

木材産業・木造建築活性化対策のうち

中高層建築物を中心としたCLT等の木質建築部材の利用促進事業のうち

CLT等の利用促進及び低コスト化の推進に係る技術開発・検証等事業

「超厚合板の開発のための性能試験等の実施と成果の普及事業」

事業報告書

令和3年3月



日本合板工業組合連合会

目次

1. 補助事業申請書に基づく計画	1
1.1. 事業目的	1
1.2. 事業内容	1
2. 委員会構成	1
3. 超厚合板の試作試験結果	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	4
3.6. 試作試験について	4
4. 曲げ試験結果	8
4.1. 目的	8
4.2. 超厚合板の製造と試験体の製作	8
4.3. 平行層理論による強度予測	11
4.4. 実大曲げ試験方法	12
4.5. 試験結果	15
4.6. 理論値との比較	17
4.7. まとめ	23
5. 水平せん断試験結果	24
5.1. 試料材	24
5.2. 試験方法	24
5.3. 試験結果	26
5.4. 試験成績書	31
6. 接着試験結果	34
7. 総括	40
7.1. 試作試験結果について	40
7.2. 曲げ試験結果について	40
7.3. 水平せん断試験結果について	40
7.4. 接着性能試験結果について	40
7.5. 残された課題について	40
7.6. 事業成果の普及	41

8. 付録	45
8.1. 議事録	45
8.2. 荷重変形関係等生データ、測定風景・破壊形態等写真	86
8.2.1. 超厚合板の曲げ試験データ	86
8.3. 成果報告会講演要旨	153
8.3.1. 米国における超厚合板の開発と実用化	153
8.3.2. 我が国における超厚合板の研究開発の方向性	161
8.3.3. 超厚合板の曲げ性能	177

1. 補助事業申請書に基づく計画

1.1 事業目的

現行の森林・林業基本計画の目標である2025年までに合板製造のための国産材の利用を600万 m^3 とするため、新設住宅着工が減少すると見込まれる中で、都市を中心に学校や庁舎、商業施設、オフィスビル等の中層・大規模な建築物を木造化し、国産材の需要拡大を図ることが重要である。

このため、現在は30mm厚程度の国産の構造用合板をさらに厚手化し、中層・大規模建築物の木造化に資するための技術・製品開発と事業成果の普及を行うとともに、合板に係るJAS規格の改正を目指すことを目的とする。

1.2 事業内容

本年度においては、合板は厚くするとヤング係数が下がることが知られていることから、現在合板メーカーが製造している合板の規格をもとに、合板製造のための単板の選別(樹種、強度等)により、超厚合板の製品性能をいかに上げるか、担保するかの試験を実施する。

具体的には、樹種、単板強度等別に曲げ試験、せん断試験等を実施し、超厚合板のJAS規格における位置づけを検討し、さらに超厚合板の基準強度を定め、建築基準法への対応が可能となるよう検討する。

超厚合板は、長手方向、幅方向ともに強度がバランスよく強く、また製造過程における歩留まりも良いことが、アメリカでの開発結果でも明らかにされている。

日本でも、既に11階建ての高層研修ビルの完全木造化において、耐震性の確保のため構造用のLVLとLVLの接手の部分に活用される予定である。

今後は、任意のサイズで施工できるメリットから、ビルの二重床(置床用)として、例えば、CLT床の上の二重床用としての用途や林道の簡易舗装や橋などの土木用としての活用も、強度性能のメリットを活かして利用することが検討されている。

平成30年度の木材需給表では、合板等として国内産原木需要量、約450万 m^3 を達成しており、この超厚合板の開発、普及、利用により森林・林業基本計画における目標達成(600万 m^3)に大きく寄与することが期待される。

2. 委員会構成

事業実施のため、有識者等をメンバーとする検討委員会を設置した。構成員は下記の通りである。

日本合板工業組合連合会技術開発委員会(敬称略、順不同)

I 委員

(委員長)

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

(副委員長)

青木謙治 東京大学大学院 農学生命科学研究科

(委員)

槌本敬大	国立研究開発法人 建築研究所
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
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
岡崎泰男	秋田県立大学 木材高度加工研究所
谷川信江	東京大学大学院 農学生命科学研究科
平野 茂	株式会社 一条工務店
戸田淳二	株式会社 中央設計

II 合板メーカー委員

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
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
藪谷充浩	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

三重野信	農林水産省 食料産業局 食品製造課 基準認証室
石川智廣	農林水産省 食料産業局 食品製造課 基準認証室
鈴木竜也	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
田村堯大	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

IV 事務局

上田浩史	日本合板工業組合連合会
宮本友子	日本合板工業組合連合会
佐々木祐子	東北合板工業組合、東京合板工業組合
宇佐見孝	中日本合板工業組合
吉岡延夫	西日本合板工業組合

3. 超厚合板の試作試験結果

3.1 はじめに

超厚合板は従来にない合板製品であることから、その性能評価を行うにあたって、試験体の試作が必要である。ここでは、超厚合板の試作試験の結果について述べる。

3.2 単板選別について

超厚合板に想定される用途は、中高層・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。

表 3.1 既存木質材料の構成要素の等級区分タイプ

タイプ類型	区分指標	区分水準	担保される製品性能
CLT 型	ヤング係数	30tf/cm 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

CLT においてはラミナのヤング係数を 30tf/cm² 刻みで区分し、M30、M60、M90、M120 の 4 等級が存在する。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、等級の呼称より低い数値となっている。

集成材においてもラミナのヤング係数で区分されるが、10tf/cm² 刻みで細かく区分し、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。

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。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。

本課題では、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/cm² 幅とするものと 10tf/cm² 幅とするものの 2 タイプとした。

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、異樹種さらには他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。

本課題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、カラマツとした。

3.4 接着剤について

CLT や集成材等の製品厚さが厚い木質材料の場合、熱板プレスを用いる圧縮方法では、材料の厚さ方向中心部付近の接着層まで短時間で伝熱することが難しいことから、一般に常温硬化型の接着剤を用いる。OSB やパーティクルボード、繊維板等の圧縮時にエレメントの圧縮変形を要する木質材料の場合、熱によるエレメントの軟化を生じさせるため、熱硬化性接着剤を使用する。高周波やスチームインジェクションを用いるプレス工程においては、被圧縮物の中心まで迅速に伝熱可能なため、熱硬化型接着剤が使用可能である。

合板においても一般に熱硬化型接着剤が使用されることから、製造者は熱硬化型接着剤の利用に関する高い知見を有する。また、超厚合板の用途から高い耐水性能および使用環境条件が求められると予測されるため、フェノール樹脂接着剤を用いることとした。

3.5 積層接着方法について

超厚合板はその用途から、大きな面を持つ版として利用できることが望ましい。一方、国内の道路交通事情より、最大 8m 程度の大きさが限度であると考えられる。したがって実際の製品寸法は長さ 6m 程度が現実的であるが、本課題ではその 1/2 スケールとして 3m (10 尺) を長手寸法とし、短手寸法については一派の建築モジュールである 910mm (3 尺) とすることとした。

