.6
	3NL301-4	0	0	0.0	3RH301-3	30	13	0.2
	3NL401-3	15	21	0.4		A STATE OF THE PARTY OF THE PAR	66	1,2
	3NL401-4				3RH401-3	0	0	0.0
	3NL501-3	22 5	48 5	0.9	3RH401-4	10	10	0.2
	3NL501-4	0	0	0.1	3RH501-3	0	0	0.0
-	3NH101-3	25	63	1.2	3RH501-4	0	0	0.0
	3NH101-4	73	116	2.1	4L101-3	6	6	0.1
	3NH201-3	0	0	0.0	4L101-4	51	58	1.1
2	3NH201-4	0	0		4L201-3	28	89	1.7
回	3NH301-3	12	12	0.0	4L201-4	17	49	1.0
実	3NH301-3	0	0	0.2	4L301-3	16	29	0.6
施	3NH401-3	16		0.0	4L301-4	12	35	0.7
後	3NH401-3	6	47	0.9	4L401-3	36	42	0.8
	3NH501-3	70	6	0.1	4L401-4	75	100	2.0
	3NH501-3		158	2.9	4L501-3	31	102	2,0
	3RL101-3	30	45	0.8	4L501-4	21	21	0.4
		5	5	0.1	4H101-3	39	69	1.4
-	3RL101-4	0	0	0.0	4H101-4	5	5	0.1
	3RL201-3	21	37	0.7	4H201-3	6	6	0.1
	3RL201-4	0	0	0.0	4H201-4	53	73	1.4
	3RL301-3	6	6	1.0	4H301-3	9	28	0.5
	3RL301-4	14	20	0.4	4H301-4	8	19	0.4
	3RL401-3	10	10	0.2	4H401-3	11	23	0.5
	3RL401-4	35	35	0.6	4H401-4	21	54	1.1
	3RL501-3	0	0	0.0	4H501-3	6	10	0.2
	3RL501-4	0	0	0.0	4H501-4	26	50	1.0



JAPAN PLYWOOD INSPECTION CORPORATION

試 験 成 績 書

(一般依賴試験)

依頼者:

日本合板工業組合連合会

発行番号 第 T-21- 783 号 発行年月日 令和4年3月3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。

超厚合板(試作品)

[試料内容]

ワンショット: 21プライ(全層直交層、平行層無し),20接着層

二次接着 : 22プライ(厚物合板30mm11プライ×2枚積層),21接着層(うち二次 供試品名 接着層×1)

> 単板樹種 スギ, 単板ヤング係数:2水準

40 個 減圧加圧剝離試験(2回繰り返し) 試験片数

40 個 煮沸剝離試験(2回繰り返し)

40 個 冷水浸せき剝離試験(2回繰り返し)

試料の抽出 日本合板工業組合連合会

受付年月日 令和4年1月27日

自:令和4年2月7日 試験期間 至: 令和4年2月18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,冷水浸せき剝離試験

試験結果 別添のとおり.

試験担当 榮澤純二

備 老 1. 訂正箇所に本会の訂正印のないものは無効です。

2. 供試品の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。

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。

4. この成績書は依頼者宛に発行したものです。



発行番号 第 T - 21 - 783号

							発行番号 第	T - 21 - 783号
				減圧加圧剝	雛試験			
処理	試験片No.	同一接着層の	4側面における全	接着層の剝離長さ	Abwa ti	同一接着層の	4側面における全	接着層の剝離長さ
回数	武顺火力 INO.	取入羽雕女さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)	試験片No.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	5L401-2	38	83	1.4	6L106-2	11	11	0.2
	5L401-6	最大剝離長さ (mm) 合計 38 38 38 38 38 38 38 38 38 38 38 38 38	76	1.3	6L106-6	30	30	0.5
	5L402-2	12	12	0.2	6L107-2	15	28	0.4
	5L402-6	0	0	0.0	6L107-6	12	43	0.7
	5L403-2	0	0	0.0	6L108-2	0	0	0.0
	5L403-6	24	31	0.5	6L108-6	26	51	0.8
	5L404-2	25	65	1.1	6L109-2	61	154	2,4
	5L404-6	34	57	1.0	6L109-6	6	10	0.2
1	5L405-2	0	0	0.0	6L110-2	21	21	0.3
回宝	5L405-6	14	24	0.4	6L110-6	18	26	0.4
実 施	5H401-2	0	0	0.0	6H106-2	40	51	0.8
後	5H401-6	0	0	0.0	6H106-6	12	17	0.3
	5H402-2	0	0	0.0	6H107-2	14	33	0,5
	5H402-6	0	0	0.0	6H107-6	19	39	0.6
	5H403-2	0	0	0.0	6H108-2	13	25	0.4
	5H403-6	0	0	0.0	6H108-6	23	78	1.2
	5H404-2	0	0	0.0	6H109-2	48	48	0.8
	5H404-6	0	0	0.0	6H109-6	23	28	0.4
	5H405-2	21	45	0.8	6H110-2	0	0	0.0
	5H405-6	0	0	0.0	6H110-6	13	13	0.2
	5L401-2	39	221	3.7	6L106-2	11	22	0.3
	5L401-6	27	133	2,2	6L106-6	30	41	0.7
	5L402-2	14	26	0.4	6L107-2	15	60	1.0
	5L402-6	0	0	0.0	6L107-6	36	94	1.5
	5L403-2	18	32	0.5	6L108-2	13	24	0,4
	5L403-6	26	50	0.8	6L108-6	26	52	0.8
	5L404-2	25	127	2.1	6L109-2	62	178	2.8
	5L404-6	34	74	1.2	6L109-6	6	10	0.2
2	5L405-2	12	50	0.8	6L110-2	21	25	0.4
回実	5L405-6	14	24	0.4	6L110-6	19	45	0.7
施	5H401-2	0	0	0.0	6H106-2	40	51	0.8
後	5H401-6	0	0	0.0	6H106-6	12	17	0.3
e e	5H402-2	0	0	0.0	6Н107-2	14	33	0.5
	5H402-6	0	0	0.0	6H107-6	19	39	0.6
	5H403-2	0	0	0.0	6H108-2	13	47	0.7
	5H403-6	0	0	0.0	6H108-6	75	157	2.5
	5H404-2	0	0	0.0	6H109-2	48	63	1.0
	5H404-6	0	0	0.0	6Н109-6	23	28	0.4
	5H405-2	21	45	0.8	6H110-2	13	13	0.2
	5H405-6	0	0	0.0	6H110-6	13	13	



発行番号 第 T - 21 - 783号

				煮沸剝離	試験			
処理	ahea II.	同一接着層の	4側面における全	接着層の剝離長さ		同一接着層の	4側面における全	接着層の剝離長
回数	試験片No.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)	試験片No.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	5L401-1	53	151	2.5	6L106-1	8	13	0.2
	5L401-5	52	150	2.5	6L106-5	14	25	0.4
	5L402-1	8	8	0.1	6L107-1	37	108	1.7
	5L402-5	4	4	0.1	6L107-5	26	86	1.4
	5L403-1	22	22	0.4	6L108-1	7	13	0.2
	5L403-5	18	22	0.4	6L108-5	0	0	0.0
	5L404-1	14	36	0.6	6L109-1	0	0	0.0
	5L404-5	31	84	1,4	6L109-5	7	11	0.2
1	5L405-1	15	39	0.7	6L110-1	22	22	0.3
回	5L405-5	0	0	0.0	6L110-5	0	0	0.0
実施	5H401-1	0	.0	0.0	6H106-1	50	115	1.8
後	5H401-5	18	18	0.3	6H106-5	13	13	0.2
	5H402-1	7	7	0.1	6H107-1	47	55	0.9
	5H402-5	6	6	0.1	6H107-5	13	23	0.4
	5H403-1	0	0	0.0	6H108-1	0	0	0.0
	5H403-5	0	0	0.0	6H108-5	35	92	1.5
	5H404-1	13	13	0.2	6H109-1	0	0	0.0
	5H404-5	0	0	0.0	6H109-5	0	0.	0.0
	5H405-1	0	0	0.0	6H110-1	0	0	0.0
	5H405-5	0	0	0.0	6H110-5	12	12	0.2
	5L401-1	60	199	3.3	6L106-1	16	21	0.3
	5L401-5	58	278	4.6	6L106-5	14	42	0.7
	5L402-1	8	15	0.3	6L107-1	53	161	2.6
	5L402-5	12	28	0.5	6L107-5	26	97	1.5
	5L403-1	30	30	0.5	6L108-1	7	13	0,2
	5L403-5	18	22	0.4	6L108-5	0	0	0.0
	5L404-1	14	36	0.6	6L109-1	5	5	0.1
	5L404-5	31	98	1,6	6L109-5	11	30	0.5
2	5L405-1	17	67	1.1	6L110-1	32	42	0.7
回	5L405-5	0	0	0.0	6L110-5	10	25	0,4
実施	5H401-1	0	0	0.0	6H106-1	66	154	2.4
後	5H401-5	18	24	0.4	6H106-5	13	23	0.4
	5H402-1	7	13	0.2	6H107-1	47	63	1.0
	5H402-5	6	6	0.1	6Н107-5	13	34	0.5
	5H403-1	0	0	0.0	6H108-1	29	29	0.5
	5H403-5	15	15	0.3	6H108-5	35	108	1.7
	5H404-1	13	13	0.2	6H109-1	12	12	0.2
	5H404-5	0	0	0.0	6H109-5	19	34	0.5
	5H405-1	10	10	0.2	6H110-1	5	5	0.1
	5H405-5	0	0	0.0	6H110-5	24	55	0.1



発行番号 第 T - 21 - 783号

							元门田专外	T - 21 - 783号
			7	令水浸せき剝	離試験			
処理	試験片No.	同一接着層の 最大剝離長さ	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	4側面における全	接着層の剝離長
回数	B-NOX/ INU.	(mm)	合計(mm)	剝離率(%)	武湖央/月 INO.	取入利能及さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	5L401-3	10	16	0.3	6L106-3	7	17	0.3
	5L401-4	0	0	0.0	6L106-4	21	37	0.6
	5L402-3	0	0	0.0	6L107-3	0	0	0.0
	5L402-4	0	0	0.0	6L107-4	0	0	0.0
	5L403-3	0	0	0.0	6L108-3	0	0	0.0
	5L403-4	22	22	0.4	6L108-4	9	9	0.1
	5L404-3	0	0	0.0	6L109-3	0	0	0.0
	5L404-4	41	55	0.9	6L109-4	10	10	0.2
1	5L405-3	0	0	0.0	6L110-3	0	0	0.0
回	5L405-4	10	10	0.2	6L110-4	0	0	0.0
実施	5H401-3	10	16	0.3	6H106-3	0	0	0.0
後	5H401-4	0	0	0.0	6H106-4	7	12	0.2
	5H402-3	0	0	0.0	6H107-3	0	0	0.0
	5H402-4	0	0	0.0	6H107-4	0	0	0.0
	5H403-3	0	0	0.0	6H108-3	0	0	0.0
	5H403-4	0	0	0.0	6H108-4	0	0	0.0
	5H404-3	0	0	0.0	6H109-3	30	30	0.5
	5H404-4	0	0	0.0	6H109-4	0	0	0.0
	5H405-3	0	0	0.0	6H110-3	0	0	0.0
	5H405-4	4	8	0.1	6H110-4	0	0	0.0
	5L401-3	47	108	1.8	6L106-3	7	17	0.3
	5L401-4	36	236	3.9	6L106-4	21	46	0,7
	5L402-3	25	35	0.6	6L107-3	32	84	1.3
	5L402-4	19	31	0.5	6L107-4	17	35	0.6
	5L403-3	28	28	0.5	6L108-3	0	0	0.0
	5L403-4	75	153	2.6	6L108-4	36	60	1.0
	5L404-3	16	21	0.4	6L109-3	4	4	0.1
	5L404-4	41	114	1.9	6L109-4	57	159	2.5
2	5L405-3	9	16	0.3	6L110-3	13	42	0.7
回	5L405-4	20	25	0.4	6L110-4	22	50	0.8
実施	5H401-3	10	21	0.4	6H106-3	17	25	0.4
後	5H401-4	13	26	0,4	6H106-4	15	52	0.8
	5H402-3	12	12	0.2	6H107-3	23	98	1.6
	5H402-4	0	0	0.0	6H107-4	11	43	0.7
	5H403-3	0	0	0.0	6H108-3	41	84	1.3
	5H403-4	10	10	0.2	6H108-4	18	98	1.6
	5H404-3	0	0	0.0	6H109-3	41	88	1.4
	5H404-4	5	5	0,1	6H109-4	30	58	0.9
	5H405-3	27	57	1.0	6H110-3	21	31	0.5
	5H405-4				011110-3	21	21	0.5



JAPAN PLYWOOD INSPECTION CORPORATION

試 験 成 績 書

(一般依賴試験)

依頼者:

日本合板工業組合連合会

発行番号 第 T-21-839 号

発行年月日 令和4年3月18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 伊内海貴

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。

超厚合板(試作品)

[試料内容]

ワンショット: 41プライ(全層直交層、平行層無し)

供試品名 二次接着

: 42プライ(厚物合板24mm7プライ×6枚積層)(うち二次接着層×5)

試験片数

単板樹種: スギ, 単板ヤング係数:2水準

: 40 個 減圧加圧剝離試験(2回繰り返し) 40 個 煮沸剝離試験(2回繰り返し)

40 個 冷水浸せき剝離試験(2回繰り返し)

試料の抽出 日本合板工業組合連合会

令和4年2月10日 受付年月日

試験期間 自: 令和4年2月28日

至: 令和4年3月11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,冷水浸せき剝離試験

試験結果 別添のとおり.

榮澤純二 @ 試験担当

考 備

1. 訂正箇所に本会の訂正印のないものは無効です。

2. 供試品の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。

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。

4. この成績書は依頼者宛に発行したものです。



発行番号 第 T - 21 - 839号

				減圧加圧剝	離試験			
処理		同一接着層の		接着層の剝離長さ		同一接着層の	4側面における全柱	接着層の剝離長る
回数	試験片No.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)	試験片No.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	7N11-2	9	9	0.1	8N01-2	0	0	0.0
	7N11-6	3	3	0.0	8N01-6	13	会大制離長さ (mm) 合計(mm) 合計(mm) の の の の の の の の の の の の の の の の の の	0.1
	7N12-2	0	0	0.0	8N02-2	11	20	0.2
	7N12-6	0	0	0.0	8N02-6	6	6	0.0
	7N13-2	0	0	0.0	8N03-2	0	0	0.0
	7N13-6	0	0	0.0	8N03-6	13	18	0.1
	7N14-2	19	19	0.2	8N04-2	0	0	0.0
	7N14-6	0	0	0.0	8N04-6	10	10	0.1
1	7N15-2	0	0	0.0	8N05-2	35	45	0.4
п	7N15-6	0	0	0.0	8N05-6	18	24	0.2
実施	7G11-2	11	11	0.1	8G01-2	0	0	0.0
後	7G11-6	12	12	0.1	8G01-6	0	0	0.0
	7G12-2	0	0	0.0	8G02-2	0	0	0.0
	7G12-6	0	0	0.0	8G02-6	0	0	0.0
	7G13-2	10	28	0.2	8G03-2	0	0	0.0
	7G13-6	8	8	0.1	8G03-6	31	31	0.3
	7G14-2	0	0	0.0	8G04-2	0	0	0.0
	7G14-6	5	5	0.0	8G04-6	0	0	0.0
	7G15-2	0	0	0.0	8G05-2	18	18	0.1
	7G15-6	0	0	0.0	8G05-6	0	0	0.0
	7N11-2	9 .	9	0.1	8N01-2	62	84	0.7
	7N11-6	3	3	0.0	8N01-6	20	43	0.3
	7N12-2	0	0	0.0	8N02-2	20	84	0.7
	7N12-6	0	0	0.0	8N02-6	15	27	0.2
	7N13-2	0	0	0.0	8N03-2	0	0	0.0
	7N13-6	0	0	0.0	8N03-6	13	25	0.2
	7N14-2	19	30	0.3	8N04-2	0	0	0.0
	7N14-6	0	0	0.0	8N04-6	20		0.2
2	7N15-2	0	0	0.0	8N05-2		45	0.4
	7N15-6	0	0	0.0	8N05-6			0.3
実施	7G11-2	22	22	0.2	8G01-2	0		0.0
後	7G11-6	12	19	0.2	8G01-6	50000		0.0
	7G12-2	0	0	0.0	8G02-2			0.0
	7G12-6	0	0	0.0	8G02-6			0.0
	7G13-2	13	41	0.3	8G03-2			0.0
	7G13-6	8	8	0.1	8G03-6			0.3
	7G14-2	0	0	0.0	8G04-2			0.0
	7G14-6	5	5	0.0	8G04-6			0.0
	7G15-2	9	9	0.1	8G05-2			0.2
	7G15-6	0	0	0.0	8G05-6	11	16	0.1



発行番号 第 T - 21 - 839号

				煮沸剝離	計 除			
		同一接着層の	/側帯/アナリナス へ	* 255		同。按学展企	4 (mi ==) = 1 = 1 = A	
処理 回数	試験片No.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	接着層の剝離長さ 剝離率(%)	試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ	4側面における全	
	7N11-1	0	0 = (mm)	7月年学(%)	8N01-1	(mm) 0	合計(mm) 0	剝離率(%) 0.0
	7N11-5	0	0	0.0	8N01-5	0	0	0.0
	7N12-1	0	0	0.0	8N02-1	20	20	0.0
	7N12-5	0	0	0.0	8N02-5	0	0	0.2
	7N13-1	0	0	0.0	8N03-1	0	0	0.0
	7N13-5	0	0	0.0	8N03-5	28	33	0.3
	7N14-1	14	42	0.4	8N04-1	19	19	0.2
	7N14-5	7	12	0.1	8N04-5	16	25	0.2
	7N15-1	0	0	0.0	8N05-1	49	169	1.4
1	7N15-5	0	0	0.0	8N05-5	0	0	0.0
_ 実 施	7G11-1	5	5	0.0	8G01-1	0	0	0.0
後	7G11-5	0	0	0.0	8G01-5	12	25	0.0
	7G12-1	0	0	0.0	8G02-1	15	19	0.2
	7G12-5	12	26	0.2	8G02-5	0	0	0.2
	7G13-1	0	0	0.0	8G03-1	5	5	0.0
	7G13-5	4	4	0.0	8G03-5	0	0	0.0
	7G14-1	0	0	0.0	8G04-1	10	10	0.0
	7G14-5	0	0	0.0	8G04-5	6	6	0.0
	7G15-1	4	4	0.0	8G05-1	0	0	0.0
	7G15-5	14	14	0.1	8G05-5	23	28	0.0
	7N11-1	0	0	0.0	8N01-1	8	8	0.1
	7N11-5	0	0	0.0	8N01-5	5	5	0.0
	7N12-1	5	5	0.0	8N02-1	30	57	0.5
	7N12-5	0	0	0.0	8N02-5	7	7	0.1
	7N13-1	6	6	0.1	8N03-1	7	11	0.1
	7N13-5	8	8	0.1	8N03-5	28	33	0.1
	7N14-1	14	42	0.4	8N04-1	23	55	0.4
	7N14-5	7	12	0.1	8N04-5	16	25	0.4
	7N15-1	0	0	0,0	8N05-1	49	169	1.4
2 回	7N15-5	0	0	0.0	8N05-5	19	19	0.2
実施	7G11-1	7	12	0.1	8G01-1	0	0	0.0
後	7G11-5	9	9	0.1	8G01-5	15	44	0.4
	7G12-1	0	0	0.0	8G02-1	18	22	0.2
	7G12-5	22	50	0.4	8G02-5	0	0	0.0
	7G13-1	0	0	0.0	8G03-1	6	16	0.1
	7G13-5	13	17	0.1	8G03-5	5	9	0.1
	7G14-1	0	0	0.0	8G04-1	10	10	0.1
	7G14-5	0	0	0.0	8G04-5	6	6	0.0
	7G15-1	4	4	0.0	8G05-1	0	0	0.0
	7G15-5	14	14	0,1	8G05-5	23	37	0.0



			7	令水浸せき剝	離試験			
処理	PARINA LLAY	同一接着層の	4側面における全接着層の剝離長さ			同一接着層の	4側面における全接着層の剝離長さ	
回数	試験片No.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)	試験片No.	最大剝離長さ (mm)	合計(mm)	剝離率(%)
	7N11-3	0	0	0.0	8N01-3	0	0	0.0
	7N11-4	7	7	0.1	8N01-4	0	0	0.0
	7N12-3	0	0	0.0	8N02-3	0	0	0.0
	7N12-4	0	0	0.0	8N02-4	0	0	0.0
	7N13-3	0	0	0.0	8N03-3	16	16	0.1
	7N13-4	0	0	0.0	8N03-4	19	19	0.2
	7N14-3	0	0	0.0	8N04-3	0	0	0.0
	7N14-4	0	0	0.0	8N04-4	0	0	0.0
1	7N15-3	9	9	0.1	8N05-3	17	17	0.1
回実	7N15-4	0	0	0.0	8N05-4	18	18	0.1
施	7G11-3	0	0	0.0	8G01-3	0	0	0.0
後	7G11-4	5	5	0.0	8G01-4	0	0	0,0
	7G12-3	0	0	0.0	8G02-3	0	0	0.0
	7G12-4	0	0	0.0	8G02-4	0	0	0.0
	7G13-3	8	8	0.1	8G03-3	0	0	0.0
	7G13-4	8	8	0.1	8G03-4	4	4	0.0
	7G14-3	0	0	0.0	8G04-3	0	0	0.0
	7G14-4	0	0	0.0	8G04-4	0	0	0.0
	7G15-3	73	73	0.6	8G05-3	0	0	0.0
	7G15-4	0	0	0.0	8G05-4	0	0	0.0
	7N11-3	0	0	0.0	8N01-3	16	16	0.1
	7N11-4	8	8	0.1	8N01-4	21	30	0.2
	7N12-3	9	15	0,1	8N02-3	0	0	0.0
	7N12-4	6	6	0.1	8N02-4	- 11	36	0.3
	7N13-3	0	0	0.0	8N03-3	16	24	0.2
	7N13-4	0	0	0.0	8N03-4	38	56	0.5
	7N14-3	0	0	0.0	8N04-3	0	0	0.0
	7N14-4	6	6	0.1	8N04-4	11	25	0.2
2	7N15-3	9	16	0.1	8N05-3	17	29	0.2
回	7N15-4	16	26	0.2	8N05-4	18	18	0.1
実 施後	7G11-3	11	29	0.2	8G01-3	0	0	0.0
攵	7G11-4	23	28	0.2	8G01-4	0	0	0.0
	7G12-3	8	8	0.1	8G02-3	7	7	0.1
	7G12-4	5	5	0.0	8G02-4	0	0	0.0
	7G13-3	24	68	0.6	8G03-3	0	0	0.0
	7G13-4	19	27	0.2	8G03-4	4	4	0.0
	7G14-3	9	9	0.1	8G04-3	27	40	0.3
	7G14-4	0	0	0.0	8G04-4	14	14	0.1
	7G15-3	75	96	0.8	8G05-3	23	38	0.3
	7G15-4	0	0	0.0	8G05-4	10	10	0.1

8. 接合部性能

8.1 支圧試験

8.1.1 試験目的

超厚合板の接合部にドリフトピンを用いた場合、その接合部は曲げ降伏型接合部になることが想定され、その降伏耐力を EYT 式によって推定可能であると考えられる。そこで、超厚合板の支圧強度を把握するため、支圧試験を実施した。

8.1.2 試験体概要

試験体には、スギ単板を 41 層積層(平行層: 21 層、直交層: 20 層)した超厚合板を用いた。単板のヤング係数は下限値が 6.0 GPa 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 次接着のみで積層して成形するワンショット型で製作された。試験体の寸法は幅: $145 \times$ 高さ: $145 \times$ 厚み: $142 \sim 150$ mm である。図 8-1 に試験体図を表 8-1 に試験体の基礎物性値を、表 8-2 と表 8-3 に試験体一覧をそれぞれ示す。

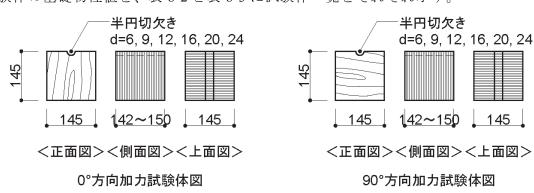


図 8-1 試験体図

表 8-20° 方向試験体

表 8-1 支圧試験体基礎物性個	直
------------------	---

平均 密度 [g/cm³]	C.V. [%]	平均 含水 率 [%]	C.V. [%]
0.43	0.6	7.0	3.0

試験体名	d(mm)
E0_6	6
E0_9	9
E0_12	12
E0_16	16
E0_20	20
E0_24	24

試験体名	d(mm)
E90_6	6
E90_9	9
E90_12	12
E90_16	16
E90_20	20
E90 24	24

表 8-3 90° 方向試験体

8.1.3 試験方法

図 8-2 に支圧試験概要を、写真 8-1 および写真 8-2 に実際の試験の様子を示す。試験体上面に丸鋼と同直径の半円の切欠きを設け、その上に丸鋼を載せた後、角形鋼棒を介して単調圧縮載荷を行った。荷重速度は 3mm/min とした。試験パラメータは表層単板に対する荷重角度 (0°、90°) および丸鋼の径 (6mm、9mm、12mm、16mm、20mm、24mm) であり合計 12 仕様となる。変位計は試験体の四隅に設置し、加圧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。実験は各仕様に対して 6 体行った。

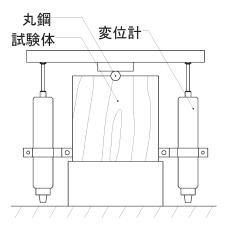


図 8-2 試験方法概略

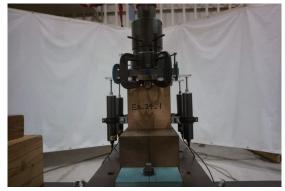


写真 8-1 支圧試験実施状況 1



写真 8-2 支圧試験実施状況 2

8.1.4 試験結果

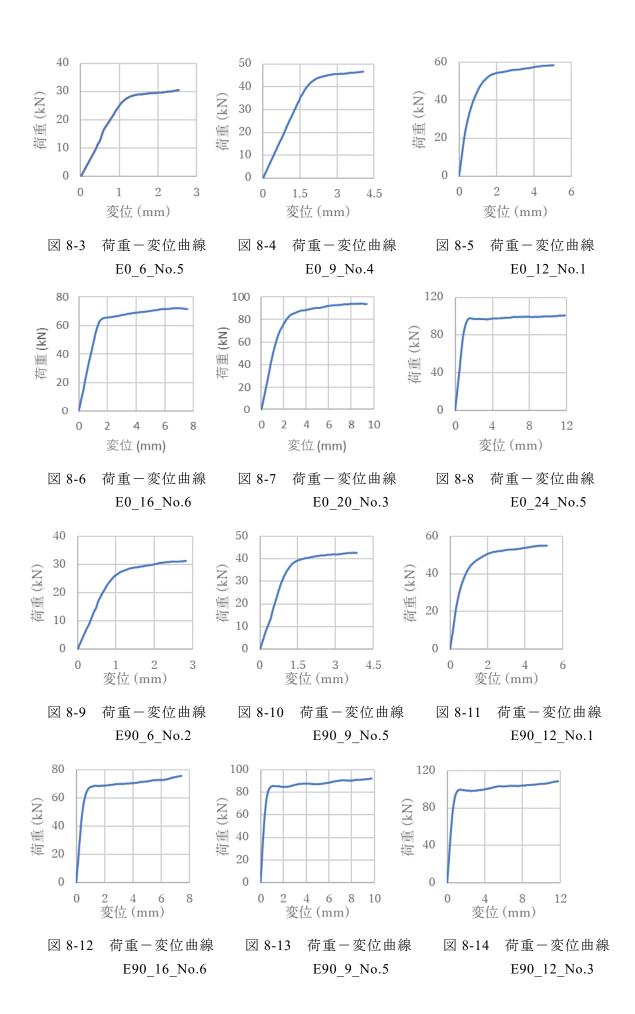
試験結果より得られた最大荷重: P_{max} を丸鋼の直径と材厚との積で除した値を最大支圧強度: σ_{max} と定義し、その値を用いて各仕様の強度を評価した。表 8-4 に 0° 方向荷重の試験結果を表 8-5 に 90° 方向荷重の試験結果をそれぞれ示す。表 8-4 と表 8-5 に示した値は信頼水準 75%における 95%下側許容限界値である。また、図 8-3~図 8-14 に各仕様の代表的な荷重-変形曲線を、写真 8-3~写真 8-14 に各仕様の代表的な破壊状況の写真をそれぞれ示す。

表 8-4 支圧試験 0°方向荷重試験結果

	E0_6	E0_9	E0_12	E0_16	E0_20	E0_24
P _{max} (kN)	25.87	38.56	49.93	65.85	81.64	98.17
$\sigma_{max}(N/mm^2)$	27.81	28.18	28.25	27.35	28.57	28.27

表 8-5 支圧試験 90°方向荷重試験結果

	E90_6	E90_9	E90_12	E90_16	E90_20	E90_24
P _{max} (kN)	27.26	39.58	47.88	68.11	79.72	102.90
$\sigma_{max}(N/mm^2)$	30.65	29.27	26.74	28.76	26.47	29.34





8.2 鋼板挿入ドリフトピン二面せん断試験

8.2.1 試験目的

超厚合板に鋼板挿入ドリフトピン二面せん断接合を用いた場合の構造特性を把握するため、せん断試験を実施した。

8.2.2 試験体概要

試験体には、支圧試験体と同じ超厚合板を用いた。表 8-6 に試験体の基礎物性値を、図 8-15 に試験体および各部名称の概要を、表 8-7 に試験体一覧を、図 8-16~図 8-18 に試験体図をそれぞれ示す。試験体に鋼板を挿入するためのスリットを設け、その厚みは 11mm とし鋼板の厚み 9mm に対して 2mm 大きく加工をした。ドリフトピンが設置される側の超厚合板はパラメータ毎の縁端距離を設けて試験体を加工し、試験機で引張側の試験体は 0°方向加力試験体では幅 192mm、90°方向加力試験体では幅 224mm とし、ボルト間隔は全ての試験体において共通で端距離 100mm、ボルト間距離 84mm とした。

表 8-6 試験体基礎物性値

平均密度	C.V.	平均含水率	C.V.
[g/cm³]	[%]	[%]	[%]
0.43	0.0	7.0	6.3

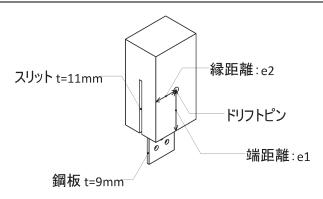


図 8-15 試験体概要

表 8-7 試験体一覧

試験体名	DP 径 d (mm)	荷重角度	端距離 el (mm)	縁距離 e2 (mm)
D6_0_7d_4d	6mm		42mm (7d)	24mm (4d)
D9_0_7d_4d	9mm	_	63mm (7d)	36mm (4d)
D12_0_7d_4d	12mm	_	84mm (7d)	48mm (4d)
D16_0_4d_2d		$^{-}$ $^{\circ}$	64mm (4d)	32mm (2d)
D16_0_4d_4d				64mm (4d)
D16_0_7d_2d	16mm		112mm (7d)	32mm (2d)
D16_0_7d_4d			112mm (7d)	64mm (4d)
D16_90_4d_7d		90°	64mm (4d)	112mm (7d)
D20_0_7d_4d	20mm	- 0°	140mm (7d)	80mm (4d)
D24 0 7d 4d	24mm	_ 0	168mm (7d)	96mm (4d)

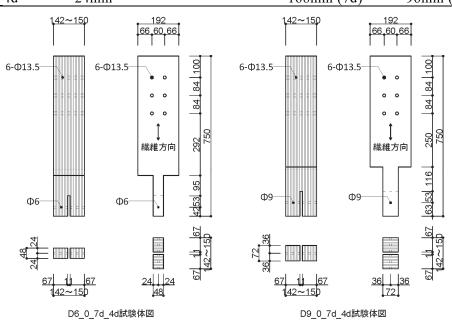


図 8-16 試験体図 1

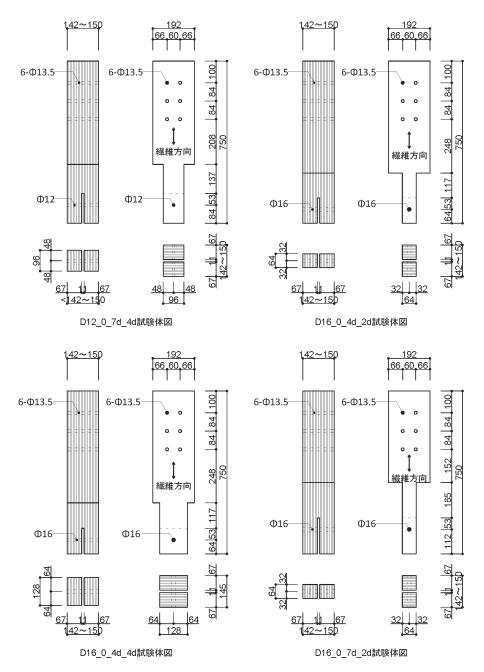


図 8-17 試験体図 2

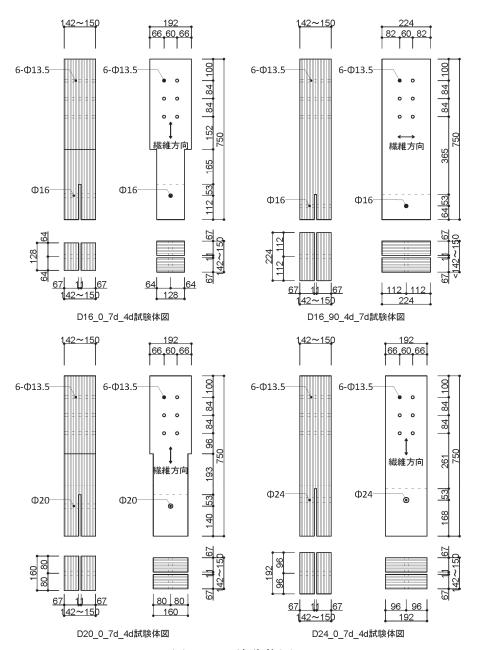


図 8-18 試験体図 3

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)」¹⁾ の 4.4 継手・仕口接合部の試験方法に準じ、各仕様 1 体目を単調載荷、2 体目から 6 体目を 1 体目の降伏変位の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍の変形まで順に 1 回ずつの一方向繰り返し加力を行った。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。

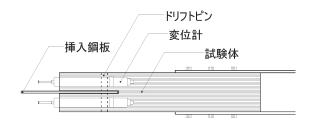




図 8-19 試験模式図

2.75

写真 8-15 せん断試験実施状況

12.29

8.2.4 試験結果

K(kN/mm)

試験特性値は文献 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 8-8 と表 8-9 に試験結果を示す。表 8-8 と表 8-9 に示した値の内、 P_y と $2/3P_{max}$ は信頼水準 75%における 95%下側許容限界値であり、K については平均値である。また、図 8-20~図 8-29 に各仕様の代表的な荷重-変形曲線を、写真 8-16~写真 8-25 に各仕様の代表的な破壊状況の写真をそれぞれ示す。

 D6_0_7d_4d
 D9_0_7d_4d
 D12_0_7d_4d
 D16_0_4d_2d
 D16_0_4d_4d

 Py (kN)
 3.47
 11.39
 17.06
 20.65
 26.01

 2/3P_{max} (kN)
 4.36
 12.08
 17.61
 24.64
 26.52

8.52

表 8-8 鋼板挿入ドリフトピン二面せん断試験結果 1

	表 8-9	鋼板挿入	F	IJ	フ	\vdash	ピン	/二面せん断試験結果 2	2
--	-------	------	---	----	---	----------	----	--------------	---

5.02

	D16_0_7d_2d	D16_0_7d_4d	D16_90_4d_7d	D20_0_7d_4d	D24_0_7d_4d
$P_{y}(kN)$	12.59	26.36	25.23	37.36	51.50
$2/3P_{max}$ (kN)	19.56	27.50	27.60	40.09	55.78
K (kN/mm)	13.77	11.35	9.86	17.18	26.18

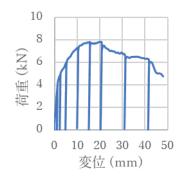


図 8-20 荷重-変位曲線 D6_0_7d_4d__No.1

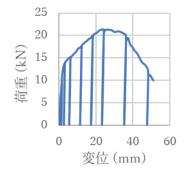


図 8-21 荷重-変位曲線 D9 0 7d 4d No.2

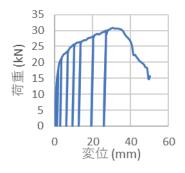
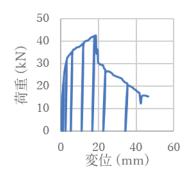


図 8-22 荷重-変位曲線 D12_0_7d_4d__No.4

12.06



50 40 荷重 (kN) 30 20 10 0 20 40 変位 (mm) 0 60

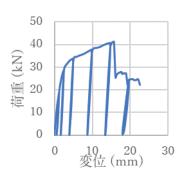
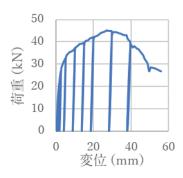
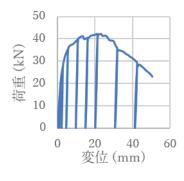


図 8-23 荷重-変位曲線 D16 0 4d 2d No.6

図 8-24 荷重-変位曲線 D16_0_4d_4d__No.5

図 8-25 荷重-変位曲線 $D16_0_7d_2d__No.2$





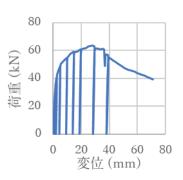


図 8-26 荷重-変位曲線 D16_0_7d_4d__No.1

図 8-27 荷重-変位曲線 D16_90_4d_7d__No.2

図 8-28 荷重-変位曲線 D20_0_7d_4d__No.5

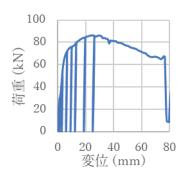


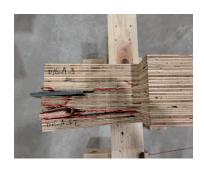
図 8-29 荷重-変位曲線 D24 0 7d 4d No.5







写真 8-16 D6_0_7d_4d_No.2 写真 8-17 D9_0_7d_4d_No.5 写真 8-18 D12_0_7d_4d_No.1





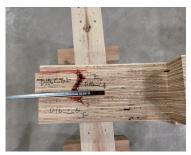


写真 8-19 D16_0_4d_2d_No.1 写真 8-20 D16_0_4d_4d_No.1 写真 8-21 D16_0_7d_2d_No.2







写真 8-22 D16_0_7d_4d_No.5 写真 8-23 D16_90_4d_7d_No.3 写真 8-24 D20_0_7d_4d_No.4



写真 8-25 D24_0_7d_4d_No.3

参考文献

1)(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年版)、 pp305-3013, 2017

9. 面内せん断性能

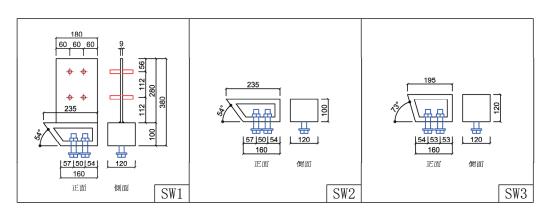
9.1 試験目的

超厚合板を用いた耐力壁の水平載荷試験を行うことで、超厚合板を耐力壁として用いた際の挙動や破壊の特徴を知ることを目的とした。本試験では耐力壁脚部にドリフトピン接合を用いたが、引張力をアンカーボルトに伝達するために用いられる金物を一般的な長方形ではなく台形とすることでこの部分(以下台形金物)にも支圧によって引張力を負担させることとした。

試験は2021年11月に3仕様、2022年1月に3仕様ずつ行った。11月の試験では、台形金物とドリフトピン接合部を併用した際の効果と台形金物を耐力壁脚部に用いた際の効果、台形金物の角度を変えた際の変化を知ることを目的とした。1月の試験では11月の試験や要素試験を踏まえてより強い耐力壁を目指して設計し、その効果の検証を目的とした。またドリフトピンの径の影響の分析や、台形金物の支圧力に期待しない接合部を用いることでドリフトピン接合部と台形金物による抵抗を分けて分析することもあわせて目的とした。

9.2 試験体

図 9-1 に接合部仕様を示す。これらを超厚合板脚部の左右両端に配置した。



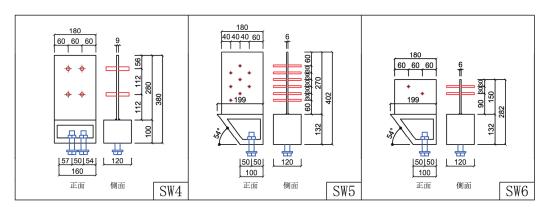


図 9-1 接合部仕様(単位:mm)

SW1 は ϕ 16 mm のドリフトピンを 4 本と 54° の台形金物を持った接合部である。ドリフトピンのピッチは木質構造設計規準 $^{1)}$ の繊維方向のドリフトピン配置を参考にドリフトピン径を d として端距離と鉛直方向のドリフトピン間距離は 7d、縁距離と水平方向のドリフトピン間距離は少し余裕をもって 3.75d とした。

SW2 は SW1 からドリフトピン接合部を除いて台形金物のみとした接合部である。

SW3 は SW2 から台形金物の角度を変えて 73° とした接合部である。

SW4 は SW1 の台形金物を長方形金物とした仕様で、 ϕ 16mm のドリフトピンを 4 本使った仕様である。ドリフトピンの配置は SW1 と同じである。

SW5 は ϕ 8mm のドリフトピン 8 本を千鳥配置とした仕様である。縁端距離、ドリフトピン間距離はすべて 7d を超えるように配置した。台形金物の角度は SW1 と同じであるが高さが少し大きくなっている。ただし、架台へ留め付けるボルトは 1 本となっているため幅が小さくなっている。

SW6 は SW5 のドリフトピンの本数を 2 本に減らした仕様である。

ドリフトピンを用いた仕様では金物とドリフトピンのクリアランスは 1mm とした。また台形金物を用いたすべての仕様において、超厚合板の切り欠き部は応力が集中しないよう φ 20 mm の丸孔を設けた。

表 9-1 に同じ原板から別途切り出した小試験体による含水率試験の結果から、使用した超厚合板の含水率と密度を示す。また表 9-2 に使用した金物の寸法と材質を示す。

試験体番号	含	含水率(%)			密度(kg/m³)				
SW1	10.2	(0.169)	437	(5.00)	
SW2	10.2	(0.120)	419	(4.04)	
SW3	9.72	(0.170)	404	(4.48)	
SW4	10.2	(0.314)	424	(5.46)	
SW5	10.2	(0.250)	422	(5.62)	
SW6	10.4	(0.203)	407	(5.46)	

表 9-1 超厚合板の含水率と密度

※ 括弧内は標準偏差

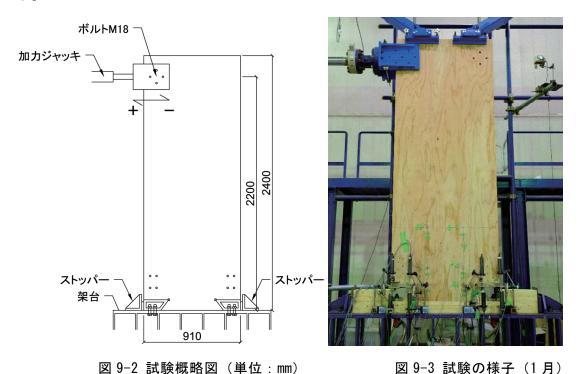
金物名称 試験体名称 寸法 材質 $SW1\sim SW3$ 板厚 22mm 台形金物 水平部・斜辺:板厚 22mm SS400 $SW4\sim SW6$ 鉛直部:板厚 12mm M22mm 長さ 90mm $SW1\sim SW4$ 強度区分 ボルト M22mm 長さ 255mm 10.9 SW5, SW6 ナット 強度区分5 共通 SW1, SW4 φ 16mm 長さ 120mm (テーパー加工) ドリフトピン SS400 SW5, SW6 φ8mm 長さ120mm (テーパー加工)

表 9-2 仕様金物の寸法と材質

9.3 試験方法

図 9-2 に試験概略図を示す。試験方法は木造軸組工法住宅の許容応力度設計 $^{2)}$ を参考にした。耐力壁は下端から 200 mm の位置で M18 mm のボルト 4 本を用いて加力ジャッキに接続し、正負交番繰り返し載荷を行った。繰り返しサイクルは $^{1/450}$, $^{1/300}$, $^{1/200}$, $^{1/150}$, $^{1/100}$, $^{1/75}$, $^{1/50}$ rad それぞれ 3 回繰り返しとし、それ以降は破壊または加力ジャッキのス

トローク限界まで単調載荷で引き切った。本試験では接合金物をストッパーで固定した柱脚固定式とした。また、SW5 と SW6 に関しては土台を設けて試験を行った。土台はベイマツの同一等級構成集成材 E120-F330、断面 $89~\text{mm} \times 140~\text{mm}$ 、長さ 1510~mm を用いた。SW5 と SW6 についてはボルトにせん断力を負担させないように、土台と同じ材を土台の上に MD ビス 4 本で固定し、金物に加わる水平力がストッパーに流れるようにした。架台との接続に用いたボルトには初期軸力として 5~kN 与えた状態で試験を開始した。試験は三井ホーム(株)千葉テクニカルセンターで行った。1~月の試験の様子を図 9-3~にそれぞれ示す。



9.4 破壊性状

SW1 の破壊時の全体の様子を図 9-4 に示す。変形角が 1/75rad となった段階から、台形金物の支圧力によってせん断破壊が進展した(図 9-5)。その後引きの 1/50rad の 1 回目で最大荷重を記録し、押しの 1/50rad の 1 回目で壁左脚部のドリフトピン上段部分から水平に中央よりやや右側まで超厚合板に割れが一気に発生した(図 9-6)。その後 1/50rad まで引きの 2 回目の加力を行ったが荷重は最大荷重の 9 割程度まで上昇した後、押しの際と同様に壁右脚部のドリフトピン上段部分から水平に超厚合板に一気に割れが発生した(図 9-7)ため、これ以上の加力は不可能と判断し試験を終了した。試験終了後ドリフトピンを取り出して確認するとドリフトピンはあまり変形していなかった(図 9-8)。

SW1 は曲げ応力に起因する引張応力によって縁切れ破壊が起きたと考えられる。SW1 は 縁距離を 3.75d とっていたが、超厚合板が単板を直交積層させた直交異方性の小さい材料 であったため縁距離が足りなかったと考えられる。





図 9-5 せん断破壊 (1/50rad 引き 1 回目)



図 9-8 ドリフトピン 変形性状(右脚部)

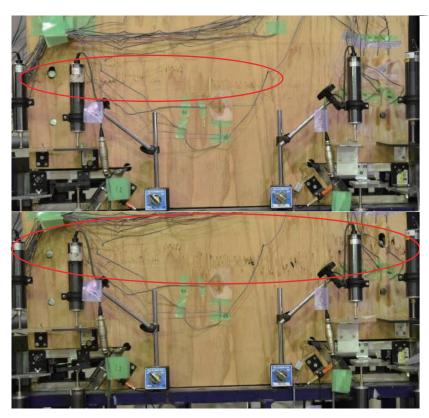


図 9-6 1/50rad 押し 1 回 目の破壊性状 ※図の赤丸の部分 で水平に割れが 発生している

図 9-7 1/50rad 引き 2 回 目の破壊性状 ※図の赤丸の部分 で壁右側からも割 れが発生した しかし壁が上下に 完全に分離する とはなかった

SW2 の全体の破壊性状を図 9-9、SW3 の全体の破壊性状を図 9-10 に示す。どちらも加力 ジャッキのストローク限界で加力を終了した。SW2 は変形角が 1/75rad となった段階で最

大荷重を記録し、SW1 と同様に台形金物の支圧力によってせん断破壊が発生した。その後せん断破壊が進展していった。(図 9-11)

SW3 は SW2 と同様に変形角が 1/75rad となった段階から台形金物の支圧力によってせん断破壊が発生した。その後せん断破壊が進展していき、変形角が 1/26rad となった段階で最大荷重を記録した。SW3 は SW2 と異なり台形金物に対して超厚合板がすべってしまい、切り欠き部直下ではなく合板下端に近い位置でせん断破壊が発生した。(図 9-12)

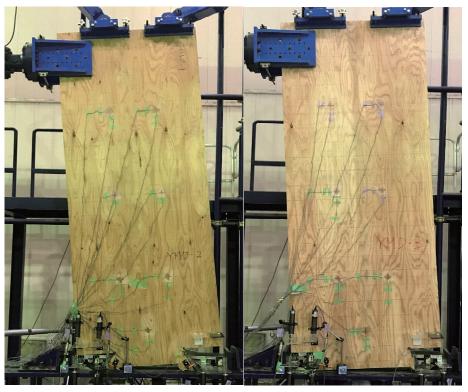


図 9-9 SW2 破壊性状 (全体 1/12rad)

図 9-10 SW3 破壊性状 (全体 1/12rad)

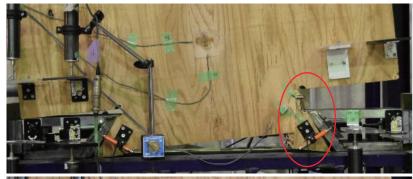


図 9-11 SW2 破壊性状(脚部)



図 9-12 SW3 破壊性状(脚部)

SW4 は 1/50rad の引き一回目で SW1 と同様に上段のドリフトピンの位置から曲げ応力に起因した引張応力によって縁切れ破壊を起こした。(図 9-13, 図 9-14) 試験終了後取り出したドリフトピンを図 9-15 に示す。SW1 (図 9-8) に比べると変形が小さかった。

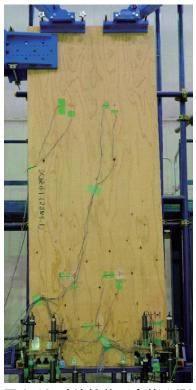


図 9-13 破壊性状 (全体 1/50rad)

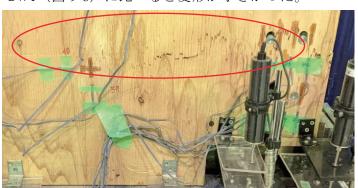


図 9-14 破壊性状 (脚部 1/50rad)



図 9-15 ドリフトピン変形性状

SW5 の全体の破壊性状を図 9-16 に示す。SW5 は変形角が 1/50rad となったあたりでドリフトピンが降伏し始め、さらにせん断破壊が起きた。それ以降ではせん断破壊が進展していく(図 9-17)とともに、ドリフトピンが曲がっていき、それによって超厚合板が面外に裂けるように割裂破壊した。(図 9-18,図 9-19)最終的にはこの割裂破壊が壁内部に進展していくことで荷重が低下し、荷重が Pmax の 80%以下に低下し試験を終了した。割裂破壊は超厚合板底面の全幅に渡っていた。(図 9-20)

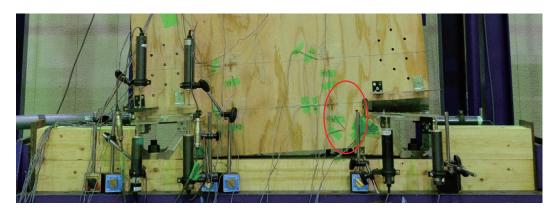


図 9-17 破壊性状 (脚部)

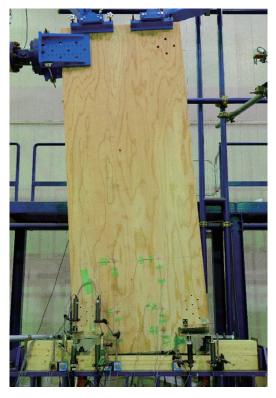










図 9-19 割裂破壊(内部)



図 9-20 破壊性状 (壁底部)

SW6 については基本的に SW5 と同じような特徴、破壊となった。(図 9-21、図 9-22)ただし、SW5 と異なり割裂破壊があまり進展しなかった(図 9-23)。また右側接合部においてせん断破壊が発生し、金物が大きく回転した。ドリフトピンは加力中は SW5 と同程度曲がっていた(図 9-24、図 9-25)が、図 9-26、図 9-27 に示すように破壊後取り出したドリフトピンは SW5 のものに比べて SW6 のものはかなり曲がっていた。これは除荷の際に SW5 のドリフトピンは曲げ戻されたが、SW6 のドリフトピンは SW5 よりも全体の変形角が大きく、超厚合板から抜けてしまい曲げ戻されなかったためと考えられる。



図 9-21 破壊性状 (壁脚部)

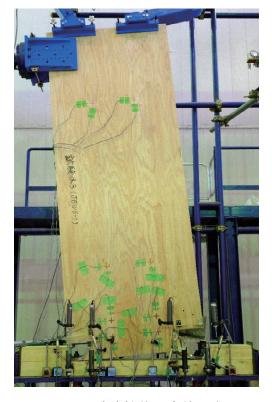






図 9-22 SW6 破壊性状 (全体 1/12rad) 図 9-23 SW6 破壊性状 (割裂破壊)

図 9-24 SW5 加力中の ドリフトピン変形性状

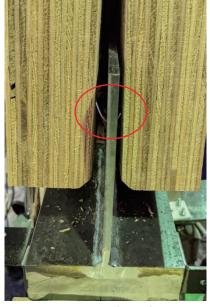


図 9-25 SW6 加力中 ドリフトピン変形性状



図 9-26 SW5 DP 変形性状



図 9-27 SW6 DP 変形性状

9.5 荷重変形角関係

実験で得られた荷重変形角関係について木造軸組み工法住宅の許容応力度設計 ²²⁾を参考にして耐力壁の特性値を算出した。図 9-28 に得られた包絡線と完全弾塑性近似を示す。本試験で用いた耐力壁は柱や梁を設けておらず、従来の耐力壁に比べて接合部付近の変形

の割合が耐力壁内部の曲げやせん断による変形よりも大きかったため、耐力壁上部と下部 の絶対水平変位を用いて求めた見かけの変形角で評価することとした。

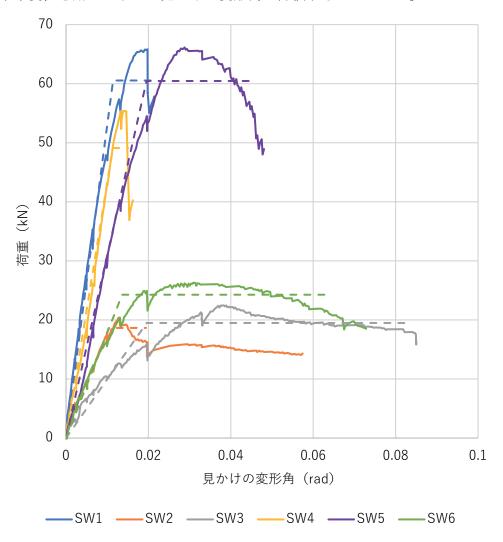


図 9-28 包絡線と完全弾塑性近似 ※ 実線が包絡線、破線が完全弾塑性近似

SW1 と SW4 は最大荷重を迎えた後、縁切れ破壊によって急激に荷重が低下した。SW2 はせん断破壊によって最大荷重を迎えた後、少し荷重が低下したが、その後はあまり荷重が低下せず粘り強い挙動を示した。SW3 においても SW2 と同様にせん断破壊によって最大荷重を迎えた後、緩やかに荷重が低下した。SW5 は最大荷重を迎えた後、割裂破壊が超厚合板内部に進展していくのに従って徐々に荷重が低下した。SW6 は最大荷重を迎えた後、せん断破壊が進展していくにつれて緩やかに荷重が低下した

また表 9-3 に特性値と壁倍率を示す。SW1, SW2, SW4, SW5, SW6 は 0.2Pu/Ds で壁倍率が決まり、SW3 は剛性で壁倍率が決まった。最大耐力は SW1 と SW5 が最も高く、想定通り SW5 は SW1 と同程度の最大耐力となった。また壁倍率の算出の際の 4 つの基準耐力のバランスが最もよかったのは SW6 であった。

表 9-3 特性値と壁倍率

試	験体名		SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6
壁長さ	В	(m)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
最大荷重	Pmax	(kN)	65.8	20.4	22.5	55.4	66.1	26.3
降伏荷重	Py	(kN)	37.3	12.7	11.3	50.5	36.7	14.3
終局荷重	Pu	(kN)	60.5	18.6	19.5	49.1	60.5	24.3
最大変形角	y max	(rad)	0.0198	0.0128	0.0383	0.0133	0.0288	0.0310
降伏変形角	γy	(rad)	0.0067	0.0065	0.0102	0.0116	0.0116	0.0077
第一折点	γv	(rad)	0.0114	0.0104	0.0196	0.0114	0.0195	0.0136
終局変形角	γu	(rad)	0.0214	0.0194	0.0822	0.0151	0.0459	0.0639
初期剛性	K	(kN/rad)	5301	1793	995	4325	3094	1782
塑性率	μ		1.87	1.86	4.19	1.33	2.35	4.69
構造特性係数	Ds		0.603	0.605	0.368	0.777	0.520	0.345
1	Py	(kN)	37.3	12.7	11.3	50.5	36.7	14.3
2	$P_{1/120}$	(kN)	42.2	14.9	9.28	33.9	24.1	14.5
3	0.2Pu/Ds	(kN)	<u>20.1</u>	<u>6.16</u>	10.6	<u>12.6</u>	<u>23.3</u>	<u>14.1</u>
4	2/3 <i>Pmax</i>	(kN)	43.9	13.6	15.0	36.9	44.1	17.5
短期基準耐力	P_0	(kN)	20.1	6.16	9.28	12.6	23.3	14.1
壁倍率		(倍)	11.3	3.45	5.20	7.09	13.0	7.88

注:①~④中の下線部は4つの指標の中の最小値(=短期基準耐力)

9.6 まとめ

超厚合板耐力壁の水平載荷試験を行った。ドリフトピンの配置を決定する際に、従来の基準をもとに端縁距離やドリフトピン間距離を決定したところ縁切れ破壊が起きた。これは超厚合板が直交異方性の小さい材料であることが影響していると考えられる。一方で、縁距離を7.5dと十分に確保することで縁切れ破壊を防ぐことができた。また、台形金物を用いることで支圧力によって耐力壁脚部に働く引張力に抵抗できた。さらに支圧力によって生じる一般的には脆性的な破壊とされているせん断破壊が、超厚合板においては靭性の高い破壊となった。

参考文献

- (1) 日本建築学会:木質構造設計規準・同解説, p.42, 2006
- (2)(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年版), pp.291-304, 2017.9

10. 含水率変化および断熱・透湿性能の検討

10.1 はじめに

木質材料は水分の吸脱着により寸法変化が生じることが知られている。そのため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考慮して、設計に反映する必要がある。一方、近年においてゼロカーボン社会の実現のために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係数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よう。

しかしながら、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はいない。そこで、本項では含水率変化と寸法安定性、 断熱性能、透湿性能についての測定を行うとともに、試験の要改善点を検討した。

表 10-1 に本項で試験に用いた合板の種類を示す。内訳は 60mm 厚合板 4 種、144mm 厚合板 2 種である。

試験体記号	材厚(mm)	単板選別	積層方法
60A	60	60~69	ワンショット
60B		00 09	2次接着
60C		60~89	ワンショット
60D		00, 03	2次接着
144A	144	60以上	ワンショット
144B	144	00以上	2次接着

表 10-1 試験に用いた合板

10.2 含水率変化

含水率とそれに伴う寸法変化については、試験体を高湿状態におき重量増加と寸法変化 を測定した。

10.2.1 試験方法

試験装置となる恒温恒湿器の容量から、60mm 厚試験体では 60C,60D、144mm 厚試験体は 144A と 144B の計 4 種を試験に用いることとした。試験体の寸法は長さ 300mm×幅 100mm× 合板厚とした。製造工場において長手 500mm 以上、短手 300mm で切り出され送付された合板から、元になった合板の長手方向を試験体長さ方向としたものを 1 体(試験体A)、短手方向を試験体の長さ方向とした 1 体(試験体B) を採取して吸湿用試験体とした。また、試験終了まで全乾法による測定が出来ないため、近接する部分から試験開始時の含水率を予測するための試験体(C)を採取した。試験体数はそれぞれ n=2 とした。各試験体は加工

後に 20^{\circ}C65%RH の恒温恒湿室内で 24 時間あたりの重量変化率が 0.1%になるまで養生した。重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。

従来、合板等の木質面材料については寸法変化(線膨張率)測定には ASTM¹⁾や日本木材 学会木質パネル研究会(当時,同懇話会)の提案手法²⁾等のいくつかの方法が存在するが、厚物合板を想定したものはない。そこで、専用の測定治具等を検討するために厚物合板の吸湿による寸法変化の概要を把握すべく、厚物合板の各面に多点の測定点を設定して寸法変化を検討することとした。

測定点の概要を図 10-1 測定点の概要に示す。測定点は各面の端部から 10mm の 8 カ所と中央部 1 カ所とした。これは、端部が吸湿により膨潤しやすく中心部と差異が発生すると予測したためである。測定においては、厚さ方向はリニアゲージ(ミツトヨ社: ID-C1050XB、測定最小値: 0.001mm)、幅方向及び長さ方向の測定にはデジタルノギス(ミツトヨ社: CD-30AX、測定最小値: 0.01mm)を用いた。リニアゲージにおいては、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℃の恒温室にて保管して寸法安定性の確保に努めた。

養生後の試験体の重量および寸法を測定した後、 20° C90%RH の恒温恒湿槽(エスペック社: PR-2J、容量 225L、アドバンテック社: THN060FA、容量 225L)に試験体を投入した。 試験体間は 2° 3cm の隙間を空け空気の循環に努めたが、含水率変動に位置による差が見受けられたため、 2° 3 日ごとに試験体の位置を恒温室内で移動するようにした。

10.2.2 結果

試験体の採取方向による差異が明確ではなかったため、以下の考察では試験体AとBの平均値を用いて考察を行った。図 10-2 に 60mm 試験体の含水率の増加傾向を示す。前述のとおり、吸湿用試験体を全乾状態にすることが出来ないため、近傍の試験体Cの含水率を初期含水率としている。含水率は初期の1週間程度で大幅に増加し、その後は一定の傾向を示した。これは、表面近くの含水率が周囲雰囲気とほぼ平衡に達した後、内部の水分拡散が支配的になったためと考えられる。なお、含水率変化においては、ワンショットと2次接着の差は明確ではなかった。

図 10-3 に厚さ方向の端部部分(測定点 $1\sim4$ 、 $4\sim10$ の平均値)と中央部分(測定点 5)の変化率(%)を示す。

変化率= ((測定值-試験開始值)/試験開始值)×100 (式 10-1)

図から、吸湿に従い材厚が増加し、端部は中央より変化率が大きい。同様に長さ方向、幅方向の変化率を図 10-4、図 10-5 に示す。両者とも吸湿初期の 2 週間程度でごくわずかに増加するが、その後は大きな増加傾向は見られない。これは、吸湿初期には単板の表面近くの端部がごくわずかに膨潤するが、合板の積層接着による寸法安定性により、それ以上の寸法変化が抑制されたためと考えられた。また、ワンショット、2 次接着試験体間の傾向は厚さ方向ではワンショットがやや大きい結果を示したが、長さ、幅では大小が入れ替わるなど明確ではなかった。なお、144mm 厚合板の測定については、60mm 厚と同様の傾向であるため付録に掲載する。

吸湿により長さ方向、幅方向の表面は単板の積層方向によって波打つ傾向が見られ、測定時の計測器の端子の接触のさせ方によって測定値に変動が発生したと考えられたことから、治具や計測器の検討が必要である。また、吸湿が長期にわたることが予想されるため、今後試験体数を増やすには、初期の吸湿量の多い期間には恒温恒湿器を用い、その後は飽和塩を用いた吸湿箱等に試験体を移動させるなどの工夫が必要と考えられた。

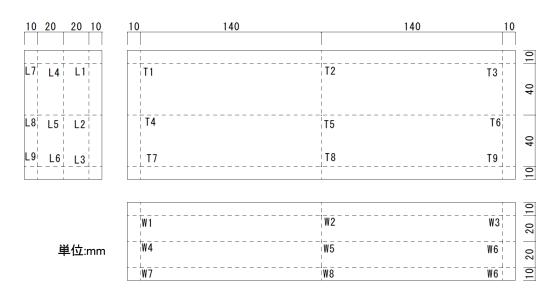


図 10-1 測定点の概要(60mm 厚試験体の例)