なお、上記寸法の一般厚さの合板についても全てのメーカーで製造できるわけではなく、さらに超厚合板の場合、製造可能なメーカーは限られてしまう。したがって、実際の製品の製造方法としては、一般的な寸法の厚物合板を 2 次接着する方法も想定される。しかし、例えば 910mm×1,820mm (3×6 板) の厚物合板を用いて 3×10 板の超厚合板を製造する場合、構成要素である厚物合板のたて継ぎ、幅はぎが必要となり、検討要素が複雑となる。そこで本課題では、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、910mm×3,030mm (3×10 板) の厚物合板を 2 次接着することで超厚化する 2 次接着型の製造方法についても検討することとした。

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、本課題で試作した超厚合板試験体

の仕様を表 3.2 に示す。

表 3.2 試作超厚合板の仕様一覧

樹種	単板選別基準(tf/cm ²)	積層方法	積層数
スギ	60 以上 69 以下	ワンショット	41
		2次接着	42
	60 以上 89 以下	ワンショット	41
		2次接着	42
ヒノキ	90 以上 99 以下	ワンショット	41
		2次接着	42
	90 以上 119 以下	ワンショット	41
		2次接着	42
カラマツ	120 以上 129 以下	ワンショット	41
		2次接着	42
	120 以上 149 以下	ワンショット	41
		2次接着	42

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は、集成材にならない10tf/cm²幅のものとCLTにならない30tf/cm²幅のものの2水準としている。たとえば、スギの場合、60tf/cm²以上69tf/cm²幅で選別すると、単板のヤング係数平均値は67tf/cm²幅、標準偏差2.4tf/cm²、60tf/cm²以上89tf/cm²幅で選別すると、単板のヤング係数平均値は81tf/cm²幅、標準偏差5.6tf/cm²であり、設定水準に対する選別の一致性は良好であった。

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。

超厚合板の試作工程を写真3.1に示す。今回は4.0mmと厚めの単板を使用したが、切削、乾燥、接着剤の塗布までは概ね従来の通り作業を行う事ができた。熱圧による接着については、高周波プレスを使用したために、ライン化されていないので、フォークリフトで運搬しなければならず、接着に影響が出るのではないかと心配したが、接着力に問題はなかったようである。なお、超厚合板を試作するにあたり、すくなくとも従来設備では問題が発生したため、今後、実生産を行う際には、設備の改善を行う必要がある。



1. 乾燥



2. 強度選別



3. 仕組み



4. 接着



5. 冷圧



6. 熱圧前

図 3.1 超厚合板の試作工程



7. 熱圧



8. 温度計測



9. 熱圧後



10. 試験体断面



11. ワンショット試験体断面



12. 2次接着試験体断面

図 3.1 超厚合板の試作工程
(つづき)

4. 超厚合板の曲げ試験

4.1 目的

本章では、試作した超厚合板の曲げ性能を実験的に求め、従来の合板の性能予測で用いられてきた平行層理論による計算値と比較することにより、超厚合板の性能が従来理論通りに推定可能かどうかを検証した。また、単板のヤング係数の幅を2水準設けることで、その選別の影響が曲げ性能にどの程度現れるかの検証も行った。

4.2 超厚合板の製造と試験体の製作

試験体として用いた超厚合板の仕様は表 4.1 のとおりである。

表 4.1 曲げ試験に用いた超厚合板の製造仕様

項目	仕様
単板樹種	スギ
単板の層数	41層（0° 方向単板 21層、90° 方向単板 20層）
単板の選別	0° 方向単板のみ、ヤング係数で選別
	仕様 1：曲げヤング係数が 6.0～6.9 (kN/mm ²) (集成材のラミナ選別を想定した仕様)
	仕様 2：曲げヤング係数が 6.0～8.9 (kN/mm ²) (CLT のラミナ選別を想定した仕様)
単板のたて継ぎ	無し
原板寸法	幅 1250mm×長さ 3100mm×厚さ 145mm
接着剤	フェノール樹脂接着剤 高周波プレスによる一発成型（ワンショット型） (加熱設定 30分 30秒)

上記の通りに製造された原板 7 枚に対し、図 4.1 のように試験体を切り出した。すなわち、各原板から曲げ試験、引張試験、圧縮試験、めり込み試験、面内せん断試験、その他試験用としてそれぞれ試験体を確保できるように裁断した。また、原板平面内での接着ムラ等による不均一性の可能性も考慮し、各原板から試験体を切り出す位置を 1 枚ごとに変えて切り出し位置による偏りを排除した。

曲げ試験用試験体は、「TB-〇〇」という番号のついた全 17 体のうち、偶数番号の 8 体（図 4.1 中の濃い網掛けの試験体）を対象とした。これにより原板 7 枚から最低 1 体の試験体が確保することができた。また、同一原板から 2 体目の試験体となる TB-14 については、各仕様における 1 体目の試験体とし、加力スピードを少し遅くしたり変位計測点を増やしたりして予備試験的な位置づけとした（結果的には他の試験体と結果に差がなかったため、後述の試験結果と考察ではこれらを区別せずに記載している）。

116	117	118	A9
TB-01			
TB-02			
TC-01		TT-01	
TC-02		TT-02	
TE-01		TE-02	TY-01
TIP-01		TIP-02	

TIP-03		TIP-04	
119	120	121	A10
TB-03			
TB-04			
TC-03		TT-03	
TC-04		TT-04	
TE-03		TE-04	TY-02

TC-05		TT-05	
TE-05		TE-06	TY-03
TIP-05		TIP-06	
122	123	124	A11
TB-05			
TB-06			
TC-06		TT-06	

TB-07			
TC-07		TT-07	
TC-08		TT-08	
TE-07		TE-08	TY-04
TIP-07		TIP-08	
125	126	127	A12
TB-08			

TY-05			
TB-09			
TB-10			
TB-11			
TC-09		TT-09	
TC-10		TT-10	
TE-09		TE-10	TY-06
TIP-09		TIP-10	

TIP-11		TIP-12	
TY-07			
TB-12			
TB-13			
TB-14			
TC-11		TT-11	
TC-12		TT-12	
TE-11		TE-12	TY-08

TC-13		TT-13	
TE-13		TE-14	TY-09
TIP-13		TIP-14	
TY-10			
TB-15			
TB-16			
TB-17			
TC-14		TT-14	

図 4.1 超厚合板からの曲げ試験片の切り出し方法

切り出した試験体の寸法、重量、含水率、縦ヤング率を計測した。

寸法は、試験体の幅、厚さ、長さを測定した。幅は3点（長さ方向に対する中央1点と両端2点）をノギスで計測した。厚さは3点（長さ方向に対する中央1点と両端2点）を差しがねで計測した。長さは1点（幅方向の中央1点）をメジャーで計測した。