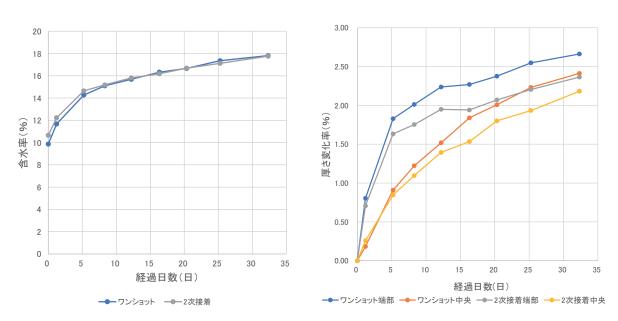
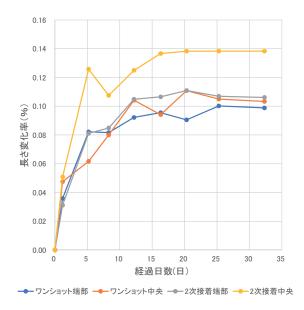


図 10-2 含水率の経時変化

図 10-3 厚さ方向の寸法変化率



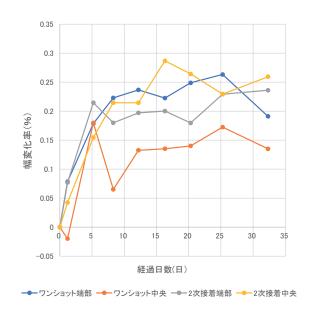


図 10-4 長さ方向の寸法変化率

図 10-5 幅方向の寸法変化率

10.3 断熱性能の検討

断熱性能の指標として用いられることが多い、熱伝導率の測定を行った。なお、今回は 従来の木質面材料と同様に厚さ方向(面外方向)の熱伝導率を測定することとした。

10.3.1 試験方法

測定に用いた熱伝導率試験装置の測定可能試験体厚の上限が 100mm であるため 60mm 厚合板のみの試験を行った。試験体は 60A~60D の 4 種類とした。元になった合板から長手 300mm、短手 300mm に製造工場で切り出され、送付された試験体を用いた。試験体を 23℃ 50%RH の恒温恒湿室内で養生し、24 時間あたりの重量変化が 0.1%以内となったことを確認してから、測定に供した。

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一第 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 (Δ 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 10-6)。測定にはネッチジャパン社:HFM-446を用いた(図 10-7)。測定可能な試験体寸法の最大は長さ 310mm×幅 310mm×厚さ 100mm である。測定温度は 23℃とし、熱盤の温度差を 20℃ (高温側 33℃、低温側 13℃)とした。熱伝導率測定の前後に試験体の寸法をノギス(ミツトヨ社:CD-30AX および NTD-15、測定最小値 0.01mm)、重量を電子天秤 (エーアンドディ社:FZ-3000i、測定最小値 0.01g)で測定した。

10.3.2 結果

得られた結果のうち、23^{\circ}Cの結果を表 10-2 に示す。また、表中に 24mm の厚物合板の値を参考のために示す。平均値は 0.096 から 0.11 W/(m·K)の範囲内にあり、24mm の厚物合

板に近い数値といえる。また、標準偏差の 2σ を加えた値は0.12以下であり、従来からの合板の熱伝導率の値である $0.16W/(m\cdot K)^3$ を十分に下回っている。このことから、従来値を60mmの超厚合板に用いることについては安全側であり、問題は少ないと考えられる。なお、ワンショットと2次接着、単板選別による大きな違いは見られなかった。

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⁴⁾。今回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 10-8 である。密度の変動幅が小さいことから明確とはいえないが、密度に対して正の関係があることが今回の結果からも確認できた。2 次接着試験体の平均熱伝導率がごくわずかに高い傾向が見られたことも、試験体の密度が高かったことに起因する可能性がある。

なお、断熱性能(熱伝導率)については、製造元が異なる 60mm 厚合板の測定値を付録に示す。

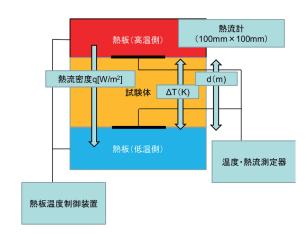


図 10-6 熱伝導率測定の概念図



図 10-7 使用した測定装置

試験体記号	厚さ(mm)		密度(kg/m³)		熱伝導率(W/m·K)		
的"大"件"记"分	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均+2σ
60A	62.3	0.715	387	5.6	0.096	0.0025	0.101
60B	60.3	0.127	421	14.7	0.110	0.0036	0.117
60C	62.8	0.911	405	10.2	0.096	0.0011	0.098
60D	60.3	0.095	423	8.3	0.102	0.0068	0.116
(参考) 24mm	23.8	0.428	380	11.1	0.096	0.1017	0.116

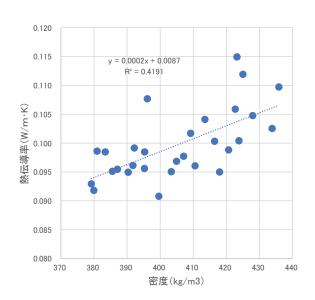


図 10-8 密度と熱伝導率の関係

10.4 熱伝導率の予測手法の検討

今回用いた熱伝導率測定装置の測定最大厚は100mmであり、これ以上の試験体の測定を行うことができない。一方、木質材料内の熱移動については、木質材料を木材実質と接着剤からなる複合材としてみなし、それぞれが平衡に積層すると想定して、熱流に対する並列および直列モデルとその複合体として考察することが出来る4。合板において面に対して垂直方向の熱伝導を考える場合、熱流は積層方向に対して直角となることから直列モデルとみなすことが可能であり、超厚合板のように積層数が極めて多い場合は層を構成するエレメントの配置による差異は小さくなり、熱抵抗は材厚に比例するとみなすことができると考えられる。そこで、熱抵抗が既知の合板を積層して厚さを順次増加させ、その場合の熱抵抗を測定して材厚と比例するかを確認した。

10.4.1 試験方法

試験体として 24mm の厚物合板(スギ)4 体を用いた。これらの熱抵抗と熱伝導率をあらかじめ測定した(表 10-3)。測定方法は、10.3 と同じ JIS A 1412-2 によった。これらを 2 ~4 枚順次積層して熱抵抗を測定し、積層順を変えながら 4 回繰り返した(図 10-9)。なお、積層順を変える場合には、積層順番が各試験間で同じとならないように設定した(表 10-4)。また,積層に際し合板間の接着は行っていない。

10.4.2 結果

図 10-10 に材料厚と熱抵抗の関係を示す。両者は良好な比例関係を示した。また、60mm の熱抵抗は 0.5 から 0.7 ($m^2 \cdot K/W$) の範囲内にあり、今回の関係式からの推定値に近い値を

示している。ただし、検討に用いた 24mm 合板と 60mm 合板とでは単板の性状や接着剤が異なるため、今後は両者をそろえた検討をすべきであろう。

表 10-3 使用した 24mm 厚合板の物性値

試験体	厚さ (mm)	熱抵抗(m²·K/W)	熱伝導率(W/(m・K))
1	23.9	0.255	0.0939
2	24.5	0.25	0.0979
3	24.6	0.238	0.1034
4	24.0	0.251	0.0955

表 10-4 試験時の積層順

試験番号	積層順
1	1-2-3-4
2	2-4-1-3
3	3→1→4→2
4	4→3→2→1



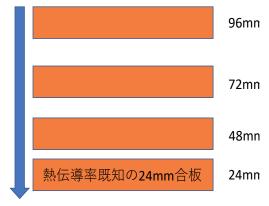
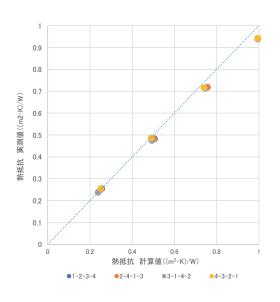


図 10-9 熱伝導率予測方法の概念図

図 10-10 材料厚と熱抵抗の関係



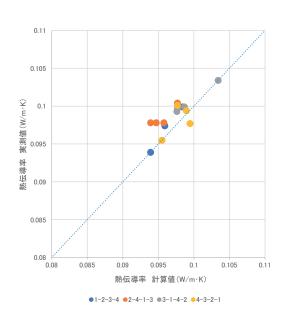


図 10-11 熱抵抗の計算値と実測値の比較

図 10-12 熱伝導率の計算値と実測値の比較

図 10-11 に熱抵抗の計算値と実測値を示す。ここでの計算値とは、各合板の熱抵抗を合計したものである。積層数が増えると実測値は計算値よりやや小さくなる傾向はあるものの、両者はほぼ同様の増加を示した。

熱抵抗 $R(m^2 \cdot K/W)$ と熱伝導率 $\lambda(W/(m \cdot K))$ と材厚 d(m) の間には次式の関係があることから、熱抵抗の予測によって熱伝導率を推定することが可能となる。

$$R=d/\lambda$$
 (式 10-2)

図 10-12 に熱伝導率の計算値と実測値の関係を示す。やや実測値が計算値より高くなる傾向が見られた。原因としては、材厚の増加による側面からの熱の収支が異なる可能性や、温度による熱伝導率変化の影響等が考えられるが、今後の検討が必要である。

これらのことから、今後の精査が必要ではあるが、測定可能な材厚の合板の測定値から測定が難しい材厚の材料の熱抵抗および熱伝導率を予測できる可能性が示された。

10.5 透湿性能

湿気に係る性能のうち、結露性状計算等に使われることの多い透湿係数の測定を行った。

10.5.1 試験方法

透湿係数の測定は 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 10-13 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。このカップを 23℃50%RHの環境下におき、重量変化を経時的に測定して重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、その時点の重量増加量から次式により透湿係数を算出する。なお、試験は重量増加が50gを超えた時点で終了することとなっている。これは、吸湿剤の吸湿力が低下するためとされている。このため、厚物の木質材料では試験開始時に材内に存在する水分量が多いために、材内の湿気移動が一定となる前に重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。この問題に対し、森林総合研究所と静岡大学で、吸湿剤を交換可能な透湿カップを開発している(図 10-14)。これは、ステンレス製のカップと試験固定用のボルト止め治具から構成されており、試験体とカップ間のシールは軟質ゴムで行われている。今回、超厚合板の透湿係数を測定するに当たり後者の測定装置を使用することとした。

試験に先立ち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、重量変化を 1 週間測定したところ、重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、透湿カップ数の制約から 60mm 厚合板は 60C および 60D、144mm は 144A および 144B の各種類につき n=1、計 4 体とした。試験体は、熱伝導率測定後に透湿試験に用いた。超厚合板は従来の木質面材料に比較して極めて厚く、短期的には透湿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 23℃50%RH の恒温恒湿室内で 24 時間あたりの重量変化が 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重量計測を行い、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。ブランク試験体に用いた合板は、カップ試験と密度が近しいものを選んだ。

作製した試験体およびブランク試験体を 23° C50%RH の恒温恒湿室内に設置し、経時的に重量を測定した。なお、重量測定には電子天秤(メトラー社: PC16 およびエーアンドディ社: GX-32001M、最小秤量ともに 0.1g)を用いた。

10.5.2 結果

透湿カップの重量変化からブランク試験体の結果を減じたものが図 10-15 である。試験開始後は変化量が負になるなど不安定であるが、1ヶ月後近辺からごくわずかに増加した。しかしながら、試験体重量に対する吸湿量の増加は 0.02~0.03%程度であり、1ヶ月程度ではほぼ湿気を通さないと考えられた。なお、144mm 厚合板の測定値を付録に示す。

今後は測定を継続するとともに、熱伝導率のように性能予測手法の検討が必要であるといえた。

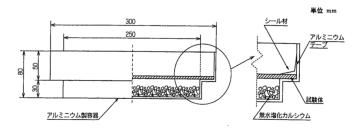


図 10-13 JIS A 1324 における透湿カップの模式図 5)

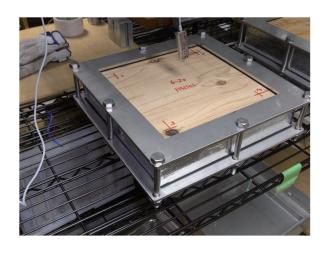


図 10-14 長期試験用透湿カップ (60mm 試験体の設置図)

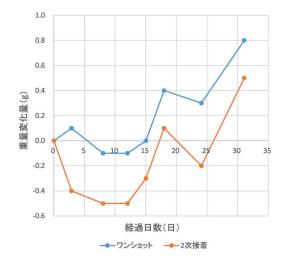


図 10-15 透湿試験の重量経時変化

10.6 まとめ

1)含水率変化

20℃65%RH から 20℃90%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見られた。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。

2) 断熱性能の検討

60mm 厚の合板の断熱性能については、従来の 24mm の厚物合板とほぼ同様であり、従来の合板の性能値である 0.16W/m/K を上回る可能性は小さいと判断された。ワンショットと 2 次接着の製造方法の違いはわずかであり、また単板強度選別の有無との関係は明確ではなかった。

3) 熱伝導率の予測手法の検討

24mm 合板を複数枚積層して熱抵抗および熱伝導率の測定を行った結果から、既知の合板の熱性能値から、測定の難しい材厚の材料の熱抵抗、熱伝導率を予測できる可能性が示された。

4) 透湿性能

透湿カップによる試験を行い、1ヶ月の試験では 60mm 厚合板は湿気をほとんど通過させていないことがわかった。

木質材料における熱・湿気に係る試験は無機材料等に比べ長期にわたることが多いが、 超厚合板では特に試験が長期となることから、今後も測定を継続する必要がある。また、 性能値の予測手法を検討することも重要といえる。

なお、従来の木質材料の熱伝導率は使用面積に対して厚みが十分に小さかったため、使用時の熱の移動は厚さ方向(面外方向)の一次元とみなせた。そのため、熱・湿気にかかる性能試験では、厚さ方向(面外方向)の測定を行うことがほとんどであったが、超厚合板の場合は面内方向の断面積が大きくなるため、実際の使用時には面内方向にも熱・湿気の動きが発生する可能性がある。また、単板の積層材料であるため、面外方向と面内方向では熱・湿気性能の性質が異なる可能性が高い。これらのことから、今後は面内方向の測定も検討すべきであろうと考えられた。

参考文献

- 1) ASTM D 1037-12 "Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials1"
- 2) 日本木材学会木質パネル研究会:「木質パネル第二次耐久性評価プロジェクト」研究成果報告書
- 3) (一財) 建築環境・省エネルギー機構:「住宅の平成25年省エネルギー基準の解説」
- 4) 例えば、F.P.Kollmann et al. :Principles of Wood Science and Technology I, II
- 5) JIS A 1324:1995「建築材料の透湿性測定方法」

11. 総括

本事業では、スギ、ヒノキ、カラマツを対照樹種とした超厚合板(厚さ 144mm、60mm)を 試作し、製造因子の影響について検討したのち、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、含水率変化および断熱・透湿性能について 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

単板の選別水準を変えた超厚合板を試作した。単板選別は設定水準に従って異なるヤング係数分布を持つ試料集団として選別可能であった。選別した単板を用いて試作した超厚合板の曲げ性能は、選別の程度に従って異なっていたが、その差は大きいものではなく、一定水準の性能を担保しながら、生産効率を優先できる可能性が示唆された。

試作工程は、従来の合板製造ラインを用いたため負担が大きく、実生産にあたっては工程・設備に対する検討が必要である。

11.2 曲げ試験結果について

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6倍-6倍-6倍(3等分点)の条件で、概ね曲げ破壊を先行されて試験することが可能であった。また、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。

単板の等級区分について、60-69tf/cm²と 60-89tf/cm²とでは、上限値を大きく取った仕様で曲げ強度、曲げヤング係数の向上が確認された。

上限値を設けない等級区分 60tf/cm²以上の仕様は、正規分布の上限値はあまり変わらないものの、平均値と正規分布の下限値が 60-89tf/cm²よりも高くなった。

単板の選別を行わない仕様では、曲げ強度、真の曲げヤング係数は 60-89tf/cm² で選別を行なった仕様と近い傾向の結果となり、見かけの曲げヤング係数では 60-89tf/cm² よりも高い結果となった。

これらのことより、単板選別は厳格な水準で行う必要はないと考えられ、ある程度の幅を持った選別を行っても、一定水準の性能を担保可能であると予測された。

試験の寸法条件は、ヒノキ、カラマツの場合、超厚合板の厚さに対して8倍-4倍-8倍の条件で実施したところ、曲げ破壊が先行する条件で試験が可能であった。

単板の等級区分の上限値を大きくしたことによる曲げ強度への影響は、ヒノキ、カラマツともに等級区分による影響は見られなかった。曲げヤング係数への影響は、等級区分の幅を小さくすることで、見かけの曲げヤング係数のばらつきが小さく結果が確認された。

平行層理論により推定した推定値と実験値の関係では、実験値が正規分布に従うとすると、曲げ強度の実験値の下限値が推定値に近い値となった。また、曲げヤング係数について、ヒノキ試験体では、等級区分の幅が小さい 90-99tf/cm² 仕様の見かけの曲げヤング係数を最も適切に評価できる結果となり、カラマツ試験体では、等級区分の幅が大きい 120-149tf/cm² 仕様の見かけの曲げヤング係数が最も適切に評価できる結果となった。

以上、まとめると、試作した超厚合板の曲げ性能は、集成材やLVLと同様の試験方法によって概ね評価可能であったが、製品仕様によっては試験方法を検討する必要がある。単

板選別の異なる超厚合板では、曲げ性能も異なっており、単板選別により超厚合板の曲げ性能の下限値を制御可能であることが分かった。一方、単板選別の水準が異なっていても、測定される曲げ性能に有意な差がないものもあり、性能に影響を与えない範囲で単板選別の効率化が測れる可能性がある。また、超厚合板の曲げ性能の実測値は平行層理論により予測した理論値と概ね一致し、従来の合板同様、平行層理論で性能設計が可能であることが分かった。

11.3 水平せん断試験結果について

水平せん断試験後の破壊形態は、平使いにおけるせん断破壊では、ほとんどが裏割れを 起点としたであった。2次接着の接着層からの破壊はなかった。スギでは曲げ破壊、ヒノ キではめり込み破壊が多かった。縦使いは多くが曲げ破壊であった。

加力方向についてみると、全ての樹種、タイプで縦使いが平使いより、測定されるせん 断強さが高く、その比は単板積層材より大きかった。

試作した超厚合板の水平せん断性能は、LVL と同様の試験方法によって評価可能であったが、破壊形態として曲げ破壊、めり込み破壊がみられ、試験方法の検討が必要である。 本年度の試験方法の検討結果については次項を参照されたい。

せん断強さは縦使い>平使いであったが、単板の選別方法による有意な違いは見られなかった。LVL と同様、設計用のせん断性能の導出方法については今後の検討が必要である。

11.4 水平せん断試験方法の検討結果について

厚さ 60mm の試作超厚合板を用いて、水平せん断試験時のスパン、荷重点形状、支点板幅、支点形状について検討した。平使い方向の試験結果では、支持板幅の影響を受け、測定されるせん断強さが異なる結果となった。ただし、一般的な CLT のように厚さが厚くなり、それに伴って試験時のスパンが長くなれば支点板の幅の影響はほとんど見られなくなること、荷重点用治具が平板であってもさほど結果に影響がないことが予想された。逆に、試験対象合板の厚さがさらに薄くなると、今回の検討結果よりも、より支点板幅の影響・荷重点用治具の形状の影響が大きく出る可能性がある。また、荷重点用治具に曲板を使用する試験法では、試験対象合板の曲げ剛性および部分圧縮に対する硬さにより、荷重点用治具端部が試験体に接触する荷重が異なってくる。特に、薄い合板の試験を行う場合、樹種や層構成の影響により試験がうまくできなくなる事態が発生する可能性もある。

縦使い方向については今回の試験条件ではせん断破壊が起こらず、せん断強さを求めることを目的とした場合、この試験法を適用することは不適当という結論となったが、破壊 形態の観察を併用すれば品質管理試験としては問題ないと考えられた。

11.5 接着性能試験結果について

単板積層材の JAS 規格において構造用単板積層材に対して規定される接着剝離試験を超厚合板に適用した結果、試験片全体の剝離率は低く、本事業で用いた製造条件においては良好な接着が得られていることが示唆された。一方、特に同一接着層における剝離の評価については、判断基準や試験結果の判定について今後も検討が必要であると考えられる。

さらに、測定対象となる接着層数が多いため、他の簡便な測定方法について検討する必要がある。

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接合部の二面せん断性能を測定した。最大支圧強度、最大支圧強度を与える変形量は、ともに試験体の方向(表層単板の繊維方向および表層単板の繊維直交方向)によらずほぼ同じ数値を示し、超厚合板が支圧性能に関して等方性を示すことが分かった。二面せん断性能については、接合仕様および超厚合板の仕様ごとに降伏荷重、最大荷重、初期剛性を求めた。得られた成果は、超厚合板を用いた建築物の構造設計の基礎として活用できる。

11.7 面内せん断性能試験結果について

超厚合板の耐力壁について水平せん断試験を行ったところ、構面としての面内剛性について把握し、超厚合板は壁構面として優れた性能を有することが分かった。面内せん断性能を十全に発揮するためには、脚部の接合性能を高める必要があり、今後の検討課題と考えられる。

11.8 含水率変化および断熱・透湿性能の検討結果について

木質材料は水分の吸脱着により寸法変化が生じることから、木質材料を建築物等に使用する際には、寸法変化をあらかじめ考慮して、設計上の許容差に反映する必要がある。

一方、近年では、ゼロカーボン社会の実現のために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)が新設されている。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係数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。しかし、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はいない。そこで、本項では含水率変化と寸法安定性、断熱性能、透湿性能についての測定を行うとともに、試験の要改善点を検討し、以下の結果を得た。

含水率変化については、20℃65%RH から 20℃90%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見られた。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。

60mm 厚の合板の断熱性能については、従来の 24mm の厚物合板とほぼ同様であり、従来の合板の性能値である 0.16W/m/K を上回る可能性は小さいと判断された。ワンショットと 2 次接着の製造方法の違いはわずかであり、また単板強度選別の有無との関係は明確ではなかった。

熱伝導率の予測手法の検討については、24mm 合板を複数枚積層して熱抵抗および熱伝導率の測定を行った結果、既知の合板の熱性能値から、測定不能な材厚の材料の熱抵抗、熱 伝導率を分割試験により予測できる可能性が示された。 透湿性能については、透湿カップによる 1 ヶ月間の試験では厚さ 60mm の超厚合板は湿気をほとんど通過させていないことがわかった。

木質材料における熱・湿気に係る試験は無機材料等に比べ長期にわたることが多いが、 超厚合板では特に試験が長期となることから、今後も測定を継続する必要がある。また、 予測手法を検討することも重要といえる。

熱・湿気性能の測定に関して、超厚合板の場合は面内方向の断面積が大きくなるため、 実際の使用時には面内方向にも熱・湿気の動きが発生する可能性がある。更に超厚合板は 単板の直交積層材料であるため、面外方向と面内方向では熱・湿気性能の性質が異なると 考えられるため、今後は面内方向の測定も検討すべきである。

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選別程度と基礎物性、接合部性能、耐力壁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・評価を行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。含水率変化については、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(長期使用による低減)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、更に検討を行い、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ことが可能となる。

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 深甚の謝意を表する。

また、東京大学木質材料学研究室の高橋凌史氏、山田航也氏、練子祐介氏には実験の実施と結果の取りまとめに協力いただいた。合わせて感謝したい。

- 12. 付録
- 12.1 技術開発委員会議事録

12.1.1 第1回委員会 令和3年7月5日

委員長:それでは、議事に従いまして進めたいと思います。まず議事次第の4 (1)、超厚合板の補助事業について。資料3で今年度のスケジュールが出ておりますが、今年度は木構造振興㈱様からの助成です。木構造振興㈱様から国への報告が3月末ですので、日合連から木構造振興㈱への報告は1か月ほど早く進めなければいけないということになっております。

本日の第1回の委員会で今年度試作する試験体の仕様を決めさせていただいて、できれば秋口ぐらいまでに試作、それから性能の試験に着手をいたしまして、年内にはある程度のめどを付けたいというところです。特に今年度は11月に合板技術講習会が開かれる方向で検討されているというふうに伺っておりますので、そちらで、できればこの超厚合板に関する情報提供を行い、普及につなげたいと思っております。ですので報告書に関しましては12月から1月というようなところになってまいります。

資料1に今年度の委員の皆さま方のお名前が載ってございます。こちらについて、実際に試験を担当いただきます委員の方々には、お手数お掛けいたしますが、どうぞご協力のほどよろしくお願いいたします。また、社会情勢が許すかどうかなんですけれども、秋口ぐらいになって今の世の中が落ち着いていれば、ぜひ実験をしている場面を皆さんにご覧いただくようなこともしたいというふうに思っておりますので、こちらは状況次第ですけれども、できる方向になりましたらまたご案内申し上げますので、どうぞよろしくお願いいたします。よろしいでしょうか。

それでは、続きまして、資料6からお話をさせていただきたいと思います。先ほどの資料5の交付申請書のような形で今年度事業を実行するのですが、資料6に、まず昨年度の実施結果について表がまとまっております。まず試験体に関しましては、樹種がスギ、ヒノキ、カラマツの3樹種の試作を行っております。それぞれ単板を機械的等級区分をしておりまして、スギについては60から69、60から89、ヒノキについては90から99、90から119、カラマツにつきましては120から129、120から149ということで、ヤング係数をいわゆる10刻みのものと30刻みのものでそれぞれ単板の選別を行いました。単板選別10刻みというのは集成材の選別基準に合わせた形、選別が30幅というのはCLTに合わせた形となっております。

それぞれの単板選別に対して、積層の方法として、ワンショットと2次接着ですね。2次接着というのは厚さ24mmの厚物合板を製造し、それを6枚2次接着するという形でワンショットのものと厚さを揃えるということにしております。ワンショットと2次接着で当然、単板の構成が変わっておりまして、積層数が2次接着のほうが1層多いというような形になっております。

この試作したもののうち、スギに関しまして、東京電機大や宮城県林業技術総合センター、 日本合板検査会、それから森林総研がそれぞれ分担をいたしまして、曲げ試験、水平せん断試 験、接着試験を行いまして、その物性の把握をしたところです。ヒノキとカラマツについては 昨年度事業では試作まで行っておりますので、本年度はこれらの評価から始めたいというふう に考えております。

まず資料6の1ページ目、昨年度試作分に関する試験の実施というところについてはいかがでしょうか。何かご質問、ご意見ございましたらいただきたいと思いますが、いかがでしょうか。よろしいですか。はい、ありがとうございます。

それでは、資料6の2枚目をご覧ください。こちらが今年度の計画です。まず一番上の表です。こちらに関しましては、昨年度試作をいただいたヒノキ・カラマツに関する実験計画ということで、測定は昨年度に準じまして、それぞれ宮城県林業技術総合センター、それから日本合板検査会、東大、東京電機大に分担をいただきながら進めていただくようなイメージで思っております。それぞれ昨年度と同じ曲げ試験、水平せん断試験、接着試験を行っていただきたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

それから一番右側に秋田木高研とありますが、こちらは秋田木高研に、単板のデータを使ったシミュレーションをしていただきたいなと思っております。これまでの試作に当たりましては、単板は全数、ヤング係数の測定をしていただいておりまして、その生のデータがございますので、これから試作を繰り返していくのは金銭的・労力的になかなか大変ですので、そういった分布を持った単板を使った製品がだいたいどのようなイメージになるのかというところを、シミュレーションで予測をしていただこうと思っております。

それから2つ目の表が、これも昨年度の残りの部分です。スギにつきましては1つ目の表と同じ曲げ、水平せん断、接着試験を行っておりますが、スギの昨年度試作分につきましては、昨年度試験に加えて、圧縮、せん断等、それから接合具に関するめり込み試験などを今年度実施する予定になっております。スギにつきましても単板の選別結果のデータを基にシミュレーションさせていただく予定となっております。よろしいでしょうか。

ここまでは測定に関する計画ですが、いかがでしょうか。ご質問、ご意見がございましたら 伺いたいと思いますが、よろしいでしょうか。お願いいたします。

委員:確認ですが、モンテカルロシミュレーションというのはヤング率だけでよろしいんでしょうか。

委員長:はい、結構です。強度を実験結果の数値からどうにかできたらなと思ったのですが、 やはりなかなか対応が取れないので、ヤング係数の幅で議論したいと思いますので、曲げヤン グ係数についてシミュレーションいただければと思います。

委員:平行層理論で。

委員長:そうですね。

委員: モンテカルロシミュレーションじゃなくても、計算でもできなくはないんだけれど、どっちがいいのか迷いますけど。

委員長:分布を出したいというだけなのでどちらでも構わないんですが、お任せしますので、 よろしくお願いいたします。

委員:了解しました。

委員長:そのほかいかがでしょうか。はい。では、お願いいたします。

委員:今年のこの計画の中で、ヒノキ・カラマツについては圧縮、せん断の試験は行わないのでしょうか。

委員長: こちらは間に合えばさせていただくということで、優先順位的に、今書いてあるもの の次にあるというふうにご理解いただければというふうに思います。

委員:はい、分かりました。

委員長:そのほかいかがでしょうか。

委員:今回、超厚合板における材料そのものの膨潤収縮などは調べるようにはなっていたんで しょうか。

委員長:ありがとうございます。実は水熱物性については今までのところ表立って書いてないんですけれども、そのような研究というか実験もしてみたいなとは思っております。北海道林産試験場と先週辺りからやりとりをさせていただいております。実は断面が大きい部材は調湿に非常に時間が掛かるので、今年やって今年で成果が出ないかもしれないなと思っているのですが、水熱に関するところは測定を着手させていただきたいとは思っているところです。

委員:分かりました。ありがとうございます。

委員長:資料6の一番下の表です。こちらも試験項目が書いてございます。これの1つ目のところで、資料7参照となっております。資料7をご覧ください。こちらが今年度、試作をお願いしたいもののメモです。まず、今年度、ぜひ作っていただきたいものが2つございます。1つ目はスギを樹種として、機械的な単板の等級区分はしないというものです。通常の合板の製造方法に則っていただく。ということは、表板の目視等級区分はしていただくということになるかと思いますが、内層の単板についてはいつもどおりでお作りいただければというふうに思っております。ただ、選別はしないんですが、一応お使いいただいた単板のヤング係数のデータだけは取っていただきたいと思っております。

それから2つ目は、同じくスギですが、単板の選別を下限だけ60で切っていただいて、上限についてはいわゆるアンドベターということで、上限を切らないというタイプのものです。こちらにつきましても単板のヤング係数のデータだけ取っておいていただいて、下限だけ切る、上限はどこまででも入れてしまうという形にしております。試験体の仕様といたしましては昨年度と同じ3×10板、厚さは144mm、ワンショットと2次接着ですね。2次接着は24mm厚を6枚ということでそれぞれお作りいただきたいということになります。

この2つの試験体の目的は何かといいますと、実は昨年度、単板選別の60から69と、60から89について試験をしていただいたんですけれども、試験の結果を見ると、曲げ強度が60から69のほうで14.6、60から89のほうで15.6ということになっておりまして、標準偏差がそれぞれ2.4ぐらいとなっております。ヤング係数に関しましても60から69のものが3.2、60から89のものが3.5ということで、標準偏差につきましては60から69のほうは0.29ぐらいで、60から89のほうが0.18というところで、ヤング係数のほうが若干変動の幅というのが違っているというところがございます。選別幅が広いほうがヤング係数の標準偏差が小さいという、ちょっと予測と違うことになってるんですけれども、とにかく一応、単板の試料集団ですね、選別した結果が一定の範囲にあるときにどういう製品性能になるかということを実験的に予測をしたんですけれども、実は60から69と60から89で大きな差がなかったというところです。

そこで、この選別の方法で合板の生産上の歩留まりが変えられれば製造上のプラスになろう ということで、1つは選別をやめた場合ですね。これまでの構造用合板も、2級であっても厚 物合板になると製品性能があまり変わらないというか、一定の水準内にあるということが実験的には把握をできてはおります。そうなりますと、単板選別が強度性能に与える影響がどれぐらいあるのかっていうところを入り口のところで少し検討しておきたいと考えました。そこで、1つはまったく選別をしない従来の作り方をした場合、それから2つ目は下限だけ切る、アンドベターで60を入れるけれども、そこから上は選別をしないという場合に、そもそも単板のヤング係数の分布がどういう形になるかというのもよく分からないんです。例えば60から89といってもなかなかやはりスギで89のヤング係数は出にくいということもありますので、60から69と、どういう分布がしていたのかというところをこれから検討しなければいけないというところです。同じ形で選別の仕方をもう少し緩くした場合に性能値がどう変わるかというところを検討したいというふうに考えてるというのが、今回の優先順位1番の試験体ということになります。

それから優先順位が2番目のものです。いずれかのペアのうち製造可能なものと書かせていただきました。No. 3-1 から No. 5-2 なんですけれども、こちらは単板の選別の水準を変えるというものになっております。単純に算数的にしておりますので、そのようなものは作れないというところがあるかと思うんですけれども、まず1つ目は、スギで90から10刻みと30刻みというものが作れないか。それから10下げて、80から10刻み、または30刻み。No. 5というのは70からということで、昨年度作ったものよりも選別のレベルを上げた場合にどういう差があるかということを見ようとしております。これが優先順位の2つ目ということになります。こちらはいずれも 3×10 板 144mm 厚で、ワンショットと2 次接着を作っていただきたいということになります。

それから最後の No. 6 というのが、これはちょっとこれまでと違う検討内容なんですが、直交方向の性能を見たいというものです。こちらはスギの単板全てを選別していただく。60 から 69 と 60 から 89 ということで、昨年度のスギと同じ単板選別の方法を取りたいということです。ただ、こちらで一番の難関は、直交方向の性能を測りたいので、逆寸で作っていただくことができるかどうかというのが一番の検討の要素になります。この場合、3×10板の逆寸で作っても厚さが厚いとなかなか測定ができないので、ここでは厚さを上限 60mm ぐらい。60mm の場合ですと 30mm 厚の厚物合板を2枚張りのようなものが2次接着になります。もしこの厚さが60より下がる場合には、それに応じて2次接着品の厚物合板の厚さを下げるようなイメージということで検討しています。

試作をお願いしたい試験体資料は以上です。お願いいたします。

委員:途中退席するので、次の資料8についてコメントします。せん断試験をやるという計画になってるので問題ないとは思いますけれども、基本的な性能として周りを確認するのはもちろん重要なことですけれども、一緒にせん断性能が出るようにご検討いただければなというふうに思います。

特に合板でマスティンバー部材を作るということで、こういうふうに、せん断試験をやるときに繊維方向がやっぱり利くんですよね。そこでせん断はどうしても繊維方向だけだと弱いので直交層が必要になってきて、普通、修正段階ではビスを打って割裂防止を行うなど、やってるんです。それが材料として直交層でできるので非常に有効です。CLTも同じです。非常に可能性を秘めているというふうに思うんですね。

ぜひ考えていただきたいのは、直交層の割合が、普通、合板だとほぼ1対1に近づくように やると思うんですけど、頃合いのいいところがあるはずなんですね。繊維方向っていうか強軸 方向と弱軸方向がぴったり同じじゃなきゃいけないってことではなくて、例えば2対1の強度 比が一番いいんだとか、そういうところがあるはずなので、構造的な使い方を目指すのであれ ば構造設計法の中でどういうところが頃合いがいいかっていうのを探しながらご検討いただけるといいのかなというふうに思いました。

委員長:貴重なご意見ありがとうございます。今後ともよろしくお願いいたします。 強度試験のところについて今、貴重なご意見をいただきました。確かに直交層が多いっていう ところがせん断性能に関しては有利になるんじゃないかなというようなことはこれまでも意 見として出ておりましたが、そこをどう確認していくかというところを、今年は少しそちらに も着手をしていきたいと思います。構成比率を変える試験はもうちょっと先かなっていう気も しておりまして、現状のところでいいますと、合板の範疇の材料がどれぐらいの性能があるの かというところをまずピン留めしたいというふうに思っておりますので、このあと構成比率を いろいろ変えた場合にその性能がどう振れるのか。また、その振れる範囲を平行層理論のよう なもので予測がつくのかというようなところをちょっと押さえていきたいというふうに思っ ております。ありがとうございます。

もう1度、資料7に戻りまして、今年度の試作の案についてですが、いかがでしょうか。 No. 3から No. 5については、本当に作っていただけるものはどれかを確認したい。いずれも難しいということになればこの部分はもう諦めるしかないのかなと思っている。スギを原料としたときの単板選別の適切なレベルがどの辺かをちょっと探りたいというようなことで、このような選択肢を考えさせていただいたというところです。いかがでしょうか。

委員: No. 1、No. 2 は去年の実績があるのでだいたいわかりますが、No. 3 以降は心配がある。特に No. 3-1 とか No. 3-2 について、私の経験の中で、スギではこれ以上、単板強度はなかなか出ないんです。原木の産地や、年輪関係とか細かいところで変わる。秋田のスギを使ってもここまで分布があるかどうかの心配があります。

委員長:ありがとうございます。こちらはそのようなご意見を踏まえて、作っていただけるものをこの中から選んでいただくということです。いずれになっても実験的には問題ないように思っておりますので、なかなか 90、80 は難しいよなとわれわれも思いながら取りあえず書かせていただいております。もし 70 からの選別ならできるというようなことであればそれでも結構ですし、これらはそれぞれ枝番が 1、2 と付いておりますが、この 2 つはペアにするとして、10 No. 10 3なのか、10 No. 10 3なのか、10 3なのか、10 3なのか、10 3なのか、10 3なのかは作っていただける範囲でお願いできればと思っておりますので、またお持ち帰りいただいてご検討をいただければと思います。どうぞよろしくお願いいたします。よろしいでしょうか。

それから、ちょっとわれわれのほうで分からないのが、No. 6ですね。全単板を選別していただくものに関してなんですが、できれば逆サイズですね、表層単板が短辺を向いてるような形でお作りいただけるとありがたいんですけれども、この辺に関してできるかどうか、後ほど事務局にご回答をいただければと思います。よろしくお願いいたします。よろしいでしょうか。ありがとうございます。

ではもう1回、資料6に戻ります。3つ目の表の上の行は今お願いをしました、単板選別の 仕方を変えたもの。これに関して試験項目としましては、上の表2つにある項目を今年なんと かこなしたいというふうに思ってるというところです。試作をお願いするメーカーさんのとこ ろに、可能であれば複数メーカーにというふうに書いてございます。ご協力いただけるところ がもしございましたらぜひ事務局にご連絡いただいて、どの仕様が作れるというようなことを 知らせていただければというふうに思います。よろしくお願いいたします。

それから3番目の表の2つめ、3つめのところには試験項目として昨年度になかったものが書いてございます。こちらの試験項目について簡単にご説明いただきましょうか。

委員:資料6、資料8について。

まず資料6から言うと、下2行、2枚目の一番下にある表の下2行分がその新しいところです。いずれも構造的な性能を把握するための試験項目という形になっています。2行目に書いてあるのが、こちらの壁の性能を測るものですね。耐力壁として超厚合板も使えるだろうということなので、そういった性能を、ちょっとお試し的な感じではありますが、どのくらいの性能が出るのかをやってみようじゃないかっていうのが2行目の項目です。

それから1番下の行は、こちらは接合具ですね。壁の試験とも関係してくるんですけど、やっぱり接合具の性能で壁の性能が決まってくるので、その接合具の最も基本的な試験項目っていうのを少しやっておこうというところです。先ほど槌本委員からのお話もありましたように、材料性能だけじゃなくて、構造性能に関わる部分も少し今年度からスタートしていこうということで項目を挙げさせていただいております。

詳細は資料8のほうを見ていただきたいんですが、超厚合板の構造利用に向けた実験検討案ということで、接合具の話と壁の話と2ページ分、書いてあります。1ページ目の表は接合具の話ですね。接合具の基本性能把握ということで、試験項目としては2種類想定していまして、①番のほうが丸孔の支圧試験ということで、ボルトとかドリフトピンなどを接合具に使うことが多いと思うんですけど、そういったものが超厚合板にめり込んでいくときの抵抗性能ですね。こういった基本的な性能が分かっていると、その性能に基づいた接合部設計というのができるようになってくるので、それをまず1つ押さえようということです。

パラメーターとしてはいろんなパラメーターが考えられるんですけど、昨年度製造した樹種の違いですね、こういったものや、あるいは単板の性能ですね。10 刻みなのか30 刻みなのかといった違い、あるいは今年度製造するその単板の選別をしないだとか、あとは60 以上にするとか、そういった違いも見ることができます。それから製造方法でワンショットのものと、2 次接着の違いを見るとかですね。それから加力方向に関しては図1にあるように、材料の接着、積層の方向に対してボルトとかピンをどの向きに加力するのかですね。表層単板の繊維方向との関係も含めて4つの加力の仕方が考えられるんですけど、こういったようなものを全てやるのか、一番使われる可能性の高いものから順にやっていくのか、その辺りはこれから検討なんですが、こういったさまざまなパラメーターを振りながらというか変えながら、接合具の支圧試験というのをやろうかなと思っています。

それから②番、鋼板挿入ドリフトピン接合の2面せん断試験ということで、こちらもその接合具の基本的なもの。①の性能も絡んでくるんですけれども、材料の中に鋼板を1枚挿し込んでドリフトピンを1本挿し込むという、一番単純な接合具1本のせん断性能ですね、これをやってみようと思っています。こちらも①の試験と同じようにさまざまなパラメーターがありますので、1年でこれを全て網羅的にやるのは無理だと思うので、基本的なところを押さえつつ幾つかのパラメーターを振って、性能の差がどのくらい出るのか出ないのかっていうのを確認しようと思っています。

超厚合板の場合、先ほどのご意見のように、表層単板の繊維方向、直交方向っていうのがあまり性能の差が出ないんじゃないかっていうことをこちらは期待してるところがありまして、そこが CLT なんかに比べると、方向性による性能差が出にくい材料っていうのが使う上でのメリットになるんじゃないかなということを思ってるわけですね。これは普通の厚物合板なんかでも、釘の性能があまり方向によって変わらないというのがあるので、おそらくそういう傾向になるんじゃないかという期待はしているところです。なのでそういう違い、違いがないことを確認するというと変ですけど、あるのかないのかというのを見たいなと思っています。接合具の試験、これ以外にもいろいろあるんですが、まずはこの辺の基礎的なところから押さえたいなと思っています。

それから2ページ目です。2番の耐力壁ですけど、これは実は日合連単独というよりは、某住宅メーカーですね、去年の日合連の成果報告会を聞きに来られたところが超厚合板に興味を持っていて、実際に使うかどうかは分からないんですが、超厚合板で壁が造れるとものすごい強い壁が造れるんじゃないかっていうので、何か一緒にやりませんかなんていう話がありました。それでこの日合連事業の中で一緒にやらせていただくことにしております。CLT もこういう耐力壁としての使い方がもう実際やられていますので、柱と壁を兼ねてるようなイメージですかね、そういった使い方もされてますから、それと同じような使い方を目指して、まずは1回、壁の試験をやろうということです。

下の絵にあるように、実際のパネルを壁に見立てて脚部を基礎に相当する鉄骨に固定して、 上部をつかんで押し引きするという、そういった試験なんですが、壁自体の、パネル自体がす ごく強い性能を持ってるはずなので、たぶん壊れるとしたらこの接合部で壊れるんですよね。 超厚合板自体で壊れるということはまず起きない。となると、この接合部をどう設計するかと いうところがポイントになってきます。そのときに1ページ目でやったような接合具の基礎的 な情報っていうのが必ず必要になってくるということですね。

これに関しては、壁がものすごく強くなってくると試験機のほうがそれに対応できないっていうことが十分考えられるので、今、想定している試験機でできる範囲の超厚合板というようなものでやらざるを得ないんですね。なので、本当は昨年作った 144mm 厚の大きな 3×10 板でやりたいとは思ってるんですけど、ちょっとサイズを落として、壁厚 90 とか、あと、 3×6 板ぐらいとか、そのぐらいの大きさでまずはやらざるを得ないんじゃないかなと今想定しています。なのでその辺も含めたパネル製造をお願いしたいというふうに考えています。

単板の選別方法について、壁に関してはこれじゃなければ駄目というのはないので、今年作るもの、例えばヤングが 60 以上とか、そういったもので作っていただければ十分なんじゃないかと思っています。

接合方法は何パターンか考えているのがありまして、予備試験の結果を見ながら、改良をしながら2回か3回ぐらいの実験をして、こういう接合方法を採ればかなり高い性能が出せるというようなものが年度末までに提案できればいいかなと考えています。ということで、接合具の試験と耐力壁の試験ですね、このような試験計画を今年度、立てております。以上になります。

委員長: ありがとうございました。いかがでしょうか。今年、追加で新しく行う実験計画についてご説明いただきましたが、どうでしょうか、ご質問、ご意見、ございますでしょうか。特によろしいですか。

この接合具のめり込み、または支圧試験なんですが、繊維方向が加力方向に直交しているもののほうが効くんですね。ですから、通常の合板ですと表の単板の繊維方向にめり込むというのより、表の単板の繊維直交方向にめり込ませるほうが数値が高くなるんですね。これは、例えば 12mm で5プライと考えれば、3対2の割合で繊維が縦横向いてますので、表板と直交する方向に押すと全体の5分の3が効くということで、繊維方向に直交する方向のほうが効くんですね。それは単純な面圧縮であれば違う挙動を示すと思うんですが、こういう接合具のようなものをめり込ませるときは割裂が起きてしまうので、繊維方向は意外と頑張ってくれないということで、繊維直交方向が効くということなんですね。そうすると、例えば集成材のようなものよりも、CLT は直交層が入っているからちょっと効くわけです。

直交層がもっと入っている超厚合板はもっと効くんじゃないかっていうのがこの測定の眼目でして、そういう特徴が出てくると、今後、使い方も併せて開発ができるのかなっていうふうに思ってるところで、もちろんそもそもの合板自体のめり込み性能の高い低いがありますので、そこは検討しながらなんですけれども、接合部の加力の方向の異方性がなければいずれの

方向の性能でも設計ができるというふうに考えると、やはり面内の異方性が低い材料のほうが 有利に働く可能性があるということで、その辺りをお調べいただくというような計画になって おります。

委員:追加情報です。今、横浜に建てている大林組の11 階建ての木造のビルは LVL が柱梁に使われてるんですが、接合部に一部超厚合板が使われています。その理由は今、委員長がおっしゃったように、方向性がないというところです。ボルト、ドリフトピンがたくさん刺さっていますが、どちらの方向にも同じ程度の性能で割裂などが起きにくいというところから超厚合板が選ばれたと聞いてます。そのようなことの基礎的な実証データとしてこの実験データが使えればいいかなと思っております。

委員長:ありがとうございます。材料として曲げ応力が生じ得る柱梁はLVLで、2方向性能が要る接合部は超厚合板、というのは非常にリーズナブルな選択ではあると思います。ただ、部材ごとにまったく違う材料を選ぶというのよりも、できれば、この性能のときにはこういう単板構成とか、そういう形で部材の用途ごとに対応できるような製品が今後提案できていけば、全部合板でもいいわけですし、作り分けということもできるのかなと思います。ですのでこの辺の材料単体の性能からちょっと一歩足を踏み出したところで検討を進めたいというようなことを考えているということになります。ありがとうございます。いかがでしょうか。

もう1つ、耐力壁の試験です。図のタイトルがCLT耐力壁ってなっているのは、超厚合板耐力壁かと思います。こちらの試験は、いわゆる脚部の固定のタイプの試験を行うということで、例えばタイダウンみたいな、なんて言うんですかね、タイロッド式みたいな、そういう固定の方法みたいなものは現段階では考えてないという解釈でよろしいでしょうか。

委員:それを使えば簡単にできてしまうというのは分かってるので、CLTでも実際に使われてますから、それじゃない方法でまずはやってみようと思います。合板特有の割裂のしにくさのようなものをうまく使えないかなというところをこの接合具で工夫をしてやるということですね。それでもやはり限界があるとなれば、タイダウンなどで上から押さえるというやり方をやれば解決はできるので、それは最後の手段的な感じで取っておきたいと思っています。

委員長:ありがとうございます。この脚部の固定はどういう接合様式になるんでしょうか。ドリフトピンなんですか。

委員:今のところ、その前のページにあった鋼板挿入のドリフトピン接合が基本です。それだけだと十分な性能を出すためにはものすごく大きな金物になってしまうので、それプラス、支圧みたいなものもちょっと生かした金物形状っていうのを今、考えています。ただ、それが同時に同じような剛性で発揮してくれるのかっていうのがまだ分からないんですよね。順番に耐力を発揮されてしまうと相乗効果が出ないので、そこは実際に実験してみないと分からないところです。うまくめり込みのような性能とドリフトピンのせん断性能が足し合わせになるとすごく強いというようなところで、それを期待した金物を設計しているところです。なので、うまくいかなかったら根本から考え方を変えるという状況です。

委員長: ありがとうございます。この壁の試験についてはそもそもの試験のやり方の部分から、新しい領域なので、検討が必要だということになると思います。 試作のほうも t90 の 3 × 6 板 ぐらいの試作をお願いしたりするようなところも出てくるかと思います。 試作できるというメ

ーカーさんがありましたらば手を挙げていただければと思いますので、どうぞよろしくお願いいたします。これは今年度で決着しますか。来年度ぐらいまで掛かりますか。

委員:1年では終わらないと思います。来年か、さらにその先ぐらいまで続く話かなと思ってます。

委員長:ありがとうございます。よろしいでしょうか。実験計画、資料7、資料8についてご 説明申し上げましたが、いかがでしょうか。何かご質問、ございますでしょうか。よろしいで すか。

本年度は年度末の締めが1カ月ほど早いので、少し急ぎ気味で進められればなと思っております。ここでもう1回、資料3に戻っていただきまして、スケジュール案のところをもう1回ちょっとご覧ください。本日7月5日、第1回の委員会と書いてございます。今日、試作のお願いのお話をさせていただきましたので、ぜひメーカー委員の皆さま方には試作の可否についてご検討いただいて、事務局までご連絡をいただきたいというふうに思っております。

その結果を踏まえまして、今月の下旬にはWGを開催します。それまでの間ですんなりお作りいただける仕様等が決まっていれば先にゴーサインをかけさせていただきますが、検討項目があった場合にはこの第3回WGで仕様の選定等を検討させていただくということになります。遅くともこの7月下旬の第3回WGを経ましたらば試作のお願い、ゴーサインを出せます。ここから9月に第4回WG、10月に第2回委員会とありますが、この辺りでは性能試験のほうに着手ができているといいなと思います。

それから7月下旬の第3回WGの段階で、昨年度分の試作をいただいたヒノキ・カラマツにつきましては試験体の採取方法のほうをご連絡申し上げますので、そちらの日取りと試験体のご送付に関して、また別途お願いを申し上げますのでよろしくお願いいたします。そちらの測定を7月下旬ぐらいから着手し、9月、10月ぐらいから今年度試作分の測定を始められればというふうに考えております。委員には先ほどの単板のヤング係数の実測値データを送らせていただきますので、ご検討いただければと思います。よろしくお願いいたします。

というような流れで、2月末までにはスムーズに事業が終えられるとよいなと思っております。また、11月の合板技術講習会ですね、これは木材加工技術協会の合板部会で主催されているものですけれども、こちらでも情報提供ができればというふうに考えております。合板技術講習会について今の検討の方向性みたいなものをもしご案内いただければと思いますが、いかがでしょうか。

委員:昨年度から合板部会の部会長を仰せ付かっております。よろしくお願いします。現在、11月から12月頃に開催する方向で考えてますのでどうぞよろしくお願いします。形式は、ウェブだけか、場合によっては一部会場を併催という形も考えてます。ぜひ、成果の発表、ご聴講のほうもよろしくお願いします。以上です。

委員長:ありがとうございます。時間的には半日ぐらいの感じですかね。

委員:そうですね、半日を予定してます。

委員長:ありがとうございます。ということで、できれば超厚合板、あとはそのほかも合板関係に関する技術開発、それから施策等、ご発表をいただけるようになるかと思いますので、ぜひご聴講もいただければと思います。あとはウェブだけでやる場合と、ウェブと一部会場併催等いたしますと、予算的な部分のお話も出てまいりますので、そういったところも日合連とお

話しさせていただきながら、開催できる方向で検討したいと思っておりますのでどうぞよろしくお願いいたします。超厚合板に関する部分はここまでかなと思いますが、いかがでしょうか、 全体を通して何かご質問ございましょうか。

委員:昨年度にスギの水平せん断試験を行い、今年度もヒノキ・カラマツの試験、ということなんですが、昨年度試験を行った中で議論に挙がったのが、試験方法です。単板積層材の試験方法で行ったのですが、めり込みが起こったりとか、欠点から破壊して、何を測ってるのかという意見があり、この試験方法でいいのかという議論がありました。また、CLTにおいて、幅広の加圧板での水平せん断試験も行われているようなので、このような点を検討する必要があるのではないかなと思います。

そうすると、今年度のヒノキ・カラマツは昨年度と同様に行いますが、試験方法を変えたものを、例えばスギで行うことが可能なのか、試験体の提供が可能なのか、などについて、試験の準備もありますので、検討していただければと思います。

委員長:ありがとうございました。試験方法について、超厚合板に適した方法というのはまだ 考案されておりませんので、これから検討しなければいけないというところです。特に耐力が 大きい材料の場合は加力中に加力している場所、反力を持っているところが非常に大きくめり 込んでしまって、何を測ってるか分からないっていう状況にはなります。その部分を加圧板の 幅というか長さですね。広く取ることで圧力を下げるとか、いろいろな工夫をほかの材料でも 行っているところですが、ぜひ超厚合板に関しても適正な試験条件を決めたいというふうに考えております。

昨年度の試験を行った試験体の残の部分が、まだ一部ありましたでしょうか。水平せん断に回せるようなものって、残ってましたでしょうか。

委員:確認しないと分からないです。曲げ試験のほうに回しているかもしれません。

委員長:ありがとうございます。昨年度の分で、すでにLVLの JAS 規格の方法で測っていただいたものとのマッチングが取れてる残りがある可能性が高いですので、そちらがありましたら、委員に送らせていただいて、試験方法のご検討をいただければと思います。それから今年度の試作分、それからヒノキ・カラマツについても可能な範囲で水平せん断用の試験体を取ることとして、試験方法の部分も併せてご検討いただけるようにはしたいと思います。

それから試験方法の検討に当たりまして、例えば治具の試作等が生じるようでしたらば、事務局にご相談いただければと思います。そのほかいかがでしょうか。お願いいたします。

委員:1つお願いです。もし可能であれば、今年度試作するもののどれか1つで構わないので、 単板自体を入手したいと思っています。接着の要素試験に使うので、それほど量は要りません。 よろしくお願いします。

委員長:ありがとうございます。これは特に単板の選別、どの試作品っていうようなご指定があるわけではなくて、これから来たというのが分かればいい感じですかね。ありがとうございました。それでは必要な寸法や枚数をあとでお教えください。

そのほかいかがでしょうか。他の委員はいかがでしょうか。

委員: さきほどの水平せん断の話、あれは確かにちょっと難しいので、ほかの試験方法も考え たほうがいいかもしれないとは思います。 委員長:ありがとうございます。品質管理とつなげなければいけないので、あまり凝った試験はできないというのと、例えば逆対称みたいな試験方法だと破断時、怖いんです。なので、その辺も考えると、どういうふうなものがいいかなというのは悩ましく思ってまして、ぜひご経験の範囲でご指導いただければと思いますのでよろしくお願いいたします。

委員:分かりました。

委員:もし試作が1社の場合はそんなに問題ないんですが、複数の会社で試作する場合は、私の経験上、メトリガードでの測定は、会社によって相関関係が違うんです。同じ60Eといわれても、やっぱりさっき言ったように校正のタイミングとか時間がたったりすると数字がちょっとずつ変わるんです。この辺に気を付けることが必要ではないかと思います。

委員長:ありがとうございます。まだ実は昨年度の結果に関しては同じような検討をしてございませんが、本来は実験的に確認したデータからもう1回、単板のヤング係数に戻してやって、そのヤング係数の数値が実測されている単板の選別をしたときの数値とどういう関係にあるかっていうところを検討しなければいけないんですけど、まだちょっと着手できていません。しかし、そういったことをしたいと思っております。当然、各メーカーさんごとに特質が出るというのはそうだと思いますので、単板の選別をいただいた生のデータをご提供いただければ、そこから分布の違いという形で検証ができるかなと思いますので、その点については特に問題ないというか、という形にしたいと思っておりますので、ぜひ試作のほうでご協力いただけるようであればお願いしたいと思います。よろしくお願いいたします。

委員長: ありがとうございます。それから、全体の計画を通してみて何かアドバイスいただけることがあればと思いますが、いかがでしょうか。

委員:超厚合板を用いた形の耐力壁の試験ですね。これ 3×6 のサイズでやる意味がどこにあるんだろうかと疑問を抱いています。 3×8 や 3×10 になると、非常に重量があり、実験そのものが大変と思います。その辺りは大丈夫ということであれば心配は要らないかなとは思うんですが、時間的なことや手間などいろいろ考えると、 3×8 でやるのがいいか、 3×10 でもやるほうがいいのか。

 3×6 にこだわるのであれば、接着したものと、ワンショットで作ったものと 24 nm を 6 枚 合わせにしたものを比較するということもあるかもしれません。ただ単に接着せずに 24 nm の 6 枚、ただ合わせただけのものとの比較みたいなものでも、 3×6 でやるのであれば意味合いがあるのかなと思っていたところです。以上です。

委員:ありがとうございます。3×6でやる意味ですが、壁の高さが高くなると、同じ水平力を与えたときの脚部の引き抜き力が縦横比で大きくなってしまうので、鉄骨架台が持たないという話から、じゃあしょうがない、ちょっと高さを低くしてやるかっていうところになってきたんです。なので、装置的に可能であれば、もちろん実際の壁のプロポーションに近いものでやりたいなとは思っています。それは試験場の都合といいますか、ジャッキの容量はあってもその下のほうは支えられないっていう話になってくるとその試験装置を壊すことになってしまいます。

耐力を計算する接合具の性能で決まってきてしまうので、どのくらいの引き抜き力が働いた ときに、どのくらいまでその壁の脚部が耐えられるのかというのが、こちらの想定した設計上 の数値と、実際の壊れるときの数値みたいなものが合うのか合わないのか、それを確認するっていうのが主目的です。なので、今はその壁の寸法にこだわることはあまりしていないというのが現状と思っております。よろしいでしょうか。

委員:ありがとうございます。ただ単に②のドリフトピンを入れた形での試験もやるので、ある意味そこでだいたい想像がつくのかなということから、やっぱり生に近い形がいいのかなと思います。だから 3×6 でやるんだったらむしろ、さっき言ったように、ただ単に比較の試験みたいな評価をするんだったら、合わせたものと、接着したものとの違いみたいなものが、意義としてはあるのかなとも思いました。以上です。

委員:ありがとうございます。

委員:他の委員と試験装置についてご相談した上でお願いいたします。

委員:これって今のところ、うちでの試験を予定なんですか。

委員:いや、違います。住宅メーカーの試験場の予定です。

ジャッキは200キロニュートンぐらい押せるんだけど、鉄骨架台がそれの3倍の600までは持たないっていうところがあるので、その架台の性能に合わせた性能にまで落としてやるかなっていう、そんなところです、今はね。

委員:余裕でできるところがあれば、そっちでお願いするかも知れません。

委員:可能性は高いと思いますので、ぜひご相談いただければと思います。お願いします。

委員長:ありがとうございます。CLT のときもそうでしたけども、やはりだんだん既存の試験機では測れないようになってくるんですよね。森林総研も実大の曲げ試験装置を今年の3月に入れ替えまして、ようやく100トンの曲げができるようになったということで、そういうものを入れないと測れなくなってきてるんですよね。なので、今回は試験機の容量等によって、どこでできるかということをちょっとご検討いただきながら実施いただければというふうに思っております。これって、この鋼板挿入のドリフトピンの接合具の試験を先にやって、その結果から試験体仕様が決定できるようなイメージになりますか。それとも同時ですか。

委員:同時進行ですね。

委員長:なるほど。分かりました。

委員:一応、現状は既往のデータ、合板を使った面圧試験のデータがないわけではないので、そういったものが同じ比率で厚さが増えたときに出る性能みたいなものから設計をしてるんですよね。なので実際にこの①の実験とかだったら全然そうならないっていう可能性もあるので、それのデータが出てくるとそもそも設計を変えなきゃいけない可能性はあるんですけど、ちょっと待ってるといつになるか分からないので同時進行でやろうと思ってます。

委員長:ありがとうございます。ではそんな形ですので、試験体の寸法につきましても壁のほうは3×6と、最終的に3×10のような形でできればというようなことでいいですね。

委員: そうです。なので一番最後の実験ぐらいは他のところでやらせてもらうようになるかも しれないということも含めてご相談させてください。

委員長:よろしくお願いいたします。コラボするに当たってどうしてもそこのメーカーさんの 試験機じゃなきゃいけないわけではないですよね。

委員:取りあえず自由に使わせてくれそうな感じなので、そこで予備的な検討はやって、最後のこれだっていう仕様を固めたもので、実大のやつでやりたいなという、そういう感覚です。

委員長:その他、何かコメント等ございましたらお願いしたいんですが、いかがでしょうか。

委員:資料6の2枚目の裏のほうなんですけれども、脚部金物のほうで水平移動への抵抗機構を考慮するというのは、脚部の左右の金物で水平せん断のほうを抵抗させるという意味なのか、または別の脚部金物と書いてあるので、特段、水平せん断のほうに抵抗する金物は設けない、そういうようなお考えなんでしょうか。

委員:今のところはこの両サイドの脚部の金物で水平せん断を負担して、引き抜きにも抵抗するっていうことをイメージしてるんですけど、足りない場合は真ん中にせん断受け用のものを追加するっていう感覚ですね。なるべく加工が楽なように減らしたいっていうのがあるんですけど。

委員:引っ張りとせん断が、複合的に働くみたいなときに設計する考え方っていうのは今のと ころないような感じがしてたんですけど、その辺はどのようにお考えなんでしょうか。

委員: それはそうなんですよね。本来は水平せん断には抵抗しないといいながらも抵抗しちゃうじゃないですか、引っ張りからも。なんだけど、本当は複合力で検討するのが一番いいんですけど、明確なやり方は今はオーソライズされたやり方はないですよね。なのでそれも含めてこの実験とか、あるいはそれをベースとした解析みたいな、設計式みたいなものが提案できればいいかなと思うんですけど、やっぱり大変だなっていうことになれば切り分けた設計にしちゃうかもしれません。ありがとうございます。いいところを突いていただきました。

委員長:ありがとうございました。なかなかそこは頭が痛いところでですね。特に部材断面が大きくなると接合具を取り付けるところの加工もやっぱり、なんて言うんですかね、加工精度を必要としながら、大きなものを扱うので、なかなかその辺りもほかの大断面の部材も苦労されているところだと思うので、なるべくシンプルな施工で強度性能が担保できるといいなっていうところなんですけれども、その辺もただ、どういう性能が出るか今のところまったく分かっていませんので、進めながらというところだと思います。ご指摘ありがとうございました。その他どうでしょう。

委員:WGで練らせていただいたので、今出ている意見はごもっともだなと思いながら聞いていました。またWGのときに精査させていただきたいと思います。ありがとうございます。

事務局:参考資料をつけております。日合連として、超厚合板の略称として CLP、Cross Layered Plywood を商標登録申請しておりましたところ、今年の1月に商標が認められました。今後、

超厚合板開発の暁にはこれを用いて積極的にアピールしていきたいと考えております。以上です。

委員長:ありがとうございます。CLPということで商標のご登録をいただいたというところですね。ありがとうございます。そのほかはいかがでしょうか。議事の全体を通して、ご意見、ご質問でも結構です。いかがでしょう。よろしいでしょうか。ありがとうございます。

それでは、議事につきましてはこれで終了します。このあと試作に関しまして、手を挙げていただけるメーカーさんには、事務局にご連絡をいただいて、どの部分をご試作いただけるかというようなところでお話をさせていただければと思います。その過程で、さらに内容の質問等が出てまいりましたらば、またお問い合わせいただければWGメンバーのほうからお答えさせていただこうと思います。ありがとうございます。

それでは本日、ご多用のところご参集いただきまして誠にありがとうございました。また、 オブザーバーの皆さま方におかれましては公務ご多用のところ、誠にありがとうございました。

12.1.2 第2回委員会 令和4年2月17日

委員長:議題(1)超厚合板について、資料4の報告書目次の4番から10番までの内容について、それぞれの委員からご報告を簡単にいただければと思います。項目ごとではなくて、それぞれの委員ごとに進めたいと思います。

委員: 概略を説明します。まず1つ目は曲げ試験です。今年度はスギのヤング 60 以上と無選別を作っていただいていたのですが、それより前に昨年作っていただいた、ヒノキ・カラマツ合板から試験は実施しました。大学内の試験機を修理して、東大でも試験できるようにし、そのデータをまとめています。

大学の敷地が狭い関係で材料の受入れが困難で、先日、今年度製造いただいた分をようやく搬入することができました。現在、全層スギの 60 以上・無選別の試験体について曲げ試験を行っており、報告書にまとめる予定です。樹種によっては少し破壊の仕方が違うといいますか、同じ試験条件でやっていても破壊性状が変わってくるようなところがあり、その辺を少し詳細に検証することをこの曲げ試験でやっておりました。

次は、超厚合板を使った耐力壁です。CLTでも同様に、CLT そのものが柱でもあり、壁でもあるというような使い方をしていますので、そのような使い方の可能性として検討しています。超厚合板の脚部に金物を付けています。超厚合板自体が非常に硬いパネルになりますので、壁に水平力を左右に加えると、ほぼ長方形のまま回転するような挙動を示します。そうすると、この足元に大きな引き抜き力が掛かるので、その部分をどう押さえるかというのがこの壁の開発の中心になってきます。そこで、いわゆる標準的な鋼板挿入ドリフトピン接合に加えて、この金物の部分を斜めにカットして、この部分で超厚合板が引っ掛かって支圧で抵抗するという、めり込みで抵抗するような機構を持たせることで、その両者の足し合わせで靭性が期待できないかという実験になります。こちらは120mm厚のパネルを使って、全部で6体実験しました。壊れ方についてですが、この引っ掛かったところで壊れたり、あるいはピンのところで最終的には破断したりと、そういうような破壊形状が見えました。この辺は詳細に分析した成果がありますので、最終的な報告書にまとめます。こちらについては実験は全て終わっています。

次は、接合部の実験です。こちらは全て終わって報告書の案ももうできています。2種類の 接合部実験を行い、1つは支圧試験というものです。この超厚合板の上の部分に半円形の切り 欠きを設けて、そこにボルトを載せてぐっと押し込むという形です。この合板の表層単板の繊 維方向が加力方向に対して平行になっているものと直交になっているものとの差を見ていま す。それから、ボルトの太さですね。 6 mm から 24mm までさまざまな太さのものをやっていま す。超厚合板は非常に積層数が多いので、おそらくこの方向による差はほとんど出ないだろう ということを期待しており、その確認をしています。このようにピンを載せて上から加力して、 その変形と荷重の関係を取るということで、このような荷重変位曲線がたくさん得られます。 それから破壊したときの、最終的にはボルトがめり込んだ状況について、このような形で実験 結果がまとまっています。それからもう1つの試験は、実際の接合部に近い形で、超厚合板の 間に鉄板を挿入してピンを1本打ち込むという鋼板挿入ドリフトピン接合というものです。先 ほど壁の試験でもこれと似たような接合方法を取っていましたけど、この基本的な性能を見る ということで、ピンの太さをさまざまに変えて、それからこの縁端距離を幾つか変えたパター ンについて実験をしています。これも全て実験が終わっていまして、得られた結果から、この 接合部の降伏耐力とか最大荷重、あるいは剛性といったものを評価します。それから加力につ いては、繰り返し加力をしているので、いったんゼロに戻してまた加力して、というような形 でやっています。以上のように、試験は全部終了していますので、これがちょうど今 10 ペー ジぐらいだと思うのですけど、報告書としてはこのぐらいにまとめて、あとデータ集のほうに 荷重変位曲線とか破壊性状の写真をもっと、全試験体の分ですね、網羅的に並べるようなもの を付けられればと思っております。以上になります。

委員長: 先ほどのめり込みの試験は合板の表層単板の方向を変えても、やはり剛性、耐力は変わらなかったのでょうか?