重量は、試験体の中央部分を重量計に載せて測定した。

含水率は高周波容量式木材水分計にて3点（長さ方向に対する中央1点と両端2点）を測定した。

縦ヤング係数は、縦振動法により測定した。試験体の中央付近をスポンジの上に乗せ両端を自由条件にし、片側の端部をハンマーで打撃した時の打撃音を反対側の端部で計測した。測定した打撃音の1次振動の振動数 f (Hz)と試験体の長さ l (mm)、および密度 ρ (kg/m^3)を用いて $E_{fr} = (2f \cdot l)^2 \rho$ の関係式により縦ヤング係数 E_{fr} (N/mm^2)を算出した。以上の条件で測定した重量、各種寸法、含水率および縦ヤング係数の数値を表4.2と表4.3に示した。

表 4.2 仕様 1 (60-69) の基礎物性値

試験体番号	重量 g	幅				厚さ				長さ mm	密度 g/cm ³	含水率				縦ヤング係数 kN/mm ²
		左端	中央	右端	平均	左端	中央	右端	平均			左端	中央	右端	平均	
		mm			%	%	%	%								
TB-02 60-69	18200	101.31	101.42	100.98	101.24	146.29	145.90	145.83	146.01	3031	0.406	4.4	5.7	4.5	4.87	3.74
TB-04 60-69	17800	100.82	100.77	100.65	100.75	145.13	144.72	146.83	145.56	3031	0.400	4.2	4.4	5.5	4.70	3.93
TB-06 60-69	18240	100.60	100.65	100.46	100.57	146.50	146.00	146.10	146.20	3030	0.409	4.8	4.6	6.0	5.13	4.19
TB-08 60-69	18050	100.52	100.78	100.21	100.50	145.32	146.31	148.33	146.65	3030	0.404	6.1	4.1	5.5	5.23	3.80
TB-10 60-69	18020	101.11	101.01	101.08	101.07	145.00	145.00	144.00	144.67	3030	0.407	4.8	5.0	3.7	4.50	4.42
TB-12 60-69	17810	100.10	100.89	100.90	100.63	143.00	145.00	144.00	144.00	3030	0.406	4.6	5.7	4.7	5.00	3.98
TB-14 60-69	17900	100.70	100.70	99.30	100.23	145.25	145.50	145.60	145.45	3032	0.405	5.2	5.9	5.7	5.60	3.89
TB-16 60-69	17500	100.45	100.53	99.75	100.24	143.84	143.74	143.20	143.59	3030	0.401	5.2	5.9	7.5	6.20	3.61
平均	17940				100.65				145.27	3031	0.405				5.15	3.95
標準偏差	225.8				0.33				1.01	0.71	0.003				0.50	0.24

表 4.3 仕様 2 (60-89) の基礎物性値

試験体番号	重量 g	幅				厚さ				長さ mm	密度 g/cm ³	含水率				縦ヤング係数 kN/mm ²
		左端	中央	右端	平均	左端	中央	右端	平均			左端	中央	右端	平均	
		mm			%	%	%	%								
TB-02 60-89	18800	100.35	100.96	100.96	100.76	146.00	147.00	147.00	146.67	3030	0.420	5.2	6.9	6.8	6.30	4.83
TB-04 60-89	18810	100.82	100.83	99.87	100.51	147.00	147.00	149.00	147.67	3031	0.418	6.0	6.9	4.2	5.70	4.82
TB-06 60-89	18390	100.80	100.87	100.30	100.66	147.00	146.00	148.00	147.00	3032	0.410	5.7	8.0	5.0	6.23	4.37
TB-08 60-89	18180	100.69	100.75	100.44	100.63	148.00	146.00	146.00	146.67	3030	0.407	3.6	3.6	3.3	3.50	4.50
TB-10 60-89	17930	101.10	100.97	100.90	100.99	148.00	146.00	145.55	146.52	3030	0.400	3.7	4.5	5.9	4.70	4.69
TB-12 60-89	18540	100.51	100.57	100.50	100.53	145.00	146.00	146.00	145.67	3030	0.418	5.0	6.5	6.1	5.87	5.09
TB-14 60-89	18710	100.44	100.67	100.10	100.40	146.00	146.00	147.00	146.33	3031	0.420	6.5	5.6	6.6	6.23	4.84
TB-16 60-89	17890	100.53	100.72	100.14	100.46	145.00	144.00	143.00	144.00	3031	0.408	5.3	7.5	6.2	6.33	4.79
平均	18406				100.62				146.31	3031	0.413				5.61	4.74
標準偏差	348.7				0.18				1.02	0.70	0.007				0.94	0.21

4.3 平行層理論による強度予測

合板は平行層理論により強度やヤング係数の予測が可能であることが知られている。今回は、90° 方向単板の曲げ強度および曲げヤング係数の値は 0° 方向単板の値と比べて十分に小さいと仮定し、90° 方向単板の物性値を無視する条件で計算を行った。計算に使用した理論式は式(4.1)、(4.2)の通りである。有効単板の断面 2 次モーメントを計算する際の単板の厚さは、超厚合板の全体の厚さと単板構成等を考慮して計算した値を用いた。

なお、単板の繊維方向の曲げ強度 σ_{vb} については、スギ単板の曲げ強度が不明であるため、木材工業ハンドブック（森林総合研究所監修、改訂 4 版、2004、pp.610）に記載されているエンゲルマンスプルースの単板の曲げ強度を $224 \text{ kgf/cm}^2 \doteq 21.95 \text{ N/mm}^2$ （無欠点材の曲げ強度 448 kgf/cm^2 に欠点による低減係数 0.5 を乗じた値）として計算に用いた。また、0° 方向の曲げ性能を予測する場合、有効断面の縁距離 y_v と外形寸法の縁距離 y_{ap} は等しいものとした。

単板の繊維方向の曲げヤング係数 E_{vb} に関しては、試験体製造時に単板の選別に用いた上下限值（ 6.0 kN/mm^2 、 6.9 kN/mm^2 、 8.9 kN/mm^2 ）を用いて、すべての単板がこれらの上限値もしくは下限値の性能を有すると仮定した場合のヤング係数を求め、幅のある値として理論値を算定した。

・ 曲げ強度

$$\sigma_b = \sigma_{vb} \cdot \frac{I_v}{y_v} \cdot \frac{y_{ap}}{I_{ap}} = \sigma_b \cdot \frac{I_v}{I_{ap}} \quad (4.1)$$

σ_b : 合板の曲げ強度 (N/mm²)

σ_{vb} : 単板の繊維方向の曲げ強度 (N/mm²)

I_v : 有効単板の断面二次モーメント (mm⁴)

y_v : 有効断面の縁距離 (mm)

I_{ap} : 断面の外形寸法における見かけの断面二次モーメント (mm⁴)

y_{ap} : 試験体の外形寸法における縁距離 (mm)

・ 曲げヤング係数

$$E_b = E_{vb} \cdot \frac{I_v}{I_{ap}} \quad (4.2)$$

E_b : 合板の曲げヤング係数 (kN/mm²)

E_{vb} : 単板の繊維方向の曲げヤング係数 (kN/mm²)

以上より算定された曲げ強度、曲げヤング係数は表 4.4 の通りとなり、仕様 1, 2 に対する推定値としては表 4.5 のようになった。

表 4.4 平行層理論による曲げ性能の計算

	平行層単板の値		I_v/I_{ap}		理論値
曲げ強度	22.4 N/mm ²	×	0.556	=	12.45 N/mm ²
曲げヤング係数	6.00 kN/mm ²	×	0.556	=	3.34 kN/mm ²
	6.90 kN/mm ²	×	0.556	=	3.84 kN/mm ²
	8.90 kN/mm ²	×	0.556	=	4.95 kN/mm ²

表 4.5 仕様ごとの曲げ性能の予測値

	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げヤング係数(kN/mm ²)	
		最小	最大
仕様 1 (60-69)	12.45	3.34	3.84
仕様 2 (60-89)		3.34	4.95

4.4 実大曲げ試験方法

合板の曲げ試験は、通常は「合板の JAS」に記載の方法で実施されるが、今回の超厚合板は厚さが 145mm もあることから、合板というよりは集成材や LVL の試験に近い。そのため、実大構造用木材の強度試験法として一般的に用いられている、(公財)日本住宅木材技術センター発行の「構造用木材の強度試験マニュアル」に記載されている曲げ試験の方法を参考に試験を行った。

試験方式は、図 4.2 に示すような 3 等分点 4 点荷重方式の曲げ試験である。試験の理想的な各寸法は、厚さ h に対して支点間距離 L が $18h$ 、加力点間距離 S が $6h$ 、支点加力点距離 a が $6h$ である。すなわち実寸法では、図 4.3 のように、厚さ h を試験体の平均値に近い 145 mm とし、支点間距離 L が 2610 mm、加力点間距離 S と支点加力点距離 a が 870 mm である。しかし、実際に行った試験では、支点間距離 L が 2610 mm、加力点距離 S が 878 mm、支点加力点 a が 866 mm であった。支点と加力点の治具は直径 50 mm の円柱(半円)状であり、試験体にめり込みが生じる可能性があったため、断面寸法が 45×85 mm の広葉樹の板を試験体と治具の間に設置することでめり込み防止対策とした。

加力は機械制御の油圧式加力機で行った。荷重速度は、加力開始から破壊に至るまでの時間が 7 分前後となるように調整した。(各仕様 1 体目は少し遅い速度にて加力したが、それらも 10 分以内には破壊しており、破壊性状や破壊荷重に速度の影響が見られないことから、結果の取り扱いは区別せずに取り扱った。)

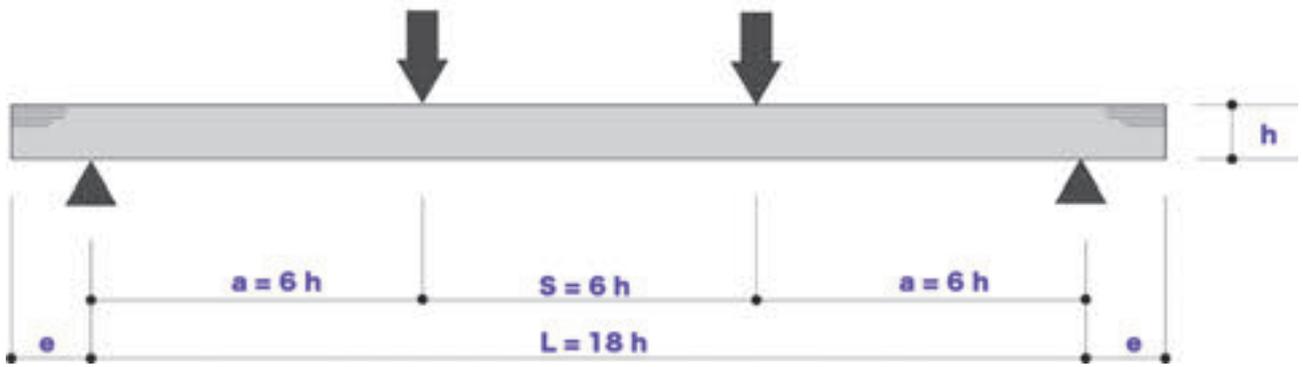


図 4.2 3等分点4点荷重方式による曲げ試験

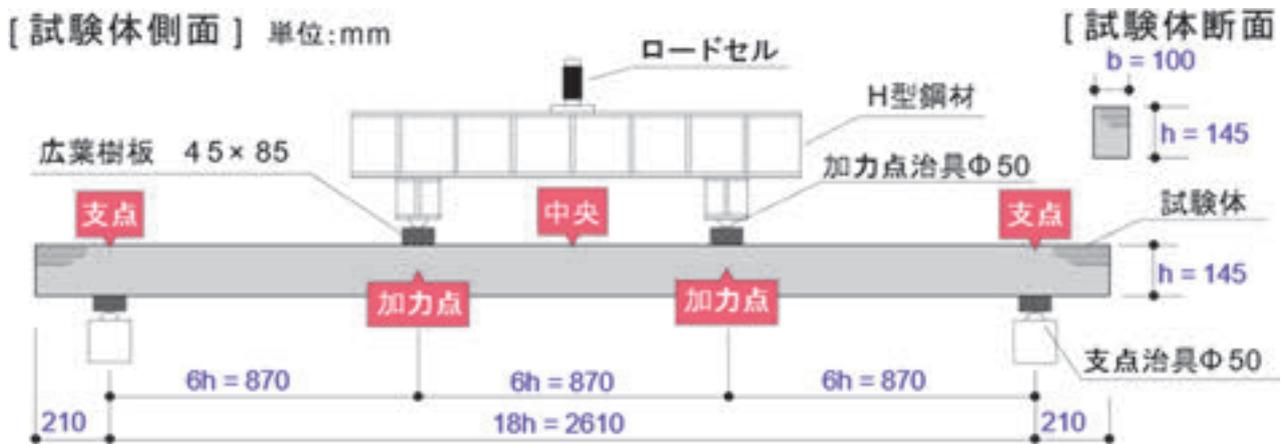


図 4.3 曲げ試験の概要

変位計測は、スパン中央のたわみ、加力点直下のたわみ、支点部のめり込みの3つである。試験体の幅 b に対して厚さ h が大きいため、加力をした際に試験体にねじれや傾きが生じる可能性があり、各仕様1体目については試験体の両側面にターゲットを取り付けて変位を測定する方法でも変位を測定した。加えてスパン中心においては、破壊に至るまでの変位を測定するために巻き取り式変位計での測定も行った。支点では、試験体の両側面に変位計を取り付けてめり込み変位を測定した。変位計の設置状況は図 4.4 に示す。ワイヤー巻き取り式変位計である No.4 変位計は、端部をターゲットとともにビスで固定した。