委員:ほとんど曲線も見た目には分からないぐらいの差しかないので、評価するとほぼほぼ一緒という結果です。

委員長:構成比率が分かるので、両者の線形和みたいな感じにしていくと、構成比率によって めり込み性能が予測できる的なことになると、のちのち楽だなと思っています。

委員:わざとそういう構成比が違うものを作ってやってみると、そのような研究に発展していくのではないかとは思っています。今はほぼ 50%みたいな状態でやっているので、もうちょっと違うものでやると、研究的には面白いかなとは思っています。

委員長:一緒に作っていただいた2次接着のものがあって、2次接着のものだと0度方向の単板の量が増えるので、少し構成比率が違いますから、その辺を調べるというのと、あとやっぱり最終的には全層平行貼りしたLVLみたいなものが、コントロールとして要る気がします。そういうことも引き続き考えていきたいと思います。

委員:そうですね。次年度以降そういうのに広げていけるといいかなと思います。

委員長:あともう1点気になったのが、ボルトのめり込みをしたときって、めり込みの深さが深くなっていったときに、破壊したあとの単板がボルトの上に回り込んでいくような、そういうような挙動っていうのはなかったですか。

委員:今回のものに関しては、あんまりそういうふうには見えなかったですね。壊れたあとの 試験体を私は見たのですが。もともと半分に切っている状態からスタートしていて、加力した 下のほうには、ぐしゃぐしゃつぶれた感じではあるのですが、上まで回り込んで、というのは なかったように思います。

委員長:なるほど。今回、加力を止めたのは、0.8 Pmax ですか?2分のdですか?

委員: 2分のdです。

委員長: 2分のdで0.8Pmax ぐらいには落ちていますか。

委員:落ちないですね。

委員長:落ちない。なるほど。分かりました。

委員:本当はもうちょっと加力したいな、と言っていたので、今は丸いピンを載せて押しているんですけど、ピン径と同じ長さの細長い加力軸みたいなのをつくれるともっと押せるので、そういう治具を来年ぐらいつくりたい、という話をしていたところです。

委員長:ASTM かなんかの、めり込みはそうしていますよね。

委員:はい。

委員長:鉄板の下端を半円型にしたものでぐーっと押していくような、何測っているのか分からないですけど、先ほどの、めり込んでいったりすると、掛かっている応力が、合成を取ると鉛直下方だけじゃない場合があって、そうすると測定されている荷重と鉛直下方へのめり込みがどうなっているのか分からないみたいなことがあるので、もう少し測定方法も検討いただけるといいのかなと思いました。

委員:ありがとうございます。

委員長:次に、厚さ 60mm の超厚合板に関して水平せん断試験です。委員が、今日いらっしゃらないので、私から代わりにご説明を申し上げます。

まず試験対象といたしましては、ワンショットのものと2次接着のものを、いずれも平使いの方向で検討いただいております。検討の中身といたしましては2つございまして、1つ目はCLTの JAS 規格に定められるせん断試験法と、LVLの JAS 規格に定められる水平せん断試験法と。これで結果に差があるかどうか。2つ目が、LVLの試験方法の場合に支点や加力点の仕様が変わると試験結果が変わるかということを検討していただきました。

この目標といたしましては、将来、超厚合板が JAS 化されるときに、現状の接着せん断試験、切り込みを入れてというのは現実問題、不可能ですので、それに代わる接着性の測定方法を検討いただくということになっております。実はこれを少し薄い方向に持ってきて、例えば厚物合板もこういう方法で簡便にできないかなという狙いも裏には隠れております。

これまでにご検討いただいた範囲がこういう形になってございます。まず CLT の JAS 規格に関してはスパンが 5~h、厚さの 5~eですね。加力点が、平らな板で幅 100mm となっております。 支点が 50mm ということですね。これはナイフエッジの上に幅 50mm の板が載っているものとなります。 CLT の JAS に準拠してスパンを 4~h に変えて行うもの、これはこのあとやっていただくことになっております。

それから LVL の JAS 規格に定められているものといたしましては、まずスパンは全て4hです。加力点を半径 90mm と 150mm、210mm となっていて、支点が 100mm の、R というのは丸棒ですね。それから 50mm の丸棒。それからナイフエッジの上に 50mm の平板を置いたものということで、現在これらを終えていただいております。

試験の結果、ざっとこんなような感じになっているんですけれども、1点着目していただきたいのが、この試験体数 n というところのかっこの中の数字です。これは、ここにございますとおりせん断破壊をしなかった、すなわち曲げて壊れてしまったものの数を表しております。そうすると、例えばこの辺、0、0 となっていますが、この辺は1、1 ですね。あとはこの辺ですと2体、これなんか4体ということで、試験方法としては、せん断力を入れることで水平せん断試験、接着層の性能を見ているわけですが、曲げ破壊してしまうと接着層の性能が必ずしも測れていないので、試験方法としてはあまり適していないということになるかなというところでございます。

試験の結果を要約いただきました。まず1つ目。CLTの試験方法とLVLの試験方法では、せん断強度には差がありませんでした。ただしLVLで支点の板の幅を100mmというふうにすると変形の仕方が変わって、せん断強度の測定値が変わってきたということになります。

それから LVL の条件で、この d、e というのは先ほどのこちらですね。90mm の丸棒で加力していて、支点が 50mm の丸棒、板という場合ですね。この場合は変形具合が変わってということで、こちら、LVL の条件 d・e では、加力点のめり込みはかなり大きい。これに対して条件 f、加力点の半径を 150 にすると大きなめり込みが見られなかった。得られるせん断強度も差がなかったと。

ただし、さらにR、加力点の半径を大きく取ると、一度ピークに到達したのち変形が進み、加力板の端部が試験体と接触することにより荷重が上がるという現象が生じてしまうので、Rを大きくすれば良いというものでもないという結果になっているということで、おそらくですが、適正な支点、加力点の範囲があるということが分かってきたということになります。

それから4番目ですね。試験方法としてスパンを4hにした場合ですね。CLTの試験方法と同じですが、スパンが4hの場合には加力点の端部で激しいめり込みが発生して、支点も回転せず、最終的に加力点の端部で曲げ破壊が起きていた。せん断強度の値も、スパン5hのときよりも明らかに大きくなるということでした。

まず支点については、ナイフエッジ支点と丸棒の支点ではあまり差がなかったということなります。それからワンショットの逆寸のもの、こちらは逆寸方向で曲げて、短スパンの曲げをしていただいたということになります。せん断強度の差はあまりないということで、構成比率50%に近いので、いずれの方向でもあまり差はなかったということですね。ただし最外層が直交層なので曲げ破壊が発生しやすい。これは単板の破断が生じやすいので単板が破断する、すなわち曲げ破壊が起きやすくなるということですね。なので、その影響が数値にあるかどうかは追加試験が必要であろうという見解をいただきました。

それから2次接着品の場合ですね。せん断破壊しないで曲げ破壊するものが多くなっていたということですね。これはおそらく2次接着する製品の表層同士の平行層の接着のところが破壊するということが多いのではないかというふうに考えられますね。

それから現時点としてまとめていただきますと、スパンが4h、LVLの JAS の方法の場合には加力点、支点のめり込みが大きくなる。支点が回転しない結果、最大荷重が加力点、支点の仕様の影響を受けやすくなるようにみられると。なので、スパン5h、つまり CLT の JAS 規格の試験方法が適切のように見えると。ただ、曲げ破壊が多くなっているように見えるので、その辺りは検討の必要があるという指摘をいただきました。

実際の写真をご覧いただきますと、こんな形ですね。LVL の試験方法で支点間距離、支点間の幅を 100mm にした。丸棒の上に 100mm が載っているということですね。これを見ると支点の端部、こういうところでめり込みが生じるということですね。これが顕著になるというところです。めり込みが生じることで、本来は、支点のこの板は回転をしていってもらうんですけれども、それが、回転がしにくくなるということです。そうすることでこの端部と端部の間の曲げ変形が大きく出ているようだということです。

2つ目です。CLT の JAS と同じ試験方法で4hにすると、やはり加力点の端部、ここですね、 今度は。この部分でめり込みが大きく生じているということです。そうすると、最終的に加力 点の端部で曲げ破壊が生じてしまうという傾向が得られたということになっております。以上 になります。ご質問、ご意見ございましたらお願いしたいと思います。

委員: どちらの試験も一長一短という感じで、ベストなものはないような感じもしました。CLT は、今回の試験方法でやっているわけですよね。

委員長:そのはずですね。

委員:なので、もちろん単板の厚さが、1層ごとのエレメントの厚さが違うから、鋼板ほどではないかもしれないけど、同じような変形というか、状況は起きているんじゃないかなと思います。それを含んだ評価を CLT はしてしまっているということなんでしょうか。

委員長:どうでしょう。もし何か知見がございましたらお教えいただきたいと思いますが、いがかでしょうか。

オブザーバー: 私も正直言いますと検査・試験をやっている現場に立ち会って詳細に見ているわけではありませんので、今のところ、そこまで何か申し上げられるようなところは持っておりません。委員おっしゃるようにエレメントの厚さがある分は、若干そこは見えにくくなるのかなという気はしております。

委員長: ありがとうございました。水平せん断のご経験をたくさんお持ちの委員、何かコメントいただけますでしょうか。

委員:やっぱりスパンで、狭くなるとめり込みが起こる。広くなると曲げが起こってしまって。 本当のせん断性能はなかなか測定できないものだと分かっていったのですが。樹種によって、 後ほど説明しますが、ヒノキだと全てめり込み破壊で、加力点が支点間にはまるというか、そ ういう状況が起こるので、樹種によって条件を変えるのが、現実的には検討しないといけない と思います。

委員長:ありがとうございます。

委員:試験条件が変わると何を評価していたか分からなくなってしまいますよね。ですので、 やはり樹種は違っても同じ条件で相対評価ができるようなものが一番いいとは思うんですけ ど、なかなか現状はそれが難しそうだというところですかね。

委員: ええ、そのとおりです。

委員長: 樹種によって試験方法を変えるっていう言い方をしてしまうとちょっと具合が良くないですが、例えば強度等級によってスパンが違う、ということかもしれないですよね。水平せん断試験って、もともと短スパンの曲げ試験なので、曲げのヤング係数と層内せん断の弾性係数Gの関係で、行ってこいで、どっちかで壊れるので、そこの関係がどうなっているかでたぶん振る舞いが変わってくるっていうことも言えるんだと思います。それともう1つあるのは、直交層の量が多いので、その部分はローリングシア破壊を起こすということを考えると、あんまりこの方法で測りやすいかどうかっていうのは難しいかなという気はしております。

ただ、この試験は、本来は合板であれば切り込みを入れる接着せん断試験を行うところを、接着層にせん断力を入れることで、どっか弱いところで壊れるっていうことで全層を見ている試験だと考えると、どういう破壊の仕方をしても図形的に壊れたっていう状態のときの荷重なりを見るっていうことで、一定の性能が担保できているということかなという気はするんですね。

この試験方法は層内せん断強度を求めているんじゃないと思うんですね。なので、そういう 意味では、品質管理的な試験方法としては、一定の試験方法で一定の数値が得られればよしと いう判定はできるようには、個人的には思っております。そのほかいかがでしょうか。 委員:ワンショット型と2次接着ですが、接着剤は両方特類なのでしょうか。それとも2次接着というのは、ほかの酢ビ等を使われた形でしょうか。

委員長:積層の接着剤とは違ったと思いますので、同じ接着剤ではないということですね。で すからその部分が、振る舞いが違うということはあるかもしれないです。

委員:はい、分かりました。

委員長:では続きまして、水平せん断性能の説明をお願いいたします。

委員:水平せん断性能の報告です。使用材料は長さ 900mm で 144mm 角、もう1つが 40mm 幅です。樹種はスギ、ヒノキ、カラマツ。試験方法はこのとおり。方法は、ほぼ単板積層材の、JAS に基づいて実施しております。

いわゆる、ショートスパンの中央集中荷重で LVL の JAS にほぼ準じている状況です。試験の結果ですが、せん断破壊、これはカラマツです。このようにせん断破壊が起こったのもあったんですが、それほど多くなかったです。曲げ破壊は、先にせん断破壊が起きて、終局は曲げ破壊が起こるようものがありました。

ちょっとたちが悪いといいますか、ヒノキの平使いですが、全部のタイプ、全部の種類がめり込み、これはせん断的にこういう接着層ははがれているんですが、どうもこれはせん断じゃないだろう、やっぱりこれはめり込みだ、ということにしました。

先ほど出た2次接着の試験体ですが、そこから壊れたものはありませんでした。

林知行さんの森林総研の報告では、LVL について、曲げ破壊による値は真のせん断強さより低いということもありました。あるいは、新藤さんの報告、CLT について、せん断破壊荷重の決定方法、参考にさせていただきましたが、このような値を取ったらせん断破壊によるせん断性能はどうなんだとか、そういうこともありました。また一番の問題は、このめり込み破壊が起こったのは、本当にこれ以上のせん断性能で安全側なのか、危険側なのか、どうも分からない。

加力の方向ですが、スギ、ヒノキ、カラマツで、それぞれのタイプごとにせん断、得られた値を平と縦で比較してみたものです。せん断強さは全てのタイプで縦使いより平使いのほうがより強かった。ところが、強さの比ですね、宮武さんが 2009 年、建築学会で報告しておりますが、その比が、平・縦比がだいたい2割から3割、縦のほうが強いとのことです。今回はそれより大きくて、平と縦の比が非常に差が大きかった。カラマツは2倍以上ですが、これは平使いが、このように単板積層材と違って、裏割れが悪さして、あるいはこのクロスの単板が曲げ破壊、ぴきって割れて曲げ破壊して、平使いの場合はこういうような影響があったのではないかと考えられます。

密度とせん断強さの関係を見てみました。平使い、縦使い、それぞれについて、横軸が密度、 縦軸がせん断強さです。それぞれの樹種ごとに集計しているんですが、平使いですが、密度と せん断強さ、直線上には並んでいない。それなりに相関係数は出るんですが、どうなのかと。 縦使いについては一応直線上に並んでいる。あと細かく見るとそれぞれの樹種ごとにもある程 度の相関は出ているんですが、平使いはまったく、それぞれの中では無相関になっております。 やっぱり平使いは裏割れ等の影響とかそういうので、単板の性能が上がっても、こちらの出て きた値についての性能は反映していないのではないかということが分かりました。以上です。

委員長: ありがとうございました。ただ今のご説明にご質問等ございますでしょうか。やはり 試験方法、これがいいというところが決まらない感じはしていて、悩ましいですね。 委員:ヒノキはめり込みを完全に除外するのであればゼロなんですよ。全部これだったので。

委員長:そうですよね。ですから、確かにめり込みが生じ始めると耐力が上がってしまってというのは、面内せん断を測っているときもそうなんですよね。めり込みが生じると急に、荷重一変形関係がぐっと上がり始めて、Pmax より上がっちゃったりしてよく分からなくなるので、ちょっとそこは悩ましいなというところですね。

委員:1回めり込みが起きると、もしかしたらせん断する動きを拘束することにもなりかねないということ。

委員長:おっしゃるとおりだと思います。先ほどのご発表の中にもあったとおり、そこが拘束して回転しなくすると、せん断が入らなくなるという、やっぱりそういうところがあるようには思いますね。なかなか悩ましいですね。

例えばブロックせん断みたいな方法で、配置がですね。ブロックせん断のようにまったくクリアランスがない状態じゃなくて、ある程度距離を置いて、積層方向を縦で測れると、もうちょっといい気がするんですが、難しそうですね。

委員:難しいですね。

委員長:ありがとうございました。この辺りは性能値を出すというよりは、最終的な社会実装のようなものを考えたときに、JASをどうするというようなところになりますので、まだもう少し時間を掛けて検討する余地はあると思っております。もうちょっといろいろな条件でどうなるかというところを見極めたいと思いますので、引き続き、どうぞよろしくお願いいたします。では続きまして接着性能について、ご説明いただけるでしょうか。

委員:最初に、今年度、試験体をお送りいただいたメーカーの皆さま、丁寧にご対応いただきまして、どうもありがとうございました。試験のほうも、合板検査会さんにお願いしておりますが、非常にタイトなスケジュールになってしまい、申し訳ありませんでした。まだ試験は続いていますけど、どうぞよろしくお願いします。

接着性能の評価ですが、先ほどの水平せん断と異なり、水と熱の処理を加えてどれぐらい接着層が剝離したかを見る試験です。単板積層材の JAS に規定されている、75mm 角×厚さの試験片について、煮沸、減圧・加圧、および冷水浸せきの処理をして、接着層がどれぐらい剝離したかの評価を試験的に実施しました。

試験の結果について、最初は144mm厚のスギ、ヒノキ、カラマツの結果になります。表の7-1が試験片全体の接着層での剝離率をまとめた表になります。

厚さ 144mm の試験体は、これまで、昨年度も含めて、スギが単板ヤング係数 5 種類と、それ からヒノキ、カラマツがあります。全体の剝離率は、パーセントの数値になりますが、ご覧の ように 0.1 やそれ以下ということで、非常に低い数値ではありました。仮に LVL の基準値 5% と比べても非常に低いということで、この結果からすると今回試作した超厚合板は、単板の樹種やヤング係数によらず、ある程度一定の接着性能が得られていると考えられます。1 つの数字が n = 8 ないし 10 の平均値になります。試験片全体で見ると、接着層も非常に多くて計算上の分母が大きいので、剝離率は低くなるという根本的な傾向があります。

もう1つ、単板積層材の場合、1接着層当たりどれぐらい剝離したかを見る評価項目があります。1接着層は75mmの長さになりますが、剝離長さが75mmの中の4分の1を超えるかどう

かという判断基準があります。これを仮に適用して、その評価基準値を超えた接着層の数と、括弧内は同一接着層で剝離を超えた接着層を持つ試験片の数を記載いたしました。

1つの試験片には接着層が今回の場合 160 層あります。そのうち基準値を超えた接着層数が、1層とか、6層だということは、少ないといえば少ないですけれども、ヒノキ、カラマツと、単板強度が上がるにつれて、少しずつ同一接着層の剝離が増えてくるような傾向がありました。

この傾向は、良いか悪いかというよりは、超厚合板の特徴だと考えられます。検討した方がよいのは、基準値を超えた試験片の数だと思います。同一接着層で基準を超えた試験片が、試験に供した10ないし8体のうち4体とか3体ということになりますので、実際JASの中で運用していく上での試験結果の判定や試験片の棄却率を考えると、やや多い結果と考えられ、評価基準や評価方法について検討する余地があるという印象がありました。これはあくまでLVLの基準ですので、超厚合板についての適用性についてはまた今後、議論の必要があると思っています。

同じように今年度の成果として、厚さ 60mm のもので、19 プライの正寸、逆寸と、21 プライがありました。データが届き次第、この表に記載して、少し考察を加えて報告書に記載するように思っております。だいたい傾向としては先ほどの 144mm と同じようになるのではないかと思っています。

最後、報告書としては、剝離の発現機構に関する考察を加えています。現在は試験方法として、LVLの評価方法を適用して比べる形で進めていますが、全部平行層である場合と、超厚合板のように全部が直交積層している場合を比較すると、水分もしくは熱の影響による単板の膨潤収縮は、直交しているほうが接着層に与える影響が大きくなります。一方で単板の裏割れがありますので、膨潤収縮が裏割れで緩和してしまうようなこともあると思っています。したがって、基準値を考える、もしくは先ほどのように試験片の棄却率を考えるときに、そういった剝離の発現機構も踏まえて考える必要があると思っています。

これまで申し上げたようなことをまとめて報告書は整理しようと思っています。今後、検査会さんからいただいた成績概要書を報告書に盛り込むことと、先ほどご指示ありました付録で、試験や剝離の状況などをご報告したいと思っております。この内容を2次接着も併せて3月の木材学会で発表させていただきますので、機会がありましたらご覧いただければと思います。以上です。

委員長:はい、どうもありがとうございました。いかがでしょうか。ただ今のご発表に対しましてご意見等ございますでしょうか。よろしいですか。なかなか直交積層っていうのが、こういう多層あるものの評価するときは非常に難しいシーンになってきますね。いろいろ。

委員:そうですね。先ほど、水平せん断のお話がありましたけど、実は2次接着層のブロックせん断試験も、本来、接着層を対象として平行層同士のせん断を見る試験なのですが、試験片の中に含まれる直交層で破壊することがあります。

試験方法自体は良いのかもしれませんし、接着が良好であったかだけを判断するのであれば 問題無いかもしれませんが、やはり直交層の振る舞いとか、想定される試験片の中にどれぐら いの直交層の割合があるか、単板構成、単板厚さなど、多くの影響因子を考慮する難しさを感 じています。

委員長: ありがとうございます。そうですよね、これまでになかった材料を今検討していますので、やはりいろいろ考えなきゃいけない部分があるということと、新しい評価方法、評価基準を視野に入れた品質の評価というようなところがどうしても必要になってくるなという気

はしますね。例えば水平せん断試験も接着性能を見ているんだと考えるなら、もういっそのこと煮沸してからやるとか、そういうことも、幅広に検討してみないといけないのかなっていう気もしております。

ありがとうございました。そのほか、いかがでしょうか。よろしいですか。はい、ありがと うございます。では続きまして、含水率変化のご説明をお願いします。

委員: それでは私が担当している含水率変化についてのところです。目次には含水率変化になっていますが、実際には熱・湿気性能に関する検討も行っていますので、併せてご説明差し上げます。

測定項目は大きく分けて3つあります。1つは含水率変化、実際には吸湿試験になるのですけども、こちらと熱伝導率の測定試験と、透湿性能の測定試験になっています。

144mmの試験体については、4種類、4体分なのですけど、もうこれで試験装置は一杯の状態でして、なかなか試験体数が増やせないというところが今のところ難点です。それと、1つの試験にそれなりに時間がかかっていますので、試験装置の占有時間も今後考えていかなきゃいけないところかなと考えています。

寸法測定のほうなのですけど、材厚測定にはリニアゲージを使いました。そのままでは測定ストロークが足りず測れないので、セッティングブロックと呼ばれる寸法の決まった材料をセットしまして、それで高さを稼いでから測定しています。長さ方向は通常であれば線膨張率は専用の測定器があるのですけども、超厚合板のような断面の大きな材料を測れるようにはなっていないので、今回はノギスで両側を挟むという、やや原始的方法で測っています。

これだけ断面が大きいものですので、中央部と端で吸湿によって寸法の変化の違いがあるのかなと思って、中央と別に端から1センチのところでいくらか多めに取っています。今回は、この中央のものだけ、ご説明します。

吸湿試験の結果ですが、60mm については1カ月の結果が出ています。寸法測定用の試験体を全乾にできないものですから、サイドマッチした材料の試験開始時の含水率を測っておいて、それから寸法測定用試験体の含水率を推定しました。見ていくと、1カ月でだいたい8%ぐらい増加して、結構増えるなというのが個人的印象です。やはり四方から吸湿しているのと断面積が大きいというので、これだけ吸っているのかなと思います。

一方、寸法変化のほうはどうかを見てみますと、測定点によっては接触点が安定しないのでなかなかきれいな数字にはならないのですけども、1カ月でだいたい1mm 程度、厚みが増えているかなというのが、今のところ得られている結果です。

次に長さ方向の結果ですが、こちらのほうは単板の吸湿が 0 度、90 度で少しずつ違いますので、積層面の測定箇所がでこぼこになるのですね。それで、どこを測定するかでかなり数字が変わってしまいまして、なかなかきれいにいきません。概ね 1 カ月で 0.4mm 程度の長さ変化です。300mm の 0.4mm ですから、ほとんど無視してもいいのかなという具合だと、私は今のところ捉えています。吸湿試験の結果に関しては、今も継続して試験を行なっています。144mmも期間は短くなりますけど、報告書には盛り込みます。

次に熱伝導率の測定です。今回はこれを中心に行っています。熱伝導率の測定は、林産試験場にある熱伝導率測定装置を使っています。熱板、高温と低温の熱板の間に試験体を挟みまして、そこを流れる熱量を計測して、熱伝導率を算出するという形です。

送付いただいた試験体は、もうほぼほとんど測定が済んでいます。nについては、それぞれ、n=5で測定しています。ワンショットのものは、逆寸のものを含めてだいたい熱伝導率が $0.096W/(K \cdot m)$ くらいになっていまして、これはネダノンのマニュアルに載せた厚物合板の値とほぼ同じだと考えていいと思います。

2次接着についてですが、若干高い数字になっています。これの理由がちょっと分からないのですけど、やや密度が高い傾向がありますので、もしかするとその影響かなと思っていまして、これは今後、報告書までにもう少し検討を進めていきたいと考えています。

熱伝導率の測定なのですが、実はこの装置で測定できるのは 100mm までで、144mm が測れないという難点がありました。そこでなんとかできないかと検討しています。基本的に熱伝導率っていうのは、厚みが変わっても材料の中身が変わらなければ値としては同じはずなのですね。そこで、こんな実験を組み立てています。24mm の合板を4枚測定して、それを重ね合わせて、だんだん1枚、2枚、3枚、4枚と重ねながら測定を繰り返してみました。

すると、熱抵抗は厚さの厚さと比例するので、重ね合わせたときの測定値と 24mm 合板のそれぞれの測定値から得られた熱抵抗の計算値については、ほぼ両者は一致しているかなという感じです。若干、熱抵抗の数値の高いほうでは実測値のほうがやや低めに出る傾向は出ていますね。低めに出るのは、今のところ理由の断言はできないです。熱伝導率で計算してみると、ほぼ実測値と計算値は一致しているかなということなので、たぶん合板に関してはほぼこの方法で類推していけるのではないかというのが、今のところの私の考えです。ですので、24mm なり、60mm で得られた数字が、144mm でもほとんど同じ数字になると考えていいのではないかと、私は考えております。

次に、透湿性能の試験です。これが一番難航しています。通常の透湿性能の試験では、アルミ製のカップに試験体を取り付けて、アルミテープとパラフィンで封印しています。カップの中の吸湿剤の塩化カルシウムが材料を通過した湿気を吸っていくのを、全体の重さを測りながら測定していくのです。重さの変化率が一定になったところで、その値から透湿抵抗を算出するっていう方法ですね。今回は、森林総研で開発した長期試験用の透湿カップを使用しました。

これは、もともと厚物合板を測定するときに考えていただいたものなのですけども、カップの両側をねじ止めしていまして、これを取り外すことによって中の塩化カルシウムが交換でき、長期にわたる試験ができるということです。今回、そのビスを特注で長いものを用意しまして、測定しております。

本来であれば、あんまり厚くなると中の水分の動きが一次元流にならないのではないかという話もあるのですが、まずはやってみるということで試験を行っています。

結果です。144mm、60mmの試験体をいただいてから、試験を開始するまでに時間があまり取れなかったものですから、この試験は23℃の50%の試験環境下で果たして試験体の養生がちゃんと済んでいるのかどうか、わからないところがありました。一応、含水率の24時間当たりの重量変化率が0.1%以下になったときを見極めて試験を開始しているのですが、本当にそれで平衡に達しているのかわかりませんので、こういう試験も合わせてやっています。

ブランク試験体といいまして、本試験体と同様の温湿度環境で保管してきた材料を同じようにアルミテープで封印して側面の吸湿を防止したあとに、裏側にプラ板を入れて、これで裏側からの湿気を防止するようにしています。これで、例えば、養生が不十分で吸湿剤の影響以外で材料が吸湿なり放湿なりしていたときも、一応これでその状況は見ることができるのではないか、ということですね。

測定試験結果のうち 60 mm のものです。見ていただくと、まだ 1 カ月なのですが、1 カ月でようやく 1 g ぐらい増加したかなという形です。測定には 0.1 g 単位のはかりを使っているのですけれども、変動が大きくなかなか増加量が安定しないというところもあります。いかんせん、試験体の重量が両方とも 2.4 kg と 2.3 kg という非常に大きいもので、これで 0.1 グラム変

わっても測定誤差と見分けがつきにくく、今の時点では透湿抵抗の計算はちょっと難しいなと考えています。

この結果から、1カ月程度ですと今回の超厚合板に関しては、ほぼ透湿はしないだろうという形ですね。もちろん、水分の出入りはしているのですが、湿気が通過するような形には、なかなか見えないということになっています。今のところ、得られている成果としてはこんな形になっております。これを取りまとめて、報告書に記載いたします。以上です。

委員長::ありがとうございました。いかがでしょうか。ただ今のご説明に対しまして、ご質問等、ございますでしょうか。

委員:先ほど、お話の中で、ワンショットと2次接着を比べたときに、密度が2次接着のほうが高い、とおっしゃっていたと思います。接着試験でも密度を測っているのですが、ワンショットのほうが少し厚いです。144mm の場合、150mm ぐらいまであるのではないかと思いますが、その差の影響もあるのかなと思いました。

委員:確かに。

委員:これは60mmですか。

委員:60mmです。今回の場合、60mmもワンショットのほうが厚い場合が多かったですね。

委員:そうですね。144mm も同じ感じでしたので、その影響があるかと思いました。

委員:ただ、熱伝導率でいうと、厚さで除するので、その辺はちょっと分からないところがあります。側面からの試験中に側面から逃げる熱の分の誤差が発生する可能性はあって、確かに厚いほうが若干、熱伝導率が高くなっていくことは想定できるのですけど。ここは、接着剤の影響というわけでもないだろうし、単板が違ったのかな、という考えです。

委員長:ありがとうございます。おそらく2次接着のものは構成要素になる厚物合板のときに、厚さ規制をしていただいているのだと思うのですよね。なので、その分、薄くなっているっていうことはあるかなっていうところです。ワンショットのものは、表面研削はかけないでいただいているので、厚めだと思うのですね。なので、そういうところの違いはあるかなと思うのです。ただ、非常に大きな違いでもないのかもしれないし、この辺りもまだ、なんとも言えないですね。