表 4.6 変位計の種類と目的

計測点	計測内容	変位計種類
No.0	ロードセルの荷重	
No.1	スパン中央部の鉛直変位	CDP-100
No.2	左加力点下の鉛直変位	CDP-100
No.3	右加力点下の鉛直変位	CDP-100
No.4	スパン中央部の鉛直変位（破壊まで）	DP-500E
No.5	左支点部のめり込みを測定	CDP-50
No.6		SDP-50
No.7	右支点部のめり込みを測定	CDP-50
No.8		SDP-50

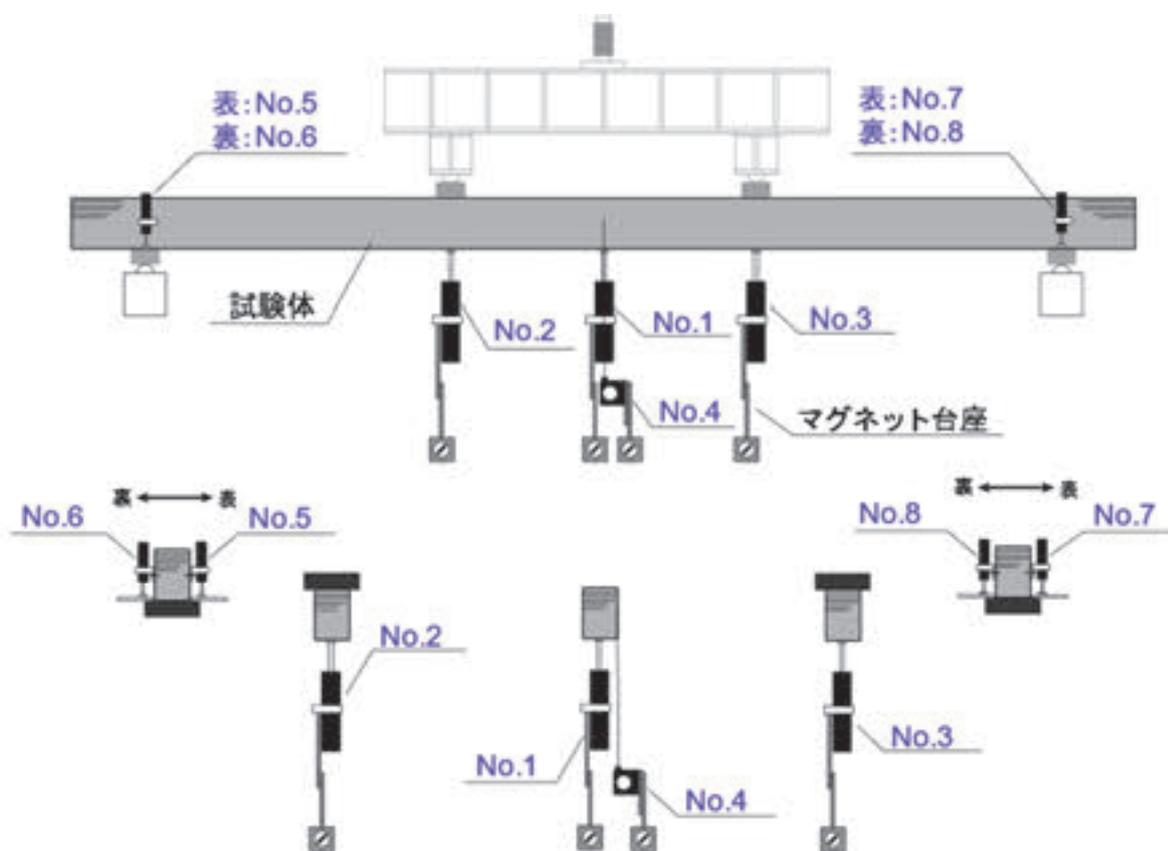


図 4.4 変位計の取り付け位置

4.5 試験結果

全試験体（16体）の荷重と中央部たわみ（変位 No.4 の値）との関係を図 4.5、4.6 に示す。なお、各試験体の詳細な計測点データは付録に掲載した。

仕様 1, 2 共に、加力直後から直線的に荷重及びたわみが増加し、明確な降伏点を見せぬまま、最大荷重時での破壊と共に一気に荷重低下する脆性的な性状を示した（TB-04 60-89 のみは段階的な破壊を起こした）。最大荷重および最大荷重時変位は一定の幅を持ってばらついており、また、仕様 1 よりも仕様 2 の方が、最大荷重及び最大荷重時変位共に、若干大きいことが見て取れる。

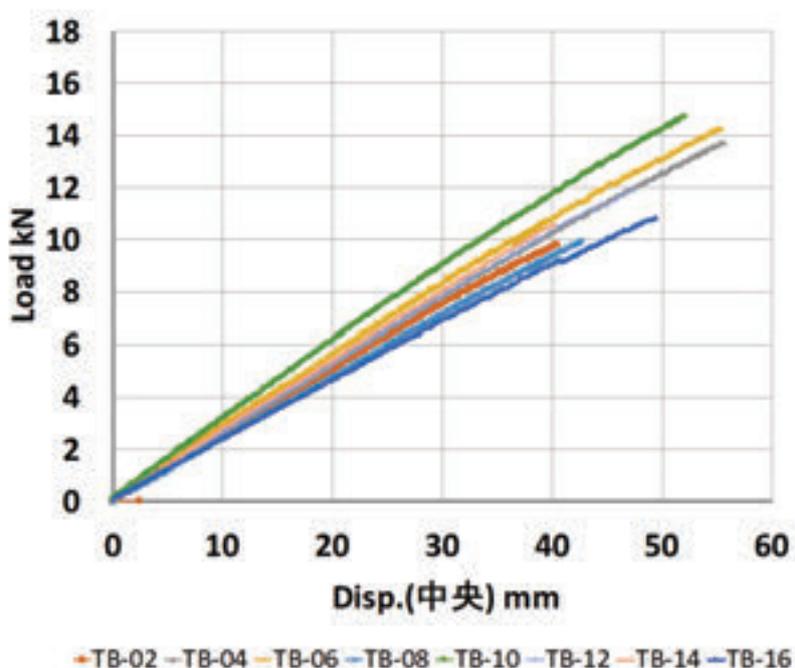


図 4.5 仕様 1（60-69）の荷重－中央部たわみ関係

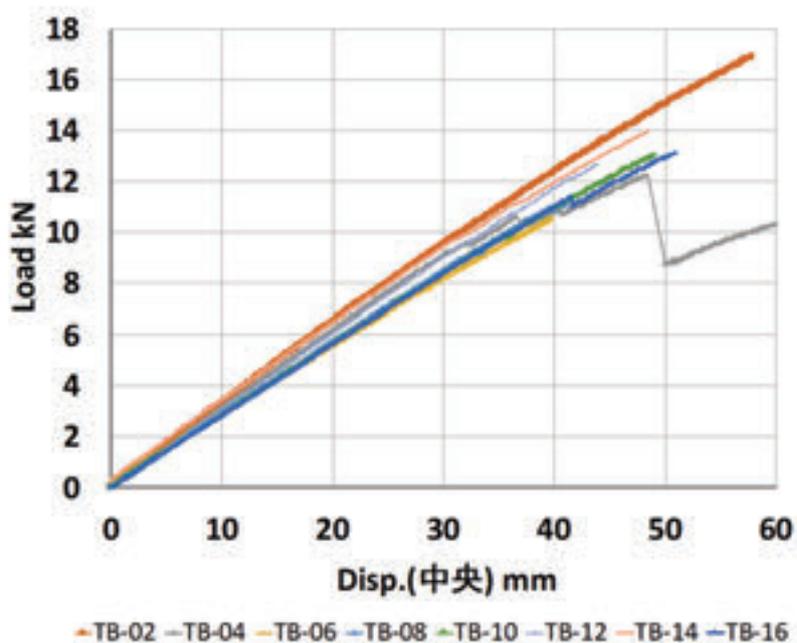


図 4.6 仕様 2（60-89）の荷重－中央部たわみ関係

次に破壊性状であるが、代表的な破壊性状を図 4.7～4.10 に示した。破壊は全ての試験体で加力点間（図 4.7）もしくは加力点直下（図 4.8）の引張側単板の破壊を起点とする曲げ破壊であり、せん断破壊が卓越するような例は見られなかった。また、引張側単板のスパン中央付近に節があると、そこを起点にして破壊が発生したと思われる試験体も存在した（図 4.9）。また、1 体のみであるが、2 段階の破壊で荷重低下を起こした試験体も見られたが、接着不良などの影響があったかどうかまでははっきりしなかった。



図 4.7 代表的な破壊の例（加力点間での破壊）



図 4.8 代表的な破壊の例（加力点直下での破壊）



図 4.9 代表的な破壊の例（下面単板の節が起点となった破壊）



図 4.10 代表的な破壊の例（２段階で破壊が生じた例）

4.6 理論値との比較

荷重たわみ関係より、以下の式(4.3),(4.4),(4.5)を用いて各試験体の曲げ強度および曲げヤング係数を求めた。曲げヤング係数については、支点に対する中央たわみを用いて計算する（せん断の影響を含む）見かけの曲げヤング係数と、加力点に対する中央たわみを用いて計算する（せん断の影響を含まない）真の曲げヤング係数の２つを求めた。また、グラフの傾き（ $\Delta F / \Delta w$ ）は、最大荷重の 0.1 倍と 0.4 倍の点を結んで得られる傾きを採用した。得られた結果を表 4.7、4.8 に示す。さらに、4.3 節にて求めた曲げ強度と曲げヤング係数の理論値との比較も示した。加えて、各試験体の曲げ強度および曲げヤング係数の実験値と理論値を比較したグラフを図 4.11～4.16 に示した。

仕様 1 では、曲げ強度が $14.66 \pm 2.45 \text{ N/mm}^2$ 、見かけの曲げヤング係数が $3.18 \pm 0.28 \text{ kN/mm}^2$ 、真の曲げヤング係数が $3.91 \pm 0.563 \text{ kN/mm}^2$ であった。図 4.11 の通り、曲げ強度の実験値/理論値の平均値は 1.177 であり、概ね実験値は理論値に近く安全側の評価になった。一方で、実験値は最大値が 18.06 N/mm^2 、最小値が 11.80 N/mm^2 とばらつきが大きく、理論値を下回る試験体も散見された。図 4.13 の通り、見かけの曲げヤング係数の実験値の平均値 3.18 kN/mm^2 は、理論値の最小値 3.34 kN/mm^2 よりも小さい値であり、実験値が 3.72 kN/mm^2 であった[TB-10 60-69]試験体を除いて理論値の範囲を下回る危険側の評価となった。真の曲げヤング係数は、図 4.15 のように、全ての試験体で理論値の最小値よりも大きい値となり安全側の評価となった。平均値の 3.90 kN/mm^2 は理論値の最大値 3.84 kN/mm^2 よりも大きな値となっているが、外れ値になっている[TB-10 60-69]試験体の結果を除いた平均値を計算すると 3.72 kN/mm^2 となり理論値の範囲に収まった。理論値の範囲よりも大きい試験体が散見されるが、概ね理論値の範囲内の結果となった。

仕様 2 では、曲げ強度が $15.63 \pm 2.37 \text{ N/mm}^2$ 、見かけの曲げヤング係数が $3.54 \pm 0.18 \text{ kN/mm}^2$ 、真の曲げヤング係数が $4.485 \pm 0.30 \text{ kN/mm}^2$ であった。図 4.12 の通り、曲げ強度の実験値/理論値の平均値は 1.26 であり、いずれの試験体の結果も実験値の方が大きい安全側の評価となった。見かけのヤング係数は、図 4.14 の通り、概ね理論値の最小値よりも大きく、理論値の範囲内の試験体が多かった。一方で、[TB-06 60-89]試験体は 3.26 kN/mm^2 であり理論値の最小値 3.34 kN/mm^2 より小さくなったことと、全体として理論値の最小値

側の結果となっており過大評価になっていた。真の曲げヤング係数では図 4.16 の通り、全ての試験体が理論値の範囲内に収まり、理論値と実験値が一致した結果となった。

・ 曲げ強度

$$f_m = \frac{aP_{max}}{2Z} \quad (4.3)$$

- a : 支点から荷重点までの距離 (mm)
- P_{max} : 最大荷重 (N/mm²)
- Z : 断面係数 (mm³)

・ 曲げヤング係数

① 見かけの曲げヤング係数 (せん断の影響を含む)

$$E_m = \frac{a(3L^2 - 4a^2)\Delta F}{48I\Delta w} \quad (4.4)$$

- L : 支点間距離 (mm)
- ΔF : $0.4P_{max} - 0.1P_{max}$ (kN)
- Δw : $0.4P_{max}$ と $0.1P_{max}$ に対する中央変位の差 (mm)
- I : 断面 2 次モーメント (mm⁴)

② 真の曲げヤング係数 (せん断の影響を含まない)

$$E_b = \frac{aS^2\Delta F}{16I\Delta w'} \quad (4.5)$$

- S : 加力点間の距離 (mm)
- $\Delta w'$: $0.4P_{max}$ と $0.1P_{max}$ に対する加力点基準の中央変位の差 (mm)*
- *加力点変位、中央変位は、両端のめり込みを差し引いた値を用いた。