委員:標準偏差も含めて考えると、ほぼ同じぐらいかなと。合板の公称で使われている熱伝導率が 0.16W/(K·m)なんですね。それ以下では十分あることは確かです。天然木材が 0.12 なので、木材にニアリーイコールなのかなっていう感じですね。

委員長: 0.16 って実測した経験からすると、高いですよね。

委員:高いですね。

委員長:なんだろう、ラワンとかなのかな。

委員:IBECの本には合板としか書かれてないので、よく分からないのですけども。

委員長:もっと密度がずっと大きいような気もしますし、ちょっとよく分からないですね。

委員:はい。たぶんラワン合板の数値なのでしょうか。

委員長:ありがとうございます。今回も、こういう厚いもので測るというのがなかなか難しくて、今日、ご報告いただいたどの先生方もどうやって測るかを今、非常に悪戦苦闘していただいていて申し訳なく思うのですが、そこからの材料であるということであろうというふうに思っております。

数値に関しましては、現段階では、まだ製品の仕様が固まっていないので、なるべく今の間にきちっと測定の方法を決めておきたい。その方法で、今後、製品の仕様が決まって、さあ、いざ、これが世の中に出ていくというときには、きちっと設計に使えるような数値として、いろんな数値があってほしいということであろうと思っております。

特にこの一番最後の項目は、実際の使用環境では含水率の影響が非常に大きく出ますので、 その中で、先ほど、例えば寸法変化のレベルですね。寸法変化の絶対量は、通常の厚さの合板 と同じなんですよね。ただ、それが非常に厚い製品であるということで、寸法変化率にしてい くと、実は非常に小さいということがいえるでしょうし、そういったところで、いろいろ利点 が見つかっているということだと思います。

それから、透湿抵抗の測定値も、現状の重量変化が透湿によるものなのか、単純に空気中の水分が材料の表面に付く、出ていく、というだけなのかが、まだちょっと弁別できていない。 先ほど 25 日ぐらいから上がってきたところで、いよいよ吸っていてるのかなという感じですけど、その前は周囲の雰囲気に合わせて、少し湿度が高くなれば吸い、低くなれば吐き、というような、呼吸している量が見えてるようにも感じました。

ですので、今後、どういう測定方法をすべきなのかというようなところをやはり考えていかなきゃいけないのかなと印象としては感じたところです。この試験は結構時間が掛かると思いますので、引き続き測定をしていただいて、ある程度まとまった段階でまたご報告をいただきたいと思っております。どうもありがとうございました。

委員長:これで報告書に掲載される項目、おおむね網羅をすることができました。さらに少し 細かいデータについては、付録というところで掲載をいたしますので、ご覧いただければと思 います。説明の全体を通していかがでしょうか。何かご質問、ご意見はございますでしょうか。 よろしいですか。それでは超厚合板の補助事業に関して、以上、ご説明いたしました。ありが とうございます。

12.2 荷重変形関係等生データ、測定風景・破壊形態等写真

12.2.1 曲げ性能関係データ

曲げ性能関係データとして、荷重変位関係のグラフと破壊性状の写真データを掲載した。 荷重変位関係のグラフは、試験体仕様ごとに、試験体中央の変位と荷重の関係、純曲げ区間のたわみと荷重の関係のグラフを示した。試験体中央の変位は、ワイヤー式の変位計を用いて、試験体の厚さ方向に対して中立軸あたりに取り付けたビスを測定点として測定した変位から、両支点におけるめり込みの平均値を差し引いたものとした。また、純曲げ区間のたわみは、試験体の下部で測定した試験体中央の変位から、両側加力点の下部の平均値を差し引いた変位とした。

破壊性状の写真データは、試験終了後の試験体の側面および底面の破壊の様子を示した。



写真 12.2.1-1 変位計設置の様子



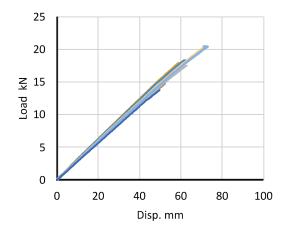
写真 12.2.1-2 支点の様子



写真 12.2.1-3 加力点の様子



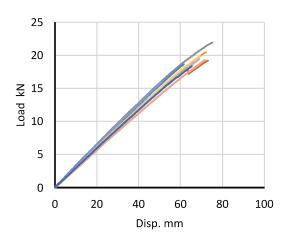
写真 12.2.1-4 スパン中央の様子

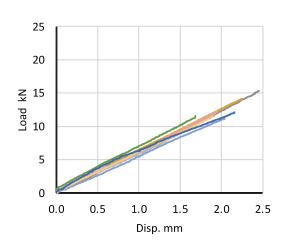


25 20 \$\frac{2}{2}\$ 15 \$\frac{2}{2}\$ 10 0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 Disp. mm

H99 中央変位と荷重の関係

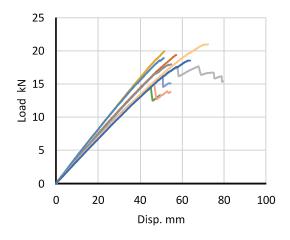
H99 純曲げ区間のたわみと荷重の関係

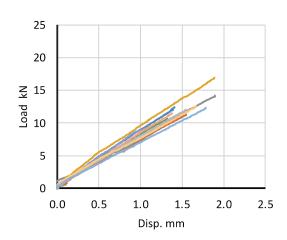




H119 中央変位と荷重の関係

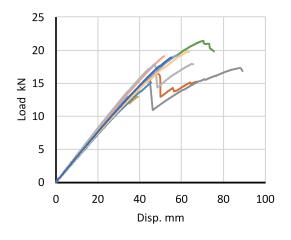
H119 純曲げ区間のたわみと荷重の関係





K129 中央変位と荷重の関係

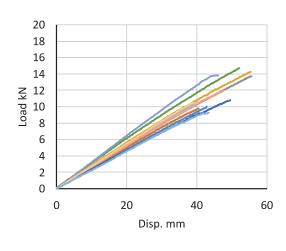
K129 純曲げ区間のたわみと荷重の関係

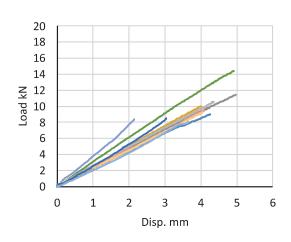


25 20 20 25 20 25 20 5 0 0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 Disp. mm

K149 中央変位と荷重の関係

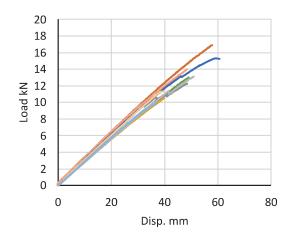
K149 純曲げ区間のたわみと荷重の関係

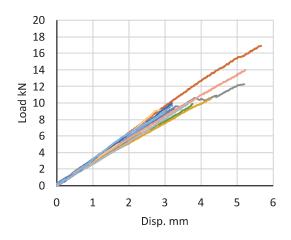




860-69 中央変位と荷重の関係

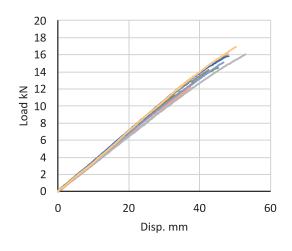
S60-69 純曲げ区間のたわみと荷重の関係

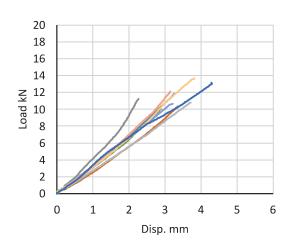




\$60-89 中央変位と荷重の関係

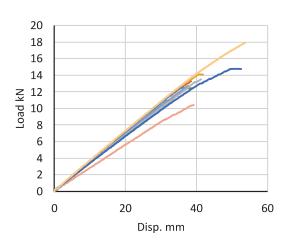
S60-89 純曲げ区間のたわみと荷重の関係

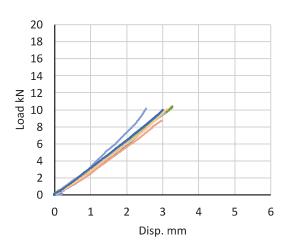




S60up 中央変位と荷重の関係

S60up 純曲げ区間のたわみと荷重の関係





Sno 中央変位と荷重の関係

Sno 純曲げ区間のたわみと荷重の関係



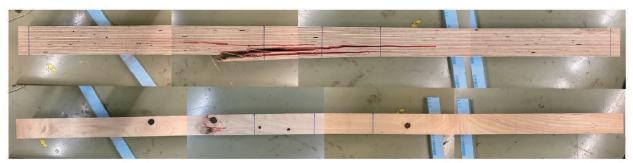
H99-801 破壊性状



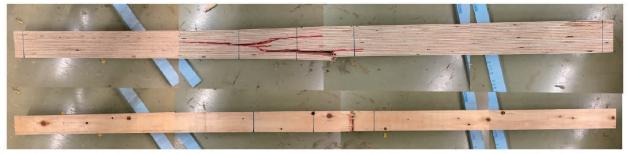
H99-802 破壊性状



H99-803 破壊性状



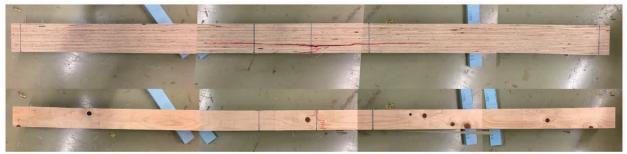
H99-804 破壊性状



H99-805 破壊性状



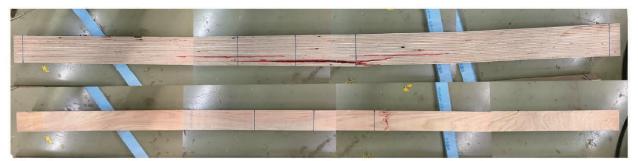
H99-806 破壊性状



H99-807 破壊性状



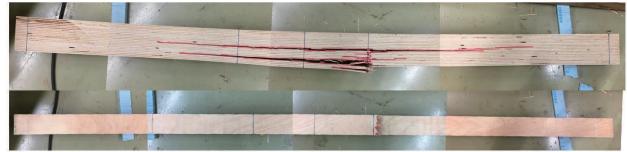
H99-808 破壊性状



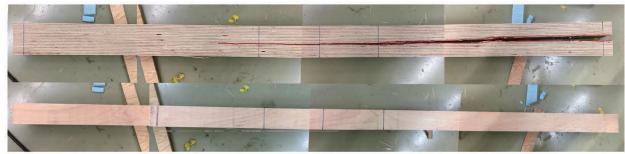
H99-809 破壊性状



H99-810 破壊性状



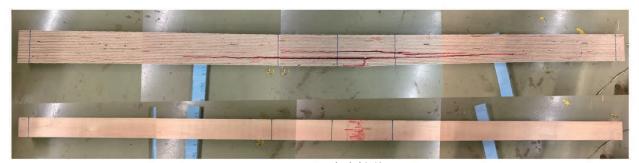
H119-801 破壊性状



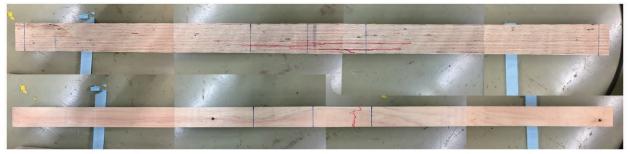
H119-802 破壊性状



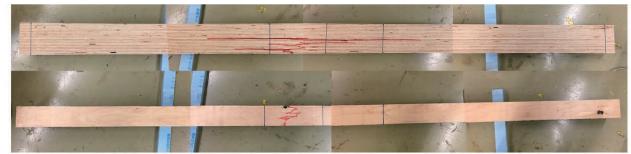
H119-803 破壊性状



H119-804 破壊性状



H119-805 破壊性状



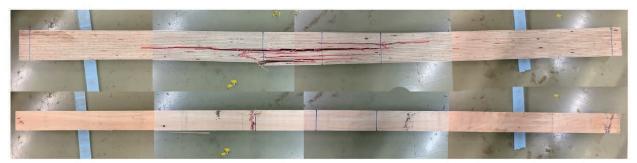
H119-806 破壊性状



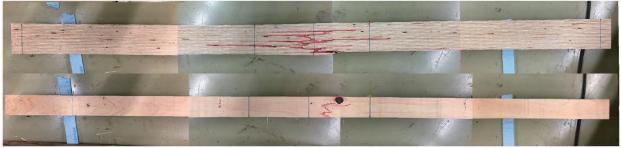
H119-807 破壊性状



H119-808 破壊性状



H119-809 破壊性状



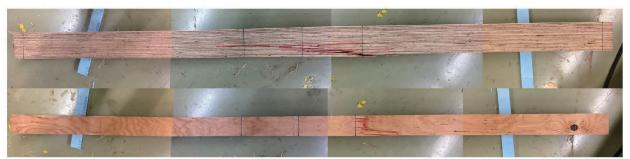
H119-810 破壊性状



K129-801 破壊性状



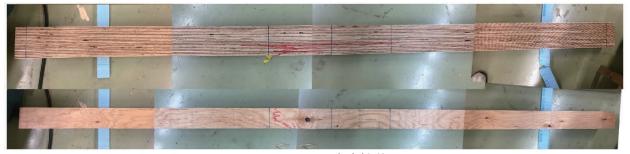
K129-802 破壊性状



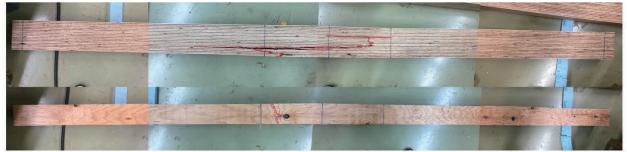
K129-803 破壊性状



K129-804 破壊性状



K129-805 破壊性状



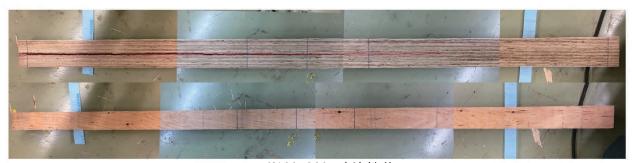
K129-806 破壊性状



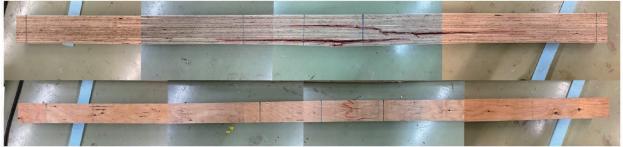
K129-807 破壊性状



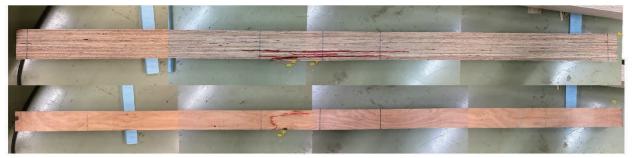
K129-808 破壊性状



K129-809 破壊性状



K129-810 破壊性状



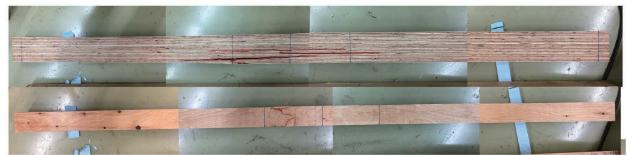
K149-801 破壊性状



K149-802 破壊性状



K149-803 破壊性状



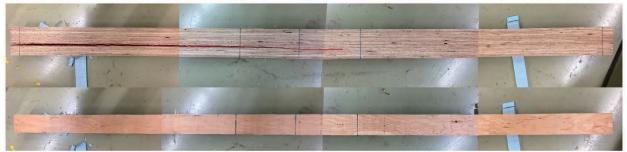
K149-804 破壊性状



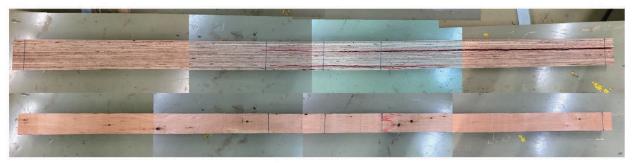
K149-805 破壊性状



K149-806 破壊性状



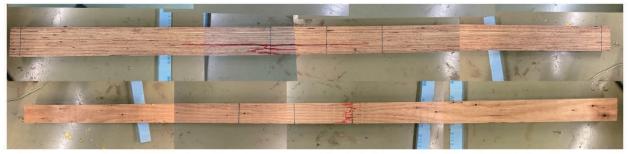
K149-807 破壊性状



K149-808 破壊性状



K149-809 破壊性状



K149-810 破壊性状



S60up-101 破壊性状



S60up-102 破壊性状



S60up-201 破壊性状



S60up-202 破壊性状



S60up-301 破壊性状



S60up-302 破壊性状



S60up-402 破壊性状



S60up-503 破壊性状



S60up-604 破壊性状



S60up-704 破壊性状



Sno-101 破壊性状



Sno-102 破壊性状



Sno-201 破壊性状



Sno-202 破壊性状



Sno-301 破壊性状



Sno-302 破壊性状



Sno-402 破壊性状



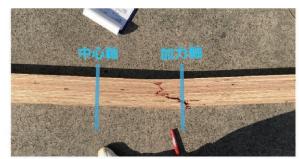
Sno-503 破壊性状

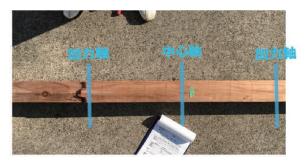


Sno-604 破壊性状

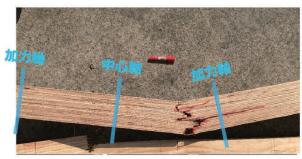


Sno-704 破壊性状





S60-69-102 破壊性状



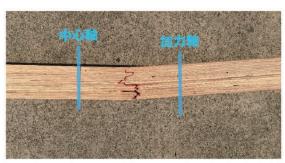


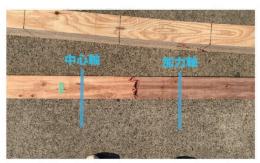
\$60-69-202 破壊性状



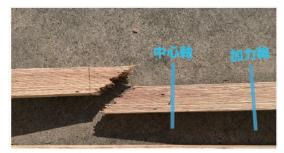


\$60-69-302 破壊性状





\$60-69-402 破壊性状





\$60-69-503 破壊性状



S60-69-504 破壊性状

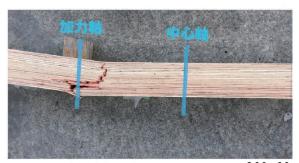


S60-69-602 破壊性状





S60-69-603 破壊性状





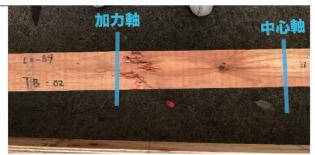
S60-69-604 破壊性状





\$60-69-703 破壊性状





S60-89-102 破壊性状



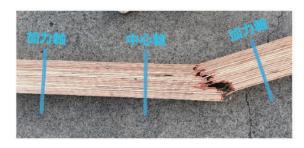


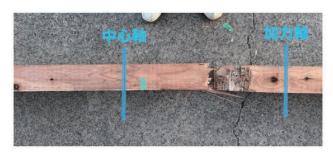
\$60-89-202 破壊性状



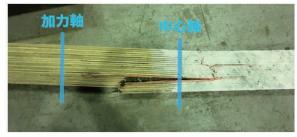


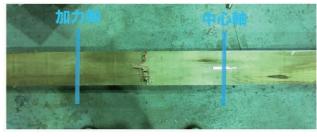
\$60-89-302 破壊性状





\$60-89-402 破壊性状



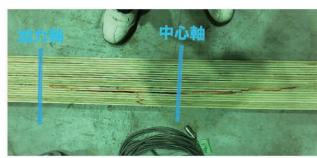


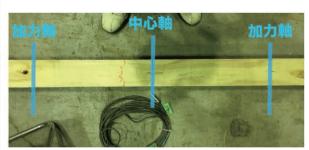
\$60-89-503 破壊性状





\$60-89-504 破壊性状



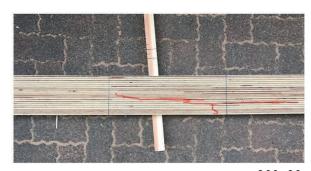


S60-89-602 破壊性状



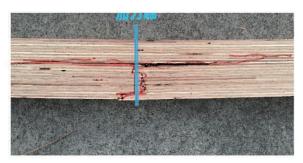


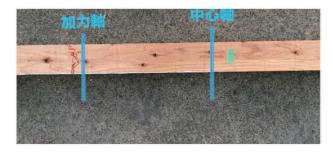
\$60-89-603 破壊性状





\$60-89-604 破壊性状





\$60-89-703 破壊性状

12.2.2 水平せん断性能関係データ

表 12.2.2-1 スギ 平使い 144mm 幅 試験結果

生() 生 十 : +	# +c /양 미	亚口	長さ	幅	厚さ	密度	せん断強さ	数 P T t t t t	含水率
製造方法	単板選別	番号	mm	mm	mm	kg/m ³	N/mm ²	終局破壊	%
2次接着	60-69	101	900	144.71	144.41	404	1.52	曲げ	8.7
2次接着	60-69	104	901	144.77	143.89	413	1.33	曲げ	8.4
2次接着	60-69	107	900	144.96	144.59	401	1.34	曲げ	7.8
2次接着	60-69	110	901	144.89	143.42	406	1.38	曲げ	8.1
2次接着	60-89	101	900	144.86	145.27	405	1.60	せん断	9.7
2次接着	60-89	104	901	145.08	144.19	412	1.60	曲げ	9.0
2次接着	60-89	107	900	144.98	146.30	408	1.63	曲げ	8.8
2次接着	60-89	110	901	145.01	146.95	420	1.52	せん断	9.0
ワンショット	60-69	116	900	143.52	145.61	397	1.54	せん断	7.9
ワンショット	60-69	119	900	144.48	144.78	410	1.28	曲げ	7.8
ワンショット	60-69	122	900	144.42	145.78	418	1.43	曲げ	8.5
ワンショット	60-69	125	900	145.22	144.52	406	1.12	曲げ	8.5
ワンショット	60-89	116	900	144.68	148.19	408	1.52	曲げ	9.8
ワンショット	60-89	119	900	144.79	147.38	416	1.61	曲げ	9.5
ワンショット	60-89	122	900	145.09	146.61	410	1.45	曲げ	8.8
ワンショット	60-89	125	900	145.07	146.75	405	1.25	曲げ	8.9

表 12.2.2-2 スギ 縦使い 試験結果

*************************************	単板選別	番号	長さ	幅	厚さ	密度	せん断強さ	終局破壊	含水率
製造方法	甲似选剂	留 写	mm	mm	mm	kg/m ³	N/mm ²	於向伮场	%
2次接着	60-69	103	900	144.78	143.61	407	2.12	曲げ	9.0
2次接着	60-69	106	900	144.86	144.20	408	2.61	曲げ	8.4
2次接着	60-69	109	900	145.04	143.62	412	2.40	曲げ	8.4
2次接着	60-69	112	900	144.96	143.29	408	2.48	曲げ	8.4
2次接着	60-89	103	900	144.89	143.68	411	2.45	曲げ	9.1
2次接着	60-89	106	901	144.88	144.08	409	2.47	曲げ	8.4
2次接着	60-89	109	900	144.91	145.73	413	2.37	曲げ	8.7
2次接着	60-89	112	901	144.97	147.12	422	2.61	曲げ	9.0
ワンショット	60-69	118	900	144.29	145.08	404	2.36	曲げ	9.3
ワンショット	60-69	121	900	144.47	145.69	396	2.06	せん断+曲げ	9.3
ワンショット	60-69	124	900	144.45	144.80	413	2.09	曲げ	9.6
ワンショット	60-69	127	900	145.11	146.65	402	1.67	曲げ	9.3
ワンショット	60-89	118	900	144.87	147.84	423	2.42	曲げ	10.3
ワンショット	60-89	121	900	144.82	148.21	421	2.81	曲げ	9.6
ワンショット	60-89	124	900	144.96	146.14	419	2.85	曲げ	9.1
ワンショット	60-89	127	900	145.00	145.67	411	2.29	曲げ	9.6

表 12.2.2-3 スギ 平使い 40mm 幅 試験結果

#I\# \+	# tc /s oi	亚口	長さ	幅	厚さ	密度	せん断強さ	你只由去	 含水率
製造方法	単板選別	番号	mm	mm	mm	kg/m ³	N/mm ²	終局破壊	%
	60-69	101	900	39.81	144.14	404	1.38	曲げ	7.4
2次接着	60-69	103	900	39.65	143.61	404	1.46	曲げ	7.6
2次接着	60-69	104	901	40.43	143.60	411	1.62	せん断+曲げ	7.3
2次接着	60-69	106	900	40.22	143.99	408	1.66	せん断	7.0
2次接着	60-69	107	900	39.69	144.34	402	1.48	曲げ	6.8
2次接着	60-69	109	900	39.47	143.60	412	1.46	せん断	6.9
2次接着	60-69	110	901	39.81	142.96	410	1.39	曲げ	7.3
2次接着	60-69	112	900	39.58	143.17	410	1.42	曲げ	7.8
2次接着	60-89	101	900	41.12	145.33	407	1.55	曲げ	8.4
2次接着	60-89	103	900	41.01	144.01	407	1.46	曲げ	7.5
2次接着	60-89	104	901	40.63	144.27	409	1.62	曲げ	7.4
2次接着	60-89	106	901	40.50	144.46	414	1.62	曲げ	7.0
2次接着	60-89	107	900	40.49	146.65	412	1.55	曲げ	7.2
2次接着	60-89	109	900	40.47	146.18	417	1.75	曲げ	7.4
2次接着	60-89	110	901	39.61	147.28	425	1.43	曲げ	7.7
2次接着	60-89	112	901	39.75	147.63	423	1.52	曲げ	7.8
ワンショット	60-69	116	900	40.70	145.46	397	1.49	曲げ	7.5
ワンショット	60-69	118	900	40.52	145.84	408	1.57	せん断	8.7
ワンショット	60-69	119	900	40.40	144.70	410	1.71	せん断	7.4
ワンショット	60-69	121	900	40.24	145.78	402	1.47	せん断	8.4
ワンショット	60-69	122	900	40.03	145.69	412	1.59	曲げ	8.1
ワンショット	60-69	124	900	39.87	144.84	416	1.56	曲げ	8.9
ワンショット	60-69	125	900	39.71	144.67	411	1.64	曲げ	8.0
ワンショット	60-69	127	900	39.63	146.68	409	1.20	曲げ	9.4
ワンショット	60-89	116	900	40.55	147.96	406	1.56	せん断	10.0
ワンショット	60-89	118	900	40.68	147.66	422	1.57	せん断	9.9
ワンショット	60-89	119	900	40.53	147.07	417	1.58	せん断+曲げ	9.6
ワンショット	60-89	121	900	40.82	148.28	416	1.65	曲げ	9.2
ワンショット	60-89	122	900	39.89	146.55	408	1.53	曲げ	8.2
ワンショット	60-89	124	900	39.62	146.30	415	1.59	曲げ	8.4
ワンショット	60-89	125	900	39.75	146.98	404	1.26	曲げ	8.6
ワンショット	60-89	127	900	39.61	145.82	412	1.58	曲げ	8.9

表 12.2.2-4 ヒノキ 平使い 144mm 幅 試験結果

製造方法	単板選別	番号	長さ	幅	厚さ	密度	せん断強さ	終局破壊	含水率
			mm	mm	mm	kg/m ³	N/mm ²		%
2次接着	90-99	101	901	153.73	146.86	472	1.95	めり込み	9.9
2次接着	90-99	104	901	155.22	145.34	467	1.89	めり込み	8.6
2次接着	90-99	107	901	153.60	145.01	481	2.19	めり込み	8.7
2次接着	90-99	110	901	154.04	144.81	474	2.10	めり込み	9.3
2次接着	90-119	101	901	154.45	146.47	475	1.90	めり込み	9.0
2次接着	90-119	104	901	154.05	145.35	470	2.22	めり込み	8.0
2次接着	90-119	107	901	153.66	145.26	487	2.23	めり込み	8.2
2次接着	90-119	110	901	153.60	145.05	489	2.25	めり込み	9.2
ワンショット	90-99	121	901	154.18	149.04	476	1.75	めり込み	10.4
ワンショット	90-99	124	901	154.58	148.42	476	2.33	めり込み	9.3
ワンショット	90-99	127	901	153.49	147.69	482	2.57	めり込み	9.6
ワンショット	90-99	130	901	153.24	148.58	468	2.21	めり込み	9.9
ワンショット	90-119	121	901	154.33	148.75	474	1.78	めり込み	9.8
ワンショット	90-119	124	901	153.90	148.37	497	2.05	めり込み	10.0
ワンショット	90-119	127	901	153.50	149.10	492	2.03	めり込み	9.6
ワンショット	90-119	130	910	153.45	147.76	471	2.01	めり込み	10.2

表 12.2.2-5 ヒノキ 縦使い 試験結果

製造方法	単板選別	番号	長さ	幅	厚さ	密度	せん断強さ	終局破壊	含水率
表坦力広	半似选剂	田力	mm	mm	mm	kg/m ³	N/mm ²	於问娰坯	%
2次接着	90-99	103	901	152.82	146.16	468	4.01	曲げ	9.7
2次接着	90-99	106	901	155.15	145.37	469	3.60	曲げ	8.7
2次接着	90-99	109	901	153.71	145.12	483	3.82	曲げ	8.8
2次接着	90-99	112	901	154.17	144.89	476	4.07	曲げ	9.9
2次接着	90-119	103	901	154.40	146.09	474	4.92	曲げ	8.6
2次接着	90-119	106	901	154.03	145.40	473	4.71	曲げ	8.1
2次接着	90-119	109	901	153.88	145.36	486	5.22	曲げ	8.4
2次接着	90-119	112	901	153.67	145.27	482	5.04	曲げ	9.7
ワンショット	90-99	123	901	154.00	148.85	482	3.45	曲げ	9.7
ワンショット	90-99	126	901	154.48	148.86	481	4.23	曲げ	10.0
ワンショット	90-99	129	901	153.27	149.28	477	3.51	曲げ	10.2
ワンショット	90-99	132	901	153.22	147.85	492	4.67	曲げ	10.4
ワンショット	90-119	123	901	154.07	148.23	479	4.75	曲げ	9.8
ワンショット	90-119	126	901	153.72	148.63	484	4.65	曲げ	9.9
ワンショット	90-119	129	901	153.30	149.00	487	4.21	曲げ	9.9
ワンショット	90-119	132	910	153.43	148.25	475	4.04	曲げ	10.4

表 12.2.2-6 ヒノキ 平使い 40mm 幅 試験結果

#U\# \-	›› TC /SS 디디	—	長さ	幅	厚さ	密度	せん断強さ	44 P TH. IF	含水率
製造方法	単板選別	番号	mm	mm	mm	kg/m ³	N/mm ²	終局破壊	%
	90-99	101	901	40.38	146.39	470	2.02	めり込み	10.8
2次接着	90-99	103	901	40.44	146.03	464	2.04	せん断	10.3
2次接着	90-99	104	901	40.08	146.06	469	2.24	めり込み	9.0
2次接着	90-99	106	901	40.36	145.97	469	2.00	めり込み	8.9
2次接着	90-99	107	901	40.16	145.74	479	2.09	めり込み	9.5
2次接着	90-99	109	901	40.29	145.52	478	1.93	せん断	9.2
2次接着	90-99	110	901	40.13	145.28	482	1.85	めり込み	8.8
2次接着	90-99	112	901	40.40	145.10	466	2.00	めり込み	9.3
2次接着	90-119	101	901	40.19	147.22	481	1.95	めり込み	10.3
2次接着	90-119	103	901	40.26	146.75	476	2.26	めり込み	9.6
2次接着	90-119	104	901	40.18	146.16	472	2.38	めり込み	9.1
2次接着	90-119	106	901	40.41	146.26	472	2.02	めり込み	8.9
2次接着	90-119	107	901	40.25	146.03	489	2.25	せん断	10.1
2次接着	90-119	109	901	40.45	145.91	483	1.97	めり込み	9.3
2次接着	90-119	110	901	39.90	145.58	487	2.43	せん断	9.3
2次接着	90-119	112	901	40.34	145.68	478	2.27	めり込み	9.5
ワンショット	90-99	121	901	40.32	149.03	476	1.97	めり込み	10.9
ワンショット	90-99	123	901	40.45	148.91	482	2.21	めり込み	10.6
ワンショット	90-99	124	901	40.33	148.62	475	2.22	めり込み	9.8
ワンショット	90-99	126	901	40.54	148.96	475	2.23	めり込み	10.2
ワンショット	90-99	127	901	40.26	147.98	481	2.50	せん断	10.3
ワンショット	90-99	129	901	40.51	149.24	474	2.20	めり込み	10.3
ワンショット	90-99	130	901	40.19	148.69	466	2.10	曲げ	10.1
ワンショット	90-99	132	901	40.30	147.93	489	2.35	曲げ	10.5
ワンショット	90-119	121	901	40.18	148.90	477	1.80	めり込み	10.6
ワンショット	90-119	123	901	40.38	148.37	473	1.97	めり込み	10.2
ワンショット	90-119	124	901	40.28	148.67	493	2.11	めり込み	10.3
ワンショット	90-119	126	901	40.48	149.01	484	1.98	めり込み	10.1
ワンショット	90-119	127	901	40.26	149.59	494	2.08	めり込み	10.6
ワンショット	90-119	129	901	40.49	149.14	483	2.10	めり込み	10.4
ワンショット	90-119	130	901	40.19	148.09	473	2.11	めり込み	10.2
ワンショット	90-119	132	901	40.25	148.33	477	1.97	めり込み	10.3