表 4.7 仕様 1 の試験結果および理論値との比較

試験体 No.	曲げ強度 (N/mm ²)	実験/理論	見かけの曲げヤング係数(kN/mm ²)	実験/理論		真の曲げヤング係数(kN/mm ²)	実験/理論	
				最小	最大		最小	最大
TB02 60-69	11.797	0.948	2.932	0.878	0.764	3.505	1.049	0.913
TB04 60-69	16.735	1.344	3.127	0.936	0.814	3.757	1.125	0.978
TB06 60-69	17.222	1.383	3.256	0.975	0.848	3.900	1.168	1.016
TB08 60-69	12.019	0.965	2.857	0.855	0.744	3.446	1.032	0.897
TB10 60-69	18.056	1.450	3.718	1.113	0.968	5.212	1.561	1.357
TB12 60-69	14.941	1.200	3.320	0.994	0.865	3.726	1.116	0.970
TB14 60-69	12.926	1.038	3.302	0.989	0.860	4.042	1.210	1.053
TB16 60-69	13.575	1.090	2.899	0.868	0.755	3.649	1.093	0.950
平均	14.659	1.177	3.176	0.951	0.827	3.905	1.169	1.017
標準偏差	2.445	0.196	0.287	0.086	0.075	0.563	0.169	0.147

表 4.8 仕様 2 の試験結果および理論値との比較

試験体 No.	曲げ強度 (N/mm ²)	実験/理論	見かけの曲げヤング係数(kN/mm ²)	実験/理論		真の曲げヤング係数(kN/mm ²)	実験/理論	
				最小	最大		最小	最大
TB02 60-89	20.258	1.627	3.811	1.141	0.770	4.949	1.482	1.000
TB04 60-89	14.522	1.166	3.605	1.079	0.728	4.635	1.388	0.936
TB06 60-89	12.542	1.007	3.258	0.975	0.658	4.051	1.213	0.818
TB08 60-89	13.383	1.075	3.420	1.024	0.691	4.645	1.391	0.938
TB10 60-89	15.579	1.251	3.357	1.005	0.678	4.137	1.239	0.836
TB12 60-89	15.468	1.242	3.686	1.103	0.745	4.665	1.397	0.942
TB14 60-89	16.917	1.359	3.643	1.091	0.736	4.397	1.317	0.888
TB16 60-89	16.337	1.312	3.560	1.066	0.719	4.398	1.317	0.889
平均	15.626	1.255	3.543	1.061	0.716	4.485	1.343	0.906
標準偏差	2.373	0.191	0.184	0.055	0.037	0.298	0.089	0.060