表 12.2.2-7 カラマツ 平使い 144mm 幅 試験結果

製造方法	単板選別	番号	長さ	幅	厚さ	密度	せん断強さ	終局破壊	含水率
			mm	mm	mm	kg/m ³	N/mm ²	14773700	%
2次接着	120-129	101	901	154.12	144.56	589	2.24	せん断	8.6
2次接着	120-129	104	901	153.80	143.21	598	2.00	せん断	7.9
2次接着	120-129	107	901	153.63	143.50	584	2.44	せん断	8.3
2次接着	120-129	110	901	153.65	143.12	592	1.96	曲げ	9.6
2次接着	120-149	101	901	154.40	143.53	611	2.18	めり込み	9.1
2次接着	120-149	104	901	154.28	143.98	605	2.18	せん断	8.3
2次接着	120-149	107	901	153.82	144.16	591	2.11	曲げ	9.0
2次接着	120-149	110	901	153.47	143.17	599	2.32	めり込み	9.8
ワンショット	120-129	121	901	154.13	141.74	612	2.19	せん断	9.8
ワンショット	120-129	124	901	154.76	143.18	621	2.27	せん断	8.6
ワンショット	120-129	127	901	153.88	141.92	597	2.17	めり込み	9.2
ワンショット	120-129	130	901	153.27	142.97	605	2.36	めり込み	9.9
ワンショット	120-149	121	901	154.32	142.56	608	2.20	めり込み	9.7
ワンショット	120-149	124	901	154.72	142.83	601	2.18	めり込み	9.3
ワンショット	120-149	127	901	153.44	141.83	618	2.22	めり込み	7.6
ワンショット	120-149	130	901	152.91	142.24	622	2.30	めり込み	10.3

表 12.2.2-8 カラマツ 縦使い 試験結果

製造方法	単板選別	番号	長さ	幅	厚さ	密度	せん断強さ	終局破壊	含水率
表坦刀丛	平似选加	田力	mm	mm	mm	kg/m ³	N/mm ²	心问双坯	%
2次接着	120-129	103	901	153.81	144.79	599	5.56	曲げ	8.0
2次接着	120-129	106	901	153.70	143.67	587	5.37	曲げ	8.0
2次接着	120-129	109	901	153.48	143.00	588	5.29	曲げ	8.2
2次接着	120-129	112	901	153.82	143.31	588	5.33	曲げ	9.6
2次接着	120-149	103	901	155.13	144.14	605	5.92	曲げ	8.7
2次接着	120-149	106	901	154.21	143.99	604	6.10	曲げ	8.2
2次接着	120-149	109	901	153.79	143.56	592	5.17	せん断	9.0
2次接着	120-149	112	901	153.81	143.83	602	6.24	曲げ	10.0
ワンショット	120-129	123	901	154.05	142.95	605	4.91	曲げ	10.0
ワンショット	120-129	126	901	154.71	142.12	625	5.12	曲げ	9.2
ワンショット	120-129	129	901	153.62	144.65	575	4.98	曲げ	9.7
ワンショット	120-129	132	901	153.25	146.35	599	4.87	曲げ	10.6
ワンショット	120-149	123	901	154.21	140.83	616	5.26	曲げ	9.3
ワンショット	120-149	126	901	154.63	143.56	598	5.86	曲げ	9.0
ワンショット	120-149	129	901	153.50	142.54	628	6.80	曲げ	9.0
ワンショット	120-149	132	901	152.81	143.40	612	6.20	曲げ	10.5

表 12.2.2-9 カラマツ 平使い 40mm 幅 試験結果

#U\# \+	A TE /55 Uil	—	長さ	幅	厚さ	密度	せん断強さ	44 P T + 1 +	含水率
製造方法	単板選別	番号	mm	mm	mm	kg/m^3	N/mm ²	終局破壊	%
2次接着	120-129	101	901	40.28	143.95	617	2.17	せん断	9.7
2次接着	120-129	103	901	39.60	144.41	607	2.14	めり込み	8.8
2次接着	120-129	104	901	40.10	144.35	610	2.00	めり込み	8.8
2次接着	120-129	106	901	40.38	144.45	600	2.29	めり込み	8.6
2次接着	120-129	107	901	40.20	144.86	591	2.16	せん断	9.5
2次接着	120-129	109	901	40.40	143.99	593	2.01	曲げ	9.0
2次接着	120-129	110	901	40.16	143.65	594	2.02	めり込み	9.4
2次接着	120-129	112	901	40.35	143.83	598	1.98	曲げ	9.3
2次接着	120-149	101	901	39.83	145.11	585	2.16	めり込み	9.9
2次接着	120-149	103	901	40.31	145.63	605	2.10	めり込み	9.4
2次接着	120-149	104	901	40.29	143.99	595	2.29	めり込み	8.9
2次接着	120-149	106	901	40.48	144.30	583	2.29	曲げ	8.8
2次接着	120-149	107	901	40.23	144.51	584	2.17	曲げ	10.0
2次接着	120-149	109	901	40.50	143.69	579	1.96	曲げ	9.4
2次接着	120-149	110	901	40.10	143.79	587	2.27	曲げ	9.5
2次接着	120-149	112	901	40.41	143.79	590	1.96	曲げ	9.5
ワンショット	120-129	121	901	40.25	141.75	618	1.94	曲げ	10.3
ワンショット	120-129	123	901	40.40	143.06	605	2.09	曲げ	10.2
ワンショット	120-129	124	901	40.30	143.42	627	2.45	せん断	9.2
ワンショット	120-129	126	901	40.47	142.33	627	2.21	せん断	9.7
ワンショット	120-129	127	901	40.25	142.33	601	2.18	せん断	9.9
ワンショット	120-129	129	901	40.47	144.81	572	1.92	せん断	10.1
ワンショット	120-129	130	901	40.03	142.64	606	1.93	曲げ	9.7
ワンショット	120-129	132	901	40.30	145.90	595	1.79	曲げ	10.2
ワンショット	120-149	121	901	40.18	142.65	612	2.32	めり込み	10.3
ワンショット	120-149	123	901	40.31	140.48	616	2.38	めり込み	9.7
ワンショット	120-149	124	901	40.20	143.00	607	2.09	めり込み	9.6
ワンショット	120-149	126	901	40.32	143.97	600	2.19	曲げ	9.4
ワンショット	120-149	127	901	40.24	142.44	622	2.09	めり込み	9.0
ワンショット	120-149	129	901	40.32	142.75	628	2.11	めり込み	9.5
ワンショット	120-149	130	901	40.40	142.20	620	2.09	めり込み	10.0
ワンショット	120-149	132	901	40.43	143.06	615	2.26	めり込み	10.1



写真 12.2.2-1 スギ試料材



写真 12.2.2-2 試験状況





写真 12.2.2-3 スギ平使い 2 次接着 60-89 110 (せん断破壊)

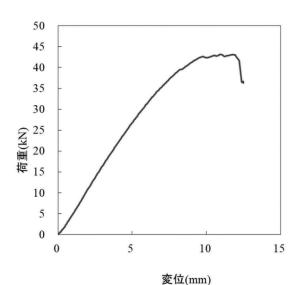


図 12.2.2-1 スギ平使い 2 次接着 60-89 110





写真 12.2.2-4 スギ平使い ワンショット 60-89 119 (せん断+曲げ複合破壊)

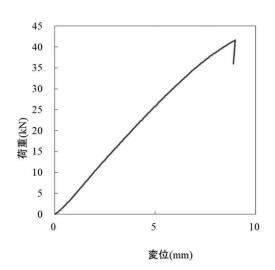


図 12.2.2-2 スギ平使いワンショット 60-89 119





写真 12.2.2-5 スギ平使い ワンショット 60-69 125 (曲げ破壊)

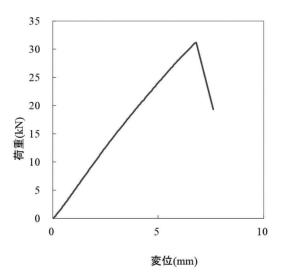


図 12.2.2-3 スギ平使いワンショット 60-69 125





写真 12.2.2-6 スギ縦使い 2 次接着 60-69 112 (曲げ破壊)

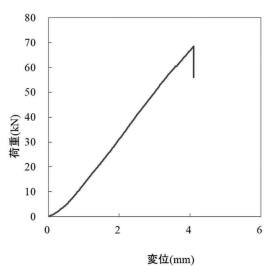


図 12.2.2-4 スギ縦使い 2 次接着 60-69 112





写真 12.2.2-7 スギ縦使い ワンショット 60-69 121 (せん断+曲げ複合破壊)

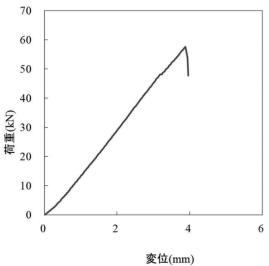


図 12.2.2-5 スギ縦使い ワンショット 60-69 121





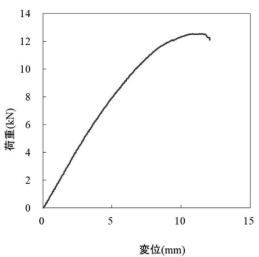


図 12.2.2-6 スギ平使い 40mm 幅 2 次接着 60-69 104

写真 12.2.2-8 スギ平使い 40mm 幅 2 次接着 60-69 104 (せん断+曲げ複合破壊)





写真 12.2.2-9 ヒノキ平使い ワンショット 90-99 130 (めり込み破壊)

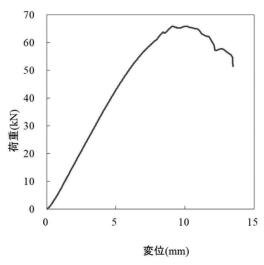


図 12.2.2-7 ヒノキ平使いワンショット 90-99 130





写真 12.2.2-10 ヒノキ縦使い ワンショット 90-119 126 (曲げ破壊)

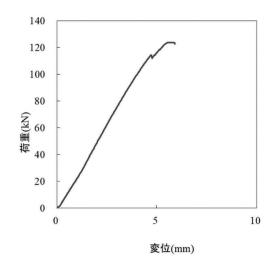


図 12.2.2-8 ヒノキ縦使いワンショット 90-119 126





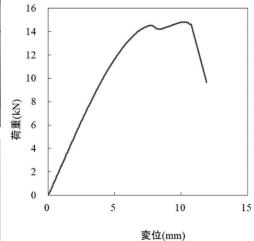


図 12.2.2-9 ヒノキ平使い 40mm 幅 2 次接着 90-99 109

写真 12.2.2-11 ヒ/キ平使い 40mm 幅 2 次接着 90-99 109 (せん断破壊)





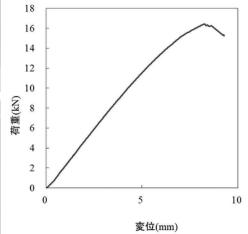


図 12.2.2-10 ヒノキ平使い 40mm 幅 ワンショット 90-99 130

写真 12.2.2-12 ヒノキ平使い 40mm 幅 ワンショット 90-99 130

(曲げ破壊)





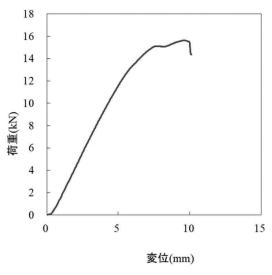


図 12.2.2-11 ヒ/キ平使い 40mm 幅 2 次接着 90-119 106

写真 12.2.2-13 ヒ/キ平使い 40mm 幅 2 次接着 90-119 106 (めり込み破壊)





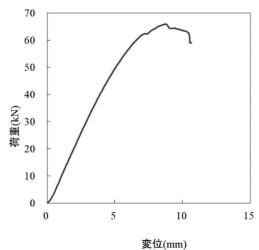


図 12.2.2-12 カラマツ平使いワンショット 120-129 124

写真 12.2.2-14 カラマツ平使い ワンショット 120-129 124 (せん断破壊)





図 12.2.2-13 カラマツ平使い2次接着 120-129 110

写真 12.2.2-15 カラマツ平使い 2 次接着 120-129 110 (曲げ破壊)





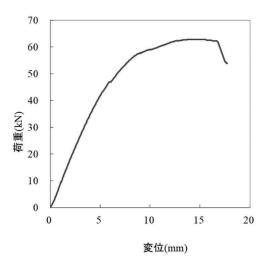


図 12.2.2-14 カラマツ平使いワンショット 120-129 121

写真 12.2.2-16 カラマツ平使い ワンショット 120-129 121 (せん断破壊)





70 60 50 40 ② 30 拒 20 10 0 5 10 15 **変**位(mm)

図 12.2.2-15 カラマツ平使いワンショット 120-149 127

写真 12.2.2-17 カラマツ平使い ワンショット 120-149 127 (めり込み破壊)







図 なし

写真 12.2.2-18 カラマツ縦使い 2 次接着 120-149 109 (せん断破壊)





図 なし

写真 12.2.2-19 カラマツ縦使い 2 次接着 120-129 109 (曲げ破壊)





18 16 14 12 10 荷重(kN) 6 2 0 10 15 変位(mm)

図 12.2.2-16 カラマツ平使い 40mm ワンショット 120-129 124

写真 12.2.2-20 カラマツ平使い 40mm ワンショット 120-129 124 (せん断破壊)





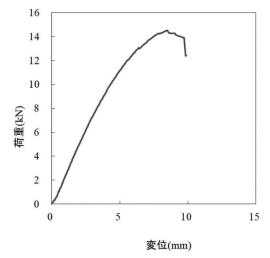


図 12.2.2-17 カラマツ平使い 40mm ワンショット 120-129 121

写真 12.2.2-21 カラマツ平使い 40mm ワンショット 120-129 121 (曲げ破壊)





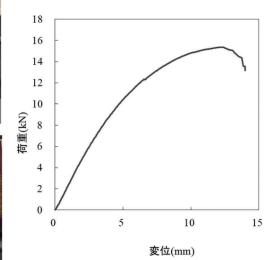


図 12.2.2-18 カラマツ平使い 40mm 2 次接着 120-129 110

写真 12.2.2-22 カラマツ平使い 40mm 2 次接着 120-129 110 (めり込み破壊)

12.2.3 水平せん断試験方法の検討関係データ



強度試験機 東京衡機製 RUE D-TK18A(1000kN)



試験体の設置



試験体の設置



支点 R25 丸棒·支点板幅 50mm



加力用治具 平板 100mm (F10)

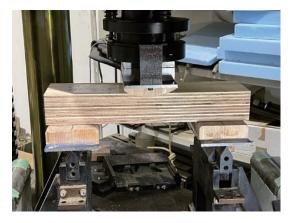
写真 12.2.3-1 水平せん断試験方法の検討 試験概況 (縦使い試験)



試験体の設置 試験条件 4-F10-5N



試験条件 5-F5-5N



試験条件 5-R9-10



試験条件 4-R9-5



試験条件 4-R9-10

写真 12.2.3-2 水平せん断試験方法の検討 試験概況 (平使い試験)

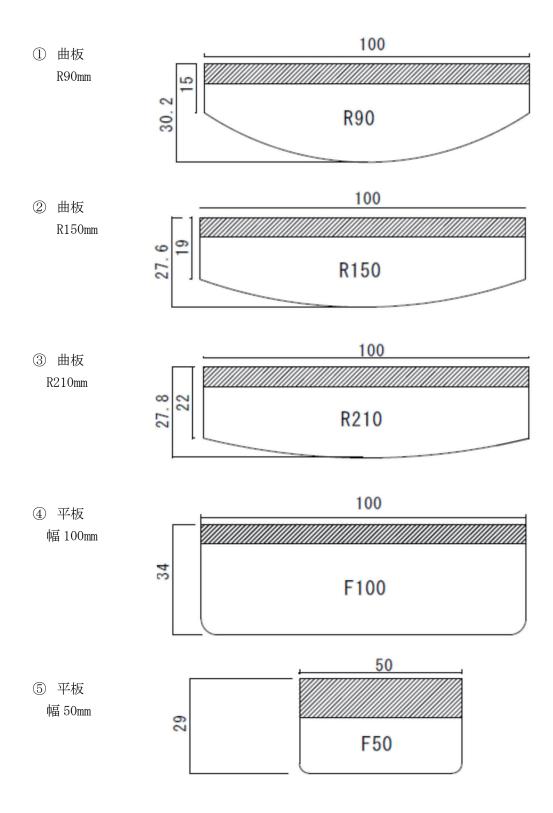


図 12.2.3-1 水平せん断試験方法の検討 荷重点用治具詳細図

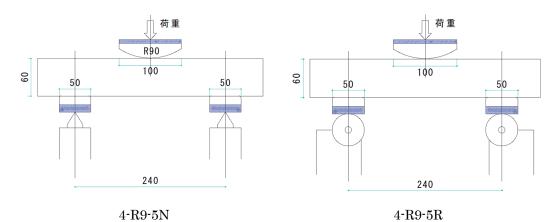


図 12. 2. 3-2 4-R9-5N(平使い)4-R9-5R(平使い)試験概要



I-1-W-69-F 曲げとせん断の複合破壊



I-2S-89-F 曲げとせん断の複合破壊

写真 12. 2. 3-3 4-R9-5N(平使い)4-R9-5R(平使い)

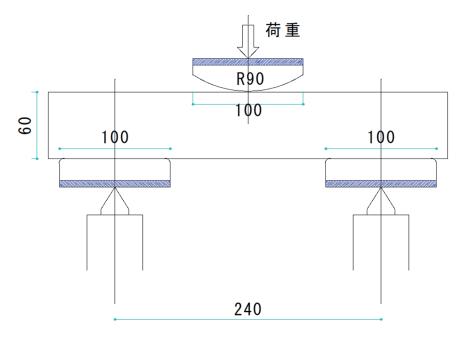
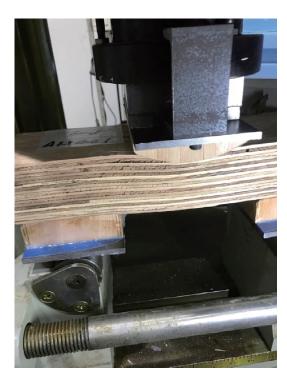
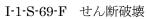


図 12.2.3-3 4-R9-10R (平使い) 試験概要







I-1-S-89-F 曲げ破壊

写真 12.2.3-4 4-R9-10R (平使い)

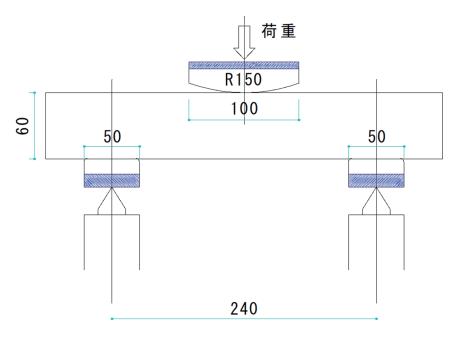
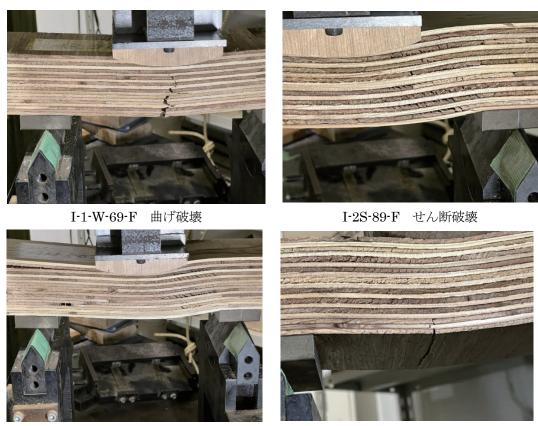


図 12.2.3-4 4-R15-5N (平使い) 試験概要



I-2-S-69-F せん断破壊と表層単板の剥離

I-1-W-89-F 曲げ破壊

写真 12.2.3-5 4-R15-5N (平使い)

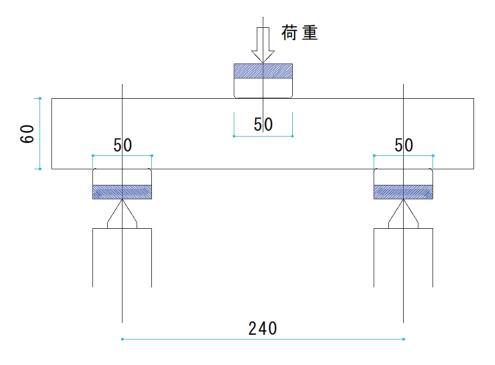


図 12.2.3-5 4-F5-5N (平使い) 試験概要

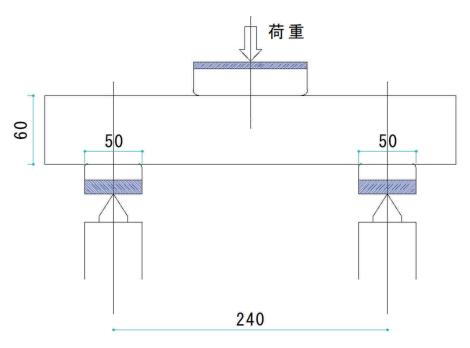


図 12.2.3-6 4-F10-5N (平使い) 試験概要



I-1-W-69-F せん断破壊



I-2-S-89-F 曲げ破壊



I-2-S-69-F 曲げとせん断複合破壊





I-1-S-69-F 曲げとせん断の複合破壊

写真 12. 2. 3-6 4-F10-5N (平使い)

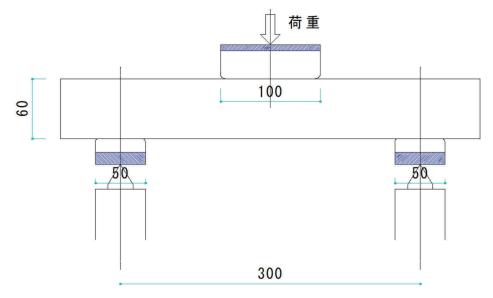
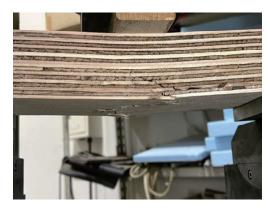


図 12. 2. 3-7 5-F10-5N (平使い) 試験概要



I-1-W-69-F 曲げ破壊



I-2-S-89-F 曲げ破壊



I-1-S-89-F 曲げとせん断の複合破壊

写真 12. 2. 3-7 5-F10-5N (平使い)

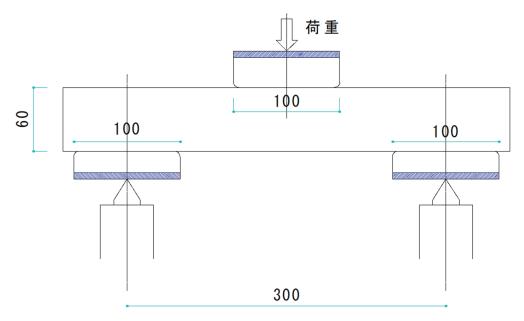


図 12. 2. 3-8 5-F10-10N (平使い) 試験概要



I-2-S-89-F 曲げとせん断の複合破壊



I-1-W-89-F 曲げとせん断の複合破壊

写真 12.2.3-8 5-F10-10N (平使い)

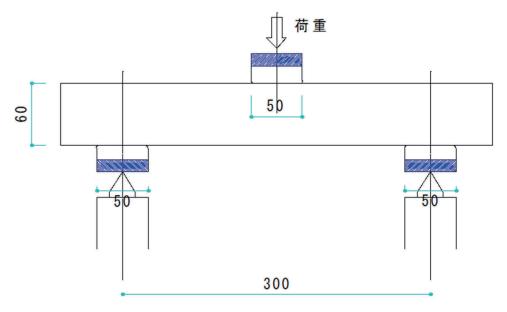


図 12.2.3-9 5-F5-5N (平使い) 試験概要



I-1-S-69-F せん断破壊



I-2-S-89-F 曲げとせん断の複合破壊





I-1-W-89-F 曲げとせん断の複合破壊





I-1-W-69-F 曲げ破壊



I-2-S-89-F せん断破壊



I-2S-89-F 曲げとせん断の複合破壊



I-2-S-69-F 曲げ破壊



I-1-W-89-F 曲げとせん断の複合破壊

写真 12.2.3-9 5-F5-5N (平使い)

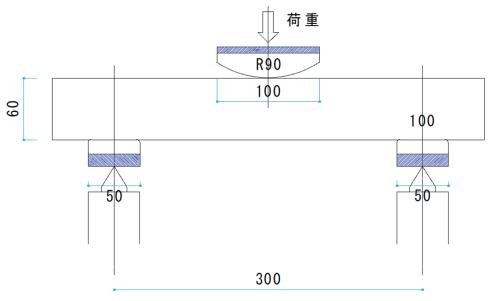


図 12.2.3-10 5-R9-5N (平使い) 試験概要

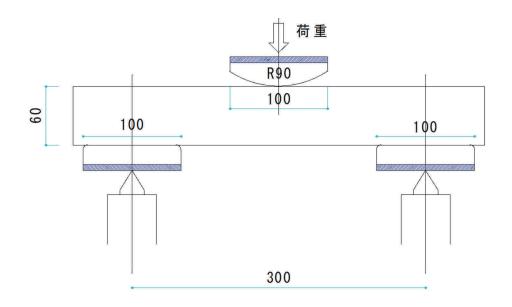
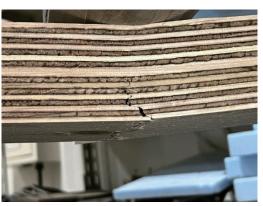


図 12. 2. 3-11 5-R9-10N (平使い) 試験概要



I-1-W-69-F 曲げ破壊



I-2-S-89-F 曲げとせん断の複合破壊



I-2-S-69-F せん断破壊



I-1-W-89-F せん断破壊



I-1-S-89-F 曲げとせん断の複合破壊



I-1-S-69-F 曲げとせん断の複合破壊

写真 12.2.3-10 5-R9-10N (平使い)

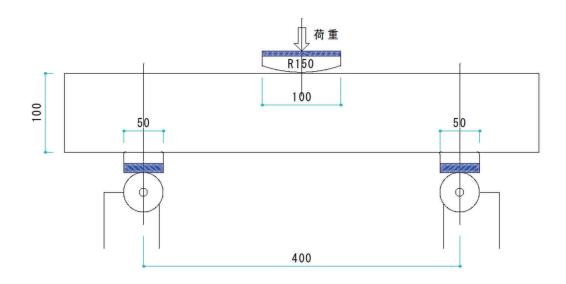
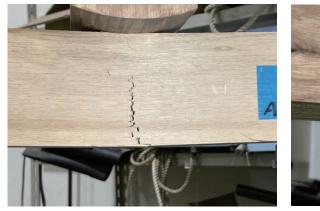


図 12.2.3-12 4-R15-5R (縦使い) 試験概要



I-2-S-89-E 曲げ破壊





I-1-S-89-E I-1-S-69-E

写真 12.2.3-11 4-R15-5R (縦使い)

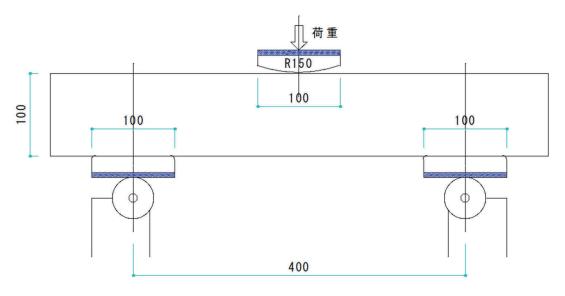


図 12.2.3-13 4-R15-10R (縦使い) 試験概要





I-1-W-69-E





I-2-S-89-E

写真 12.2.3-12 4-R15-10R (縦使い)

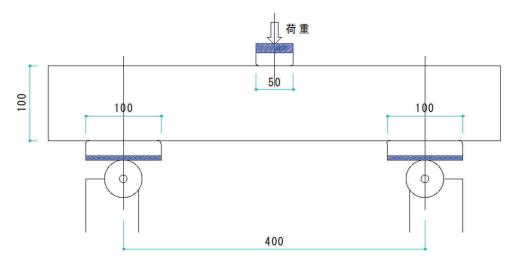


図 12.2.3-14 4-F10-10R (縦使い) 試験概要





試験実施概況





I-1-S-89-E

写真 12.2.3-13 4-F10-10R (縦使い)

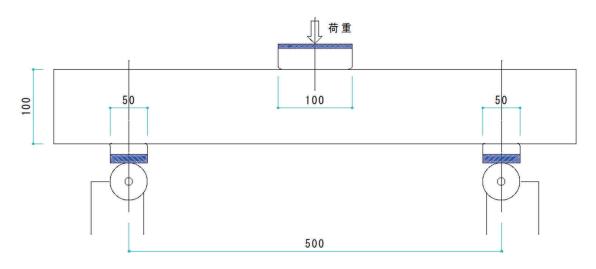


図 12.2.3-15 5-F10-5R (縦使い) 試験概要





I-1-W-69-F





I-2S-89-E

写真 12.2.3-14 5-F10-5R (縦使い)

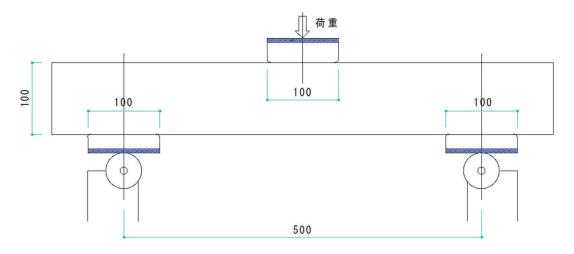


図 12.2.3-16 5-F10-10R (縦使い) 試験概要





I-2-S-89-E





I-1-W-89-E





I-1-S-89-E I-1-S-69-F



I-2-S-89-F

写真 12.2.3-15 5-F10-10R (縦使い)

12.2.4 接着性能の評価関係データ

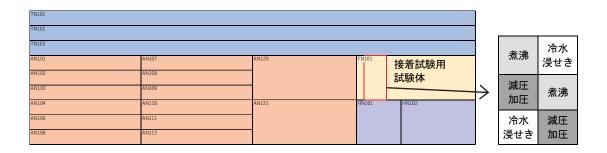


図 12. 2. 4-1 超厚合板原板(厚さ 60mm、19 プライ、正寸・逆寸)における 接着試験片採取位置

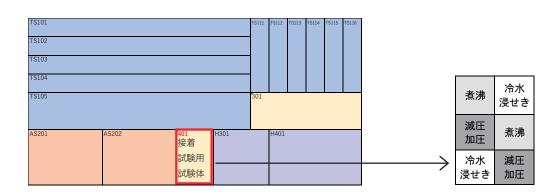


図 12.2.4-2 超厚合板原板(厚さ 60mm、21 プライ、正寸)における 接着試験片採取位置

表 12.2.4-1 厚さ 144mm 超厚合板の接着剝離試験片の密度

単板樹種	単板ヤング係数 (kN/mm²)	密度(g/cm³)*1		
		平均値	標準偏差	
スギ	選別なし	0. 429	0.008	
	6.0以上	0. 421	0.014	
	6. 0-6. 9	0. 412	0.007	
	6. 0-8. 9	0. 414	0.006	
ヒノキ	9.0-9.9	0. 479	0.005	
	9. 0-11. 9	0. 486	0.005	
カラマツ	12. 0-12. 9	0.616	0.010	
	12. 0-14. 9	0.616	0.012	

*1: スギ (6.0-6.9、6.0-8.9)、ヒノキ、カラマツは 24 片、スギ (選別なし 6.0 以上) は 30 片の平均値、標準偏差

表 12. 2. 4-2 厚さ 60mm スギ超厚合板の接着剝離試験片の密度

単板構成	単板ヤング係数	密度(g/cm³) *1		
早似 稱风	(kN/mm^2)	平均值	標準偏差	
19 プライ	6. 0-6. 9	0.384	0.008	
正寸	6. 0-8. 9	0.407	0.015	
19 プライ 逆寸	6. 0-6. 9	0.389	0. 013	
	6. 0-8. 9	0. 413	0.015	
21 プライ 正寸	6. 0-6. 9	0.440	0. 013	
	6. 0-8. 9	0. 477	0.020	

*1:いずれも30片の平均値、標準偏差

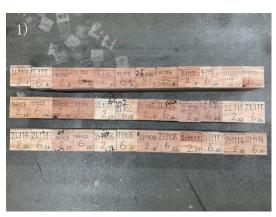




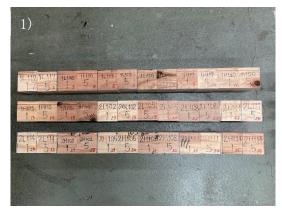






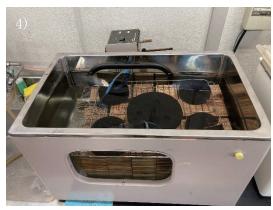
図 12.2.4-3 接着剝離試験 (減圧加圧) の様子 (試験片:厚さ 144mm、スギ)

- 1) 接着剝離試験片(減圧加圧)
- 2) 減圧加圧容器内に設置した試験片
- 3) 減圧加圧処理装置
- 4) 減圧加圧処理後の試験片
- 5) 減圧加圧処理後の乾燥処理











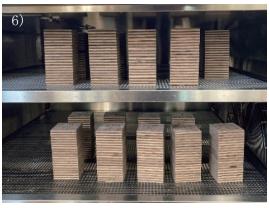


図 12.2.4-4 接着剝離試験 (煮沸) の様子 (試験片:厚さ 144mm、スギ)

- 1) 接着剝離試験片(煮沸)
- 2) 煮沸処理
- 3) 煮沸処理後の試験片
- 4) 煮沸処理後の浸せき処理
- 5) 煮沸ー浸せき処理後の試験片
- 6) 煮沸ー浸せき処理後の乾燥処理

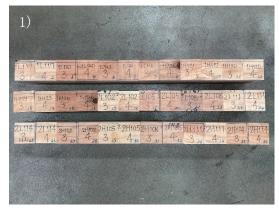












図 12.2.4-5 接着剝離試験 (冷水浸せき) の様子 (試験片:厚さ 144mm、スギ)

- 1) 接着剝離試験片(煮沸)
- 2) 冷水浸せき処理前の様子
- 3) 冷水浸せき処理
- 4) 冷水浸せき処理後(繰返し1回目)の試験片
- 5) 冷水浸せき処理後(繰返し2回目)の試験片
- 6) 冷水浸せき処理後の乾燥処理



図 12.2.4-6 厚さ 144mm 超厚合板の接着剝離試験(減圧加圧)後の試験片の様子 1)スギ、2)ヒノキ、3)カラマツ

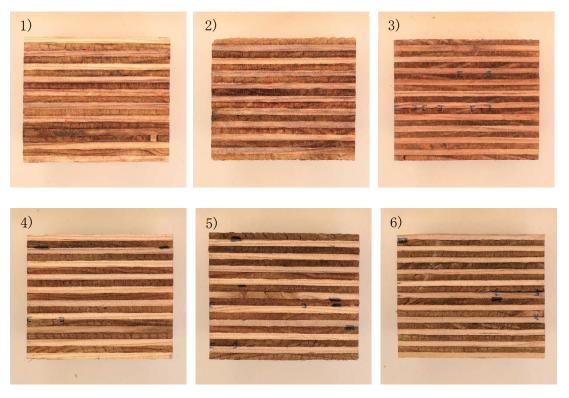


図 12.2.4-7 厚さ 60mm 超厚合板の接着剝離試験(減圧加圧、煮沸)後の試験片の様子 図上段:減圧加圧剝離試験、図下段:煮沸剝離試験

1)・4):19プライ・正寸、2)・5):19プライ・逆寸、3)・6):21プライ・正寸

12.2.5 接合部性能関係データ

各仕様の荷重-変位曲線と写真を示す。なお、写真は全て加力後の写真である。

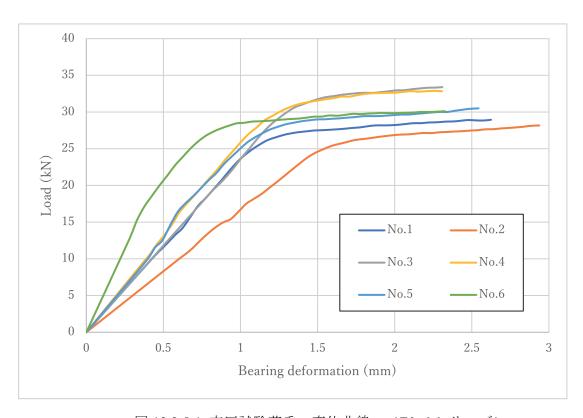


図 12.2.5-1 支圧試験荷重-変位曲線 <E0_6 シリーズ>



写真 12.2.5-1 試験体正面



写真 12.2.5-2 試験体上面





写真 12.2.5-3 加力点近影 1 写真 12.2.5-4 加力点近影 2

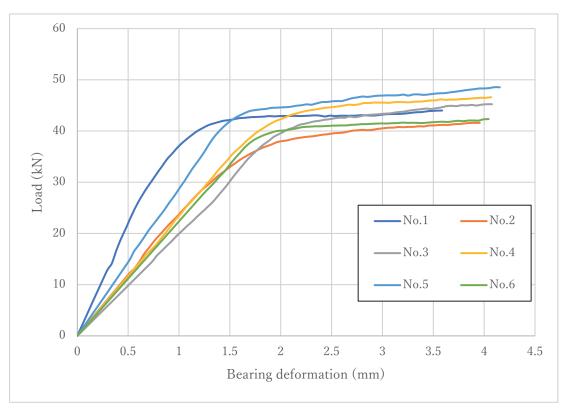


図 12.2.5-2 支圧試験荷重-変位曲線 <E0_9 シリーズ>



写真 12.2.5-5 試験体正面



写真 12.2.5-6 試験体上面



写真 12.2.5-7 加力点近影 1



写真 12.2.5-8 加力点近影 2

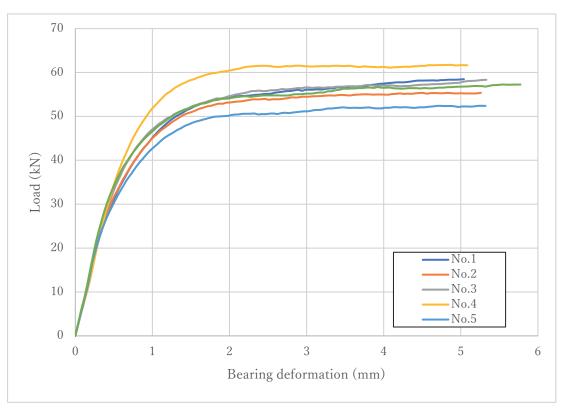


図 12.2.5-3 支圧試験荷重-変位曲線 <E0_12 シリーズ>



写真 12.2.5-9 試験体正面



写真 12.2.5-10 試験体上面



写真 12.2.5-11 加力点近影 1



写真 12.2.5-12 加力点近影 2

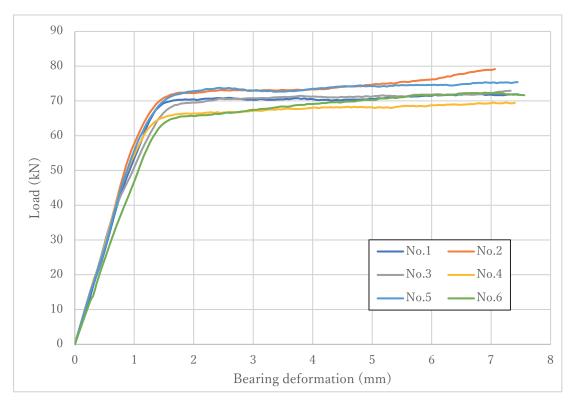


図 12.2.5-4 支圧試験荷重-変位曲線 <E0_16 シリーズ>



写真 12.2.5-13 試験体正面



写真 12.2.5-14 試験体上面



写真 12.2.5-15 加力点近影 1



写真 12.2.5-16 加力点近影 2

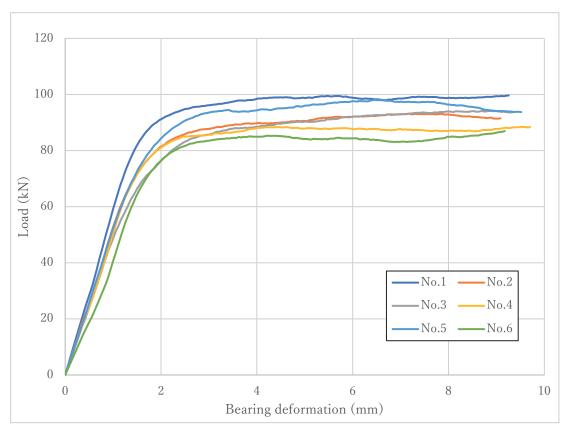


図 12.2.5-5 支圧試験荷重-変位曲線 <EO_20 シリーズ>



写真 12.2.5-17 試験体正面



写真 12.2.5-18 試験体上面



写真 12.2.5-19 加力点近影 1



写真 12.2.5-20 加力点近影 2

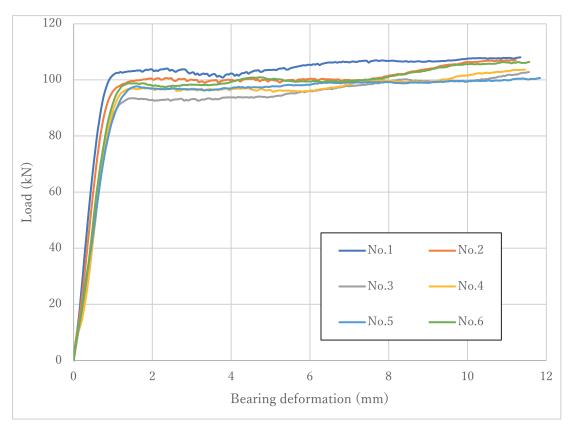


図 12.2.5-6 支圧試験荷重-変位曲線 <E0_24 シリーズ>



写真 12.2.5-21 試験体正面



写真 12.2.5-22 試験体上面



写真 12.2.5-23 加力点近影 1



写真 12.2.5-24 加力点近影 2

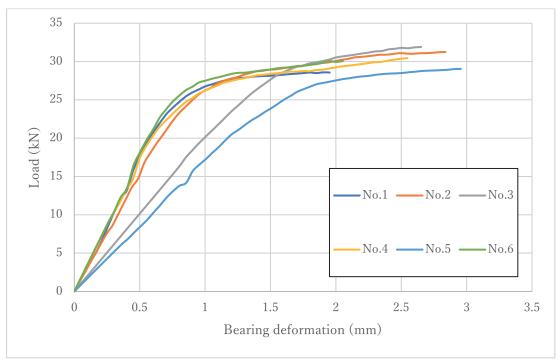


図 12.2.5-7 支圧試験荷重-変位曲線 <E90_6 シリーズ>

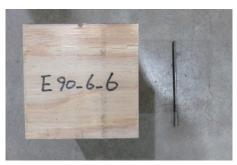


写真 12.2.5-25 試験体正面



写真 12.2.5-26 試験体上面



写真 12.2.5-27 加力点近影 1



写真 12.2.5-28 加力点近影 2

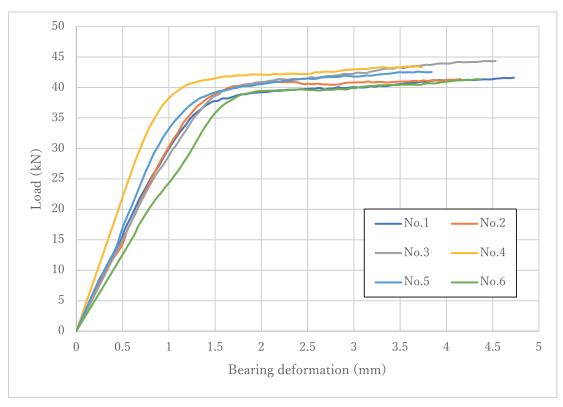


図 12.2.5-8 支圧試験荷重-変位曲線 <E90_9 シリーズ>



写真 12.2.5-29 試験体正面



写真 12.2.5-30 試験体上面



写真 12.2.5-31 加力点近影 1



写真 12.2.5-32 加力点近影 2

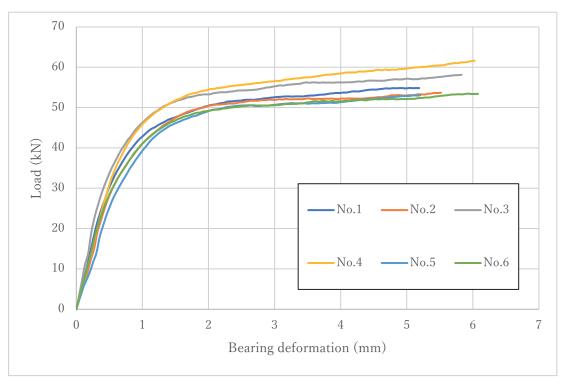


図 12.2.5-9 支圧試験荷重-変位曲線 <E90_12 シリーズ>



写真 12.2.5-33 試験体正面



写真 12.2.5-34 試験体上面



写真 12.2.5-35 加力点近影 1



写真 12.2.5-36 加力点近影 2

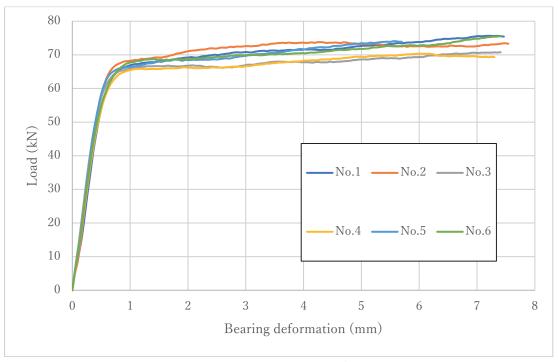


図 12.2.5-10 支圧試験荷重-変位曲線 <E90_16 シリーズ>



写真 12.2.5-37 試験体正面



写真 12.2.5-38 試験体上面



写真 12.2.5-39 加力点近影 1



写真 12.2.5-40 加力点近影 2

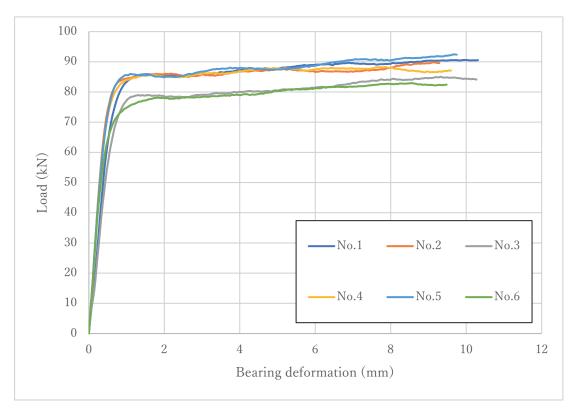


図 12.2.5-11 支圧試験荷重-変位曲線 <E90_20 シリーズ>



写真 12.2.5-41 試験体正面



写真 12.2.5-42 試験体上面



写真 12.2.5-43 加力点近影 1



写真 12.2.5-44 加力点近影 2

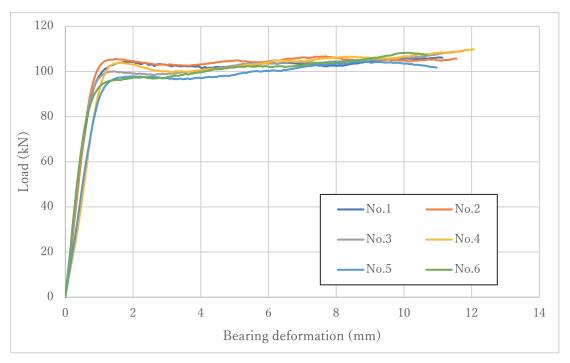


図 12.2.5-12 支圧試験荷重-変位曲線 <E90_24 シリーズ>



写真 12.2.5-45 試験体正面



写真 12.2.5-46 試験体上面



写真 12.2.5-47 加力点近影 1



写真 12.2.5-48 加力点近影 2

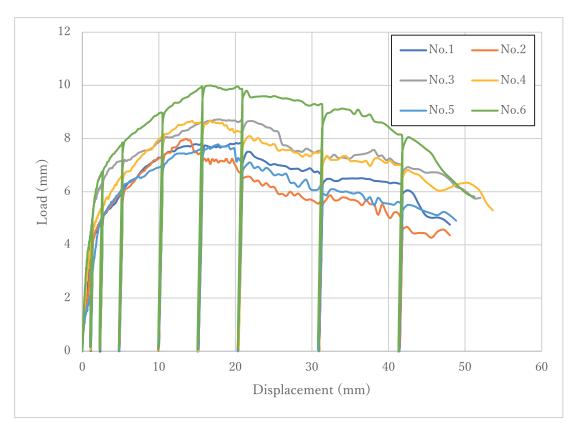


図 12.2.5-13 せん断試験荷重 - 変位曲線 < $D6_0_7d_4d$ シリーズ >



写真 12.2.5-49 試験終了時全景



写真 12.2.5-50 試験終了時正面



写真 12.2.5-51 破壊箇所近影 1



写真 12.2.5-52 破壊箇所近影 2

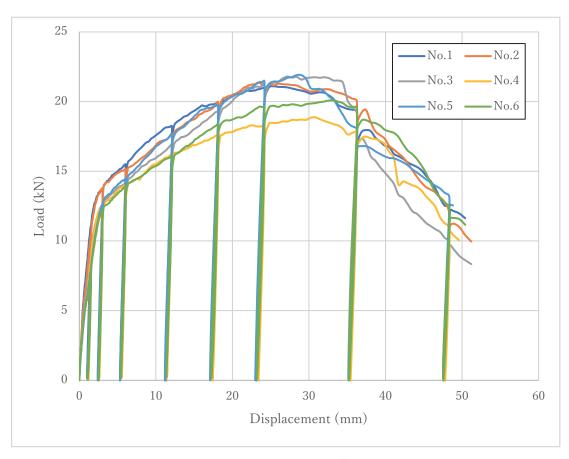


図 12.2.5-14 せん断試験荷重 - 変位曲線 < D9_0_7d_4d シリーズ>



写真 12.2.5-53 試験終了時全景



写真 12.2.5-54 試験終了時正面



写真 12.2.5-55 破壞箇所近影 1



写真 12.2.5-56 破壊箇所近影 2

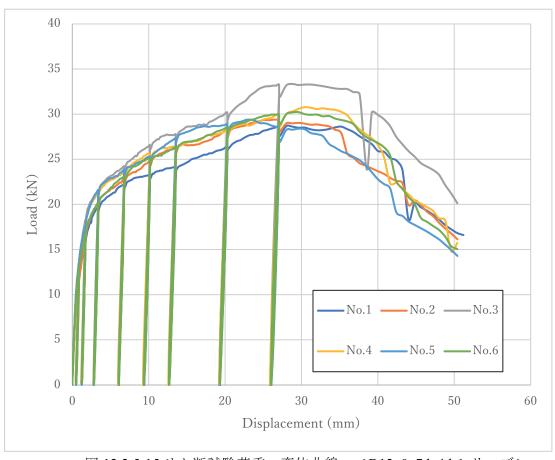


図 12.2.5-15 せん断試験荷重-変位曲線 <D12_0_7d_4d シリーズ>



写真 12.2.5-57 試験終了時全景



写真 12.2.5-58 試験終了時正面



写真 12.2.5-59 破壊箇所近影 1



写真 12.2.5-60 破壊箇所近影 2

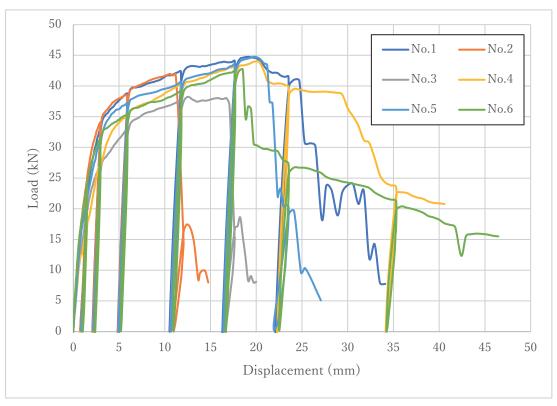


図 12.2.5-16 せん断試験荷重-変位曲線 <D16_0_4d_2d シリーズ>



写真 12.2.5-61 試験終了時全景



写真 12.2.5-62 試験終了時正面



写真 12.2.5-63 破壊箇所近影 1



写真 12.2.5-64 破壊箇所近影 2

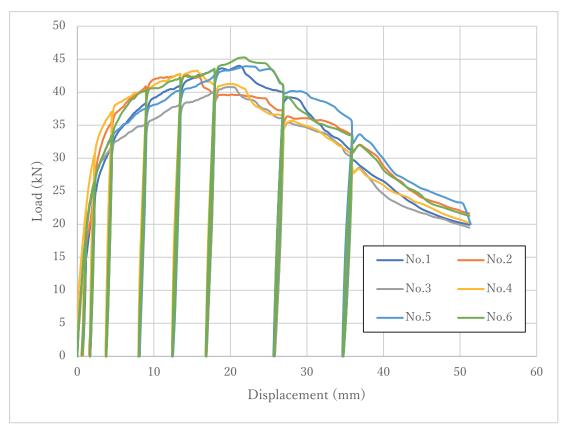


図 12.2.5-17 せん断試験荷重 -変位曲線 < $D16_0_4d_4d$ シリーズ>



写真 12.2.5-65 試験終了時全景



写真 12.2.5-66 試験終了時正面

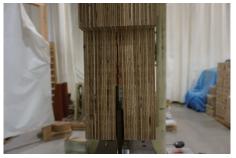


写真 12.2.5-67 破壊箇所近影 1



写真 12.2.5-68 破壊箇所近影 2

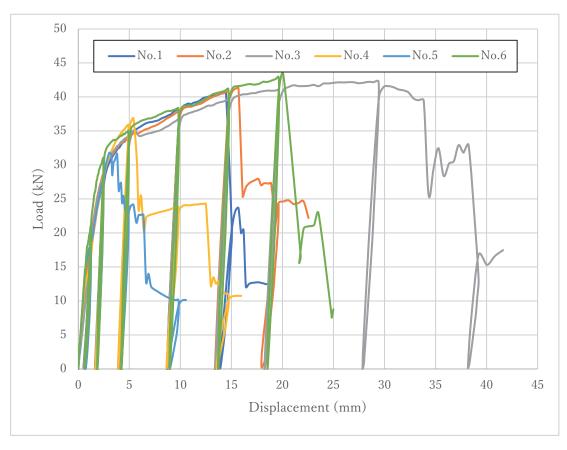


図 12.2.5-18 せん断試験荷重 -変位曲線 < $D16_0_7d_2d$ シリーズ>



写真 12.2.5-69 試験終了時全景



写真 12.2.5-70 試験終了時正面



写真 12.2.5-71 破壊箇所近影 1



写真 12.2.5-72 破壊箇所近影 2

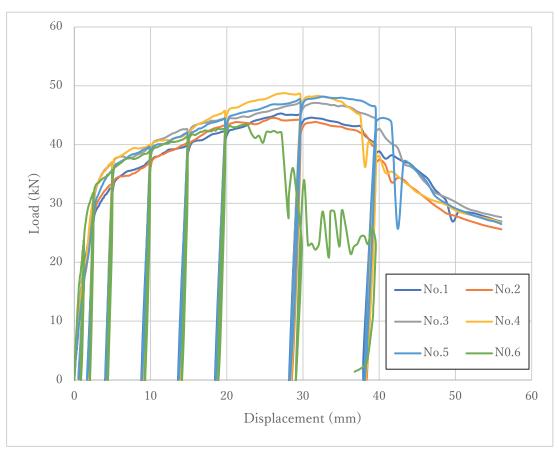


図 12.2.5-19 せん断試験荷重 -変位曲線 < $D16_0_7d_4d$ シリーズ>



写真 12.2.5-73 試験終了時全景



写真 12.2.5-74 試験終了時正面



写真 12.2.5-75 破壞箇所近影 1



写真 12.2.5-76 破壞箇所近影 2

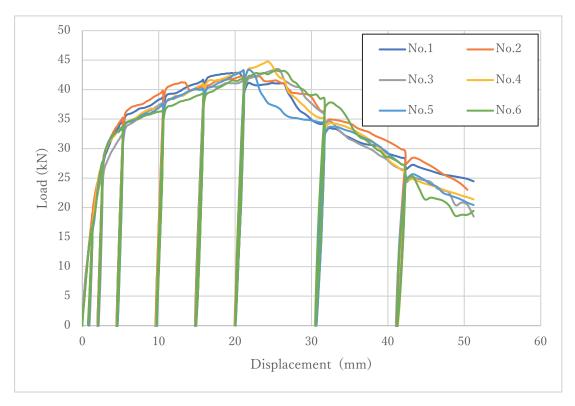


図 12.2.5-20 せん断試験荷重-変位曲線 < $D16_90_4d_7d$ シリーズ>



写真 12.2.5-77 試験終了時全景



写真 12.2.5-78 試験終了時正面

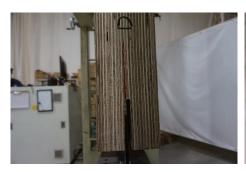


写真 12.2.5-79 破壞箇所近影 1



写真 12.2.5-80 破壊箇所近影 2

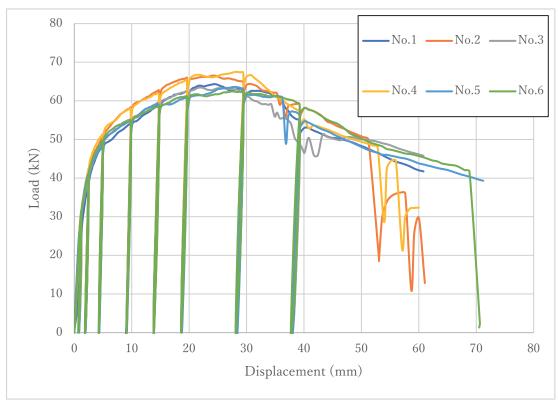


図 12.2.5-21 せん断試験荷重-変位曲線 < D20_0_7d_4d シリーズ>



写真 12.2.5-81 試験終了時全景



写真 12.2.5-82 試験終了時正面



写真 12.2.5-83 破壊箇所近影 1



写真 12.2.5-84 破壊箇所近影 2

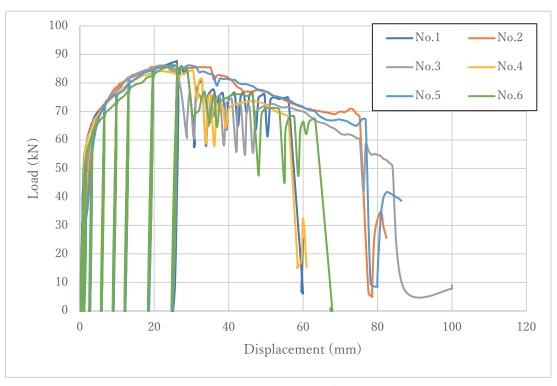


図 12.2.5-22 せん断試験荷重 -変位曲線 < $D24_0_7d_4d$ シリーズ>



写真 12.2.5-85 試験終了時全景



写真 12.2.5-86 試験終了時正面



写真 12.2.5-87 破壊箇所近影 1



写真 12.2.5-88 破壊箇所近影 2

12.2.6 含水率変化および断熱・透湿性能の検討関係データ

1. 寸法変化測定



図 12.2.6-1 60mm 厚試験体の厚さ測定



図 12.2.6-2 144mm 厚試験体の厚さ測定



図 12.2.6-3 60mm 厚試験体の吸湿試験



図 12.2.6-4 144mm 厚試験体の吸湿試験

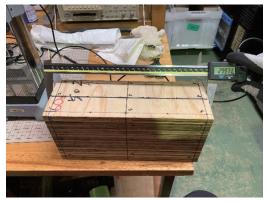
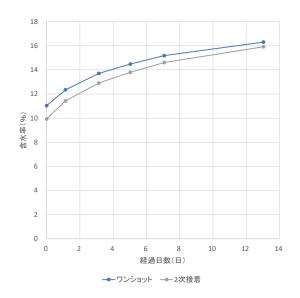


図 12.2.6-5 144mm の長さ測定 ※実際には両手でノギスを保持して測定



図 12.2.6-6 吸湿により端部に発生した 凹凸

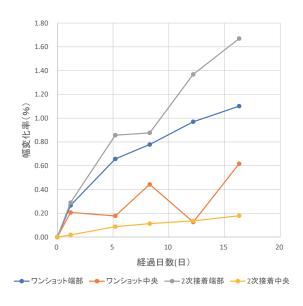


8.00
7.00
6.00
6.00
1.00
0.00
0 5 10 15 20
経過日数(日)

・ ワンショット端部
・ ワンショット中央
・ 2次接着端部
・ 2次接着中央

図 12.2.6-7 144mm 厚試験体の含水率変化

図 12.2.6-8 144mm 厚試験体の厚さ変化率



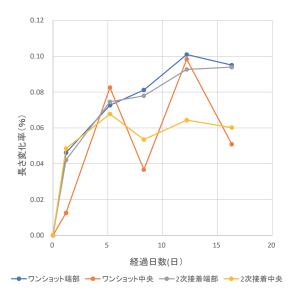


図 12.2.6-9 144mm 厚試験体の幅変化率

図 12.2.6-10 144mm 厚試験体の長さ変化率

2. 熱伝導率測定

表 12.2.6-1 60mm 熱伝導率測定試験体(別工場生産分)

試験体記号	材厚(mm)	単板選別	積層方法
60a	60	60~69	ワンショット
60b			2次接着
60c		60~89	ワンショット
60d			2次接着

表 12. 2. 6-2 60mm 熱伝導率測定結果 (別工場生産分) (n=各 5)

種類	厚さ(mm)		密度(kg/m³)		熱伝導率(W/m·K)		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均+2σ
60a	6.2	0.037	442	12.1	0.114	0.0043	0.123
60b	6.1	0.023	435	12.8	0.110	0.0021	0.115
60c	6.1	0.046	475	17.2	0.113	0.0031	0.119
60d	6.1	0.020	439	12.8	0.106	0.0031	0.113
(参考) 24mm	23.8	0.428	380	11.1	0.096	0.1017	0.116

※本報告と同じく、熱伝導率は 0.16 W/(m·K)を下回った。

3. 透湿性能測定



図 12.2.6-11 透湿カップの気密確認試験体

3mm 厚の中空 PP 板を 2 枚合わせてアルミテープで固定



図 12.2.6-12 気密パッキンと塩化カルシウム (吸湿剤)

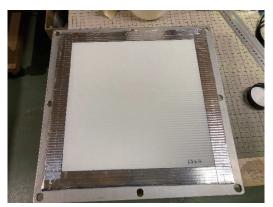


図 12.2.6-13 試験体の設置



図 12.2.6-14 気密確認試験体の重量測定 ※ボルトで押さえ金具を固定し、重量測定を実施



図 12.2.6-15 透湿カップ試験体の作成 (144mm)

※試験体の上にあるのはアルミテープ用へラ(左) とケガキゲージ(右)



図 12.2.6-16 アルミテープ張りの墨付け ※ケガキゲージを用いて、透湿面が 250mm×250mm となるように墨付けを行う



図 12.2.6-17 アルミテープ施工 ※隙間が出来ないように、ヘラでしっかりと試験 体にテープを密着させる



図 12.2.6-18 固定枠の設置



図 12.2.6-19 完成した試験体 ※全体重量は 14kg 弱となるので、対応する電子 天秤 (0.1g 精度) が必要

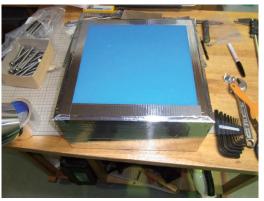


図 12.2.6-20 ブランク試験体の作成 ※裏面に中空 PP 板を取り付け、吸湿を防止



図 12.2.6-21 一般的な透湿カップ ※アルミ製



図 12.2.6-22 透湿カップの比較 ※手前は大きさの比較のためにおいた図 12.2.6-21 と同様のカップ

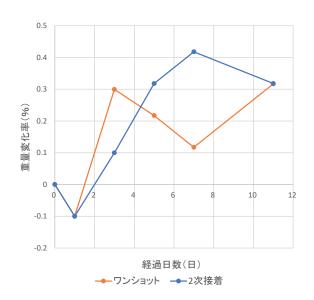


図 12.2.6-23 144mm 厚透湿カップ試験体の重量 変化