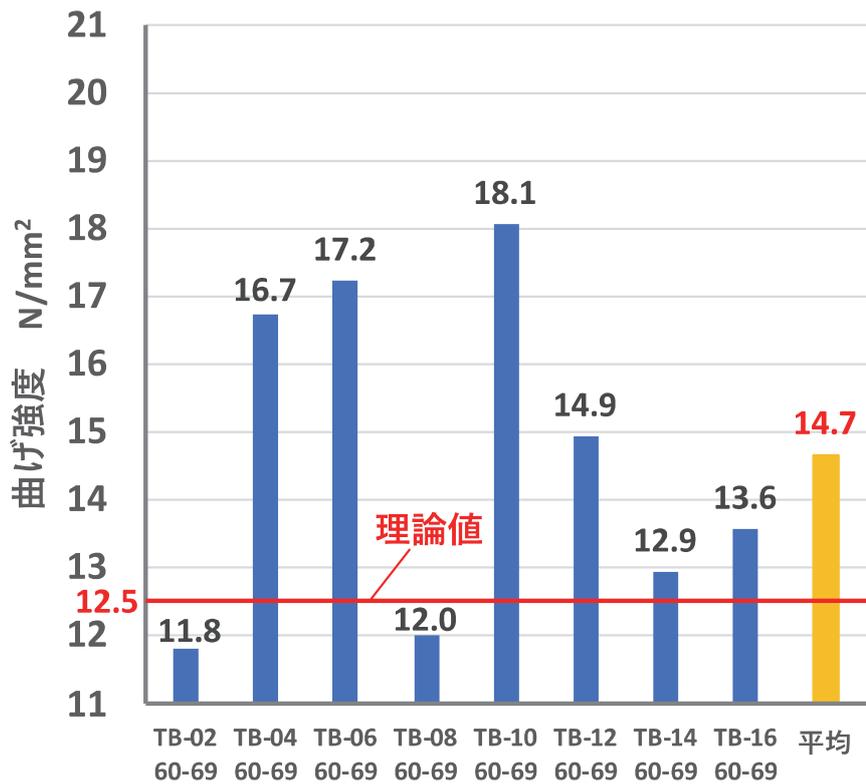


図 4.11 仕様 1 の曲げ強度の実験値と理論値の比較

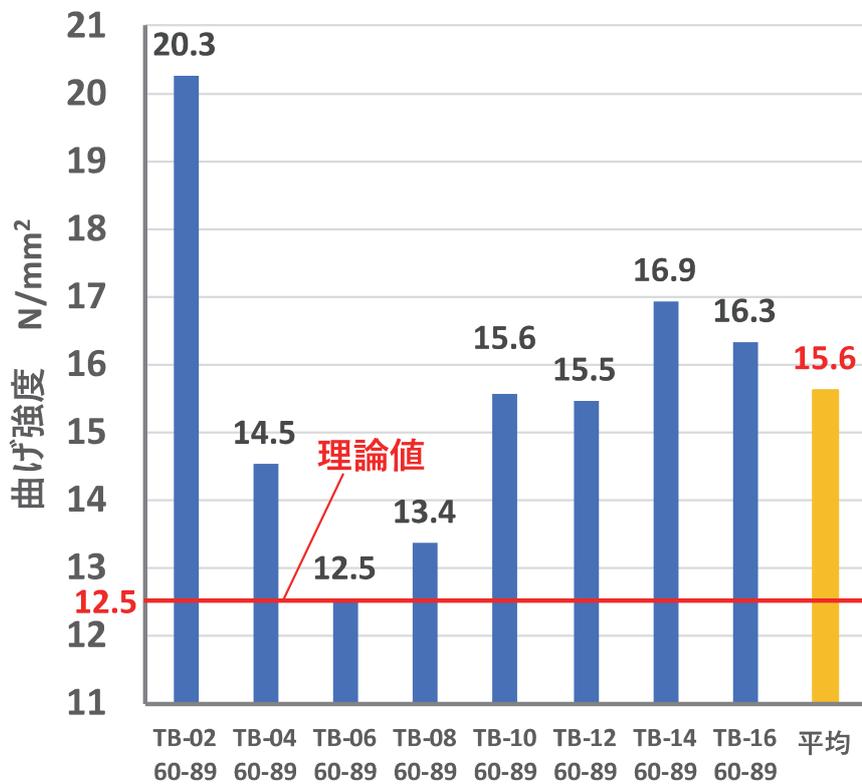


図 4.12 仕様 2 の曲げ強度の実験値と理論値の比較

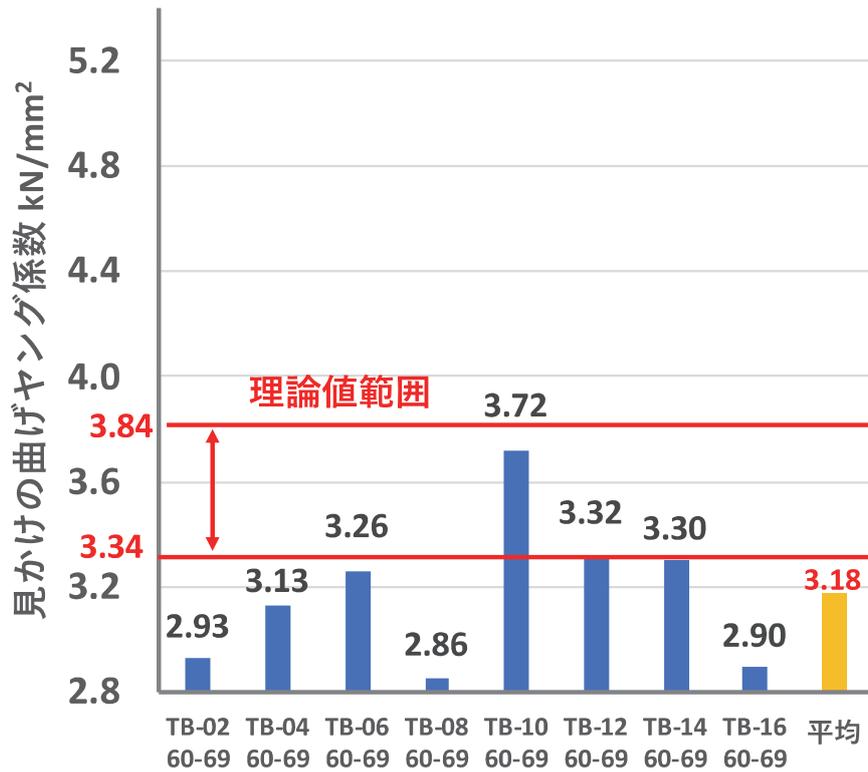


図 4.13 仕様 1 の見かけの曲げヤング係数の実験値と理論値の比較

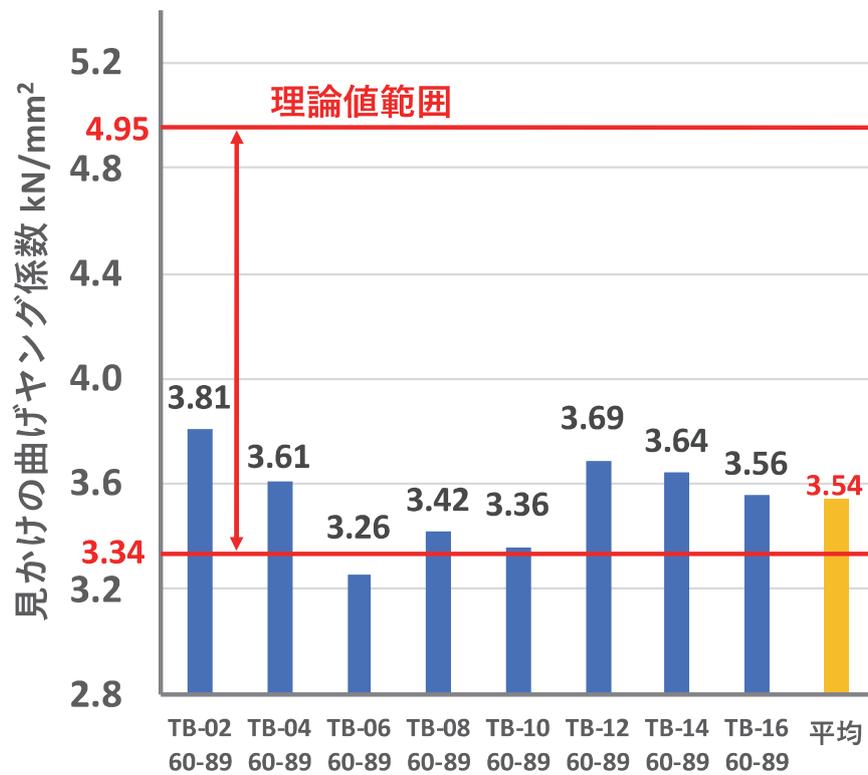


図 4.14 仕様 2 の見かけの曲げヤング係数の実験値と理論値の比較

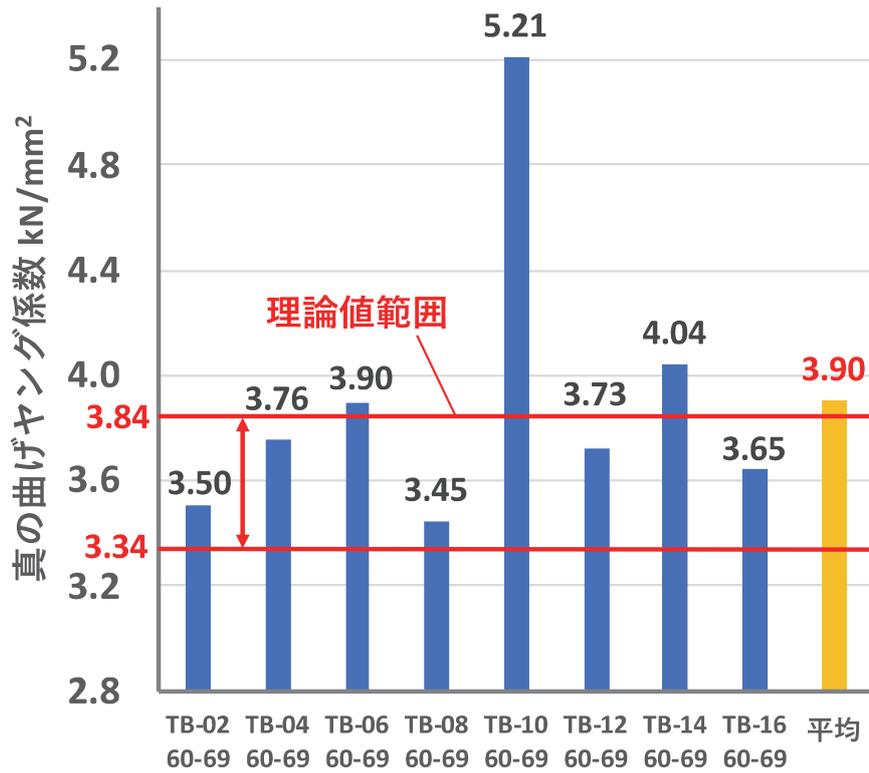


図 4.15 仕様 1 の真の曲げヤング係数の実験値と理論値の比較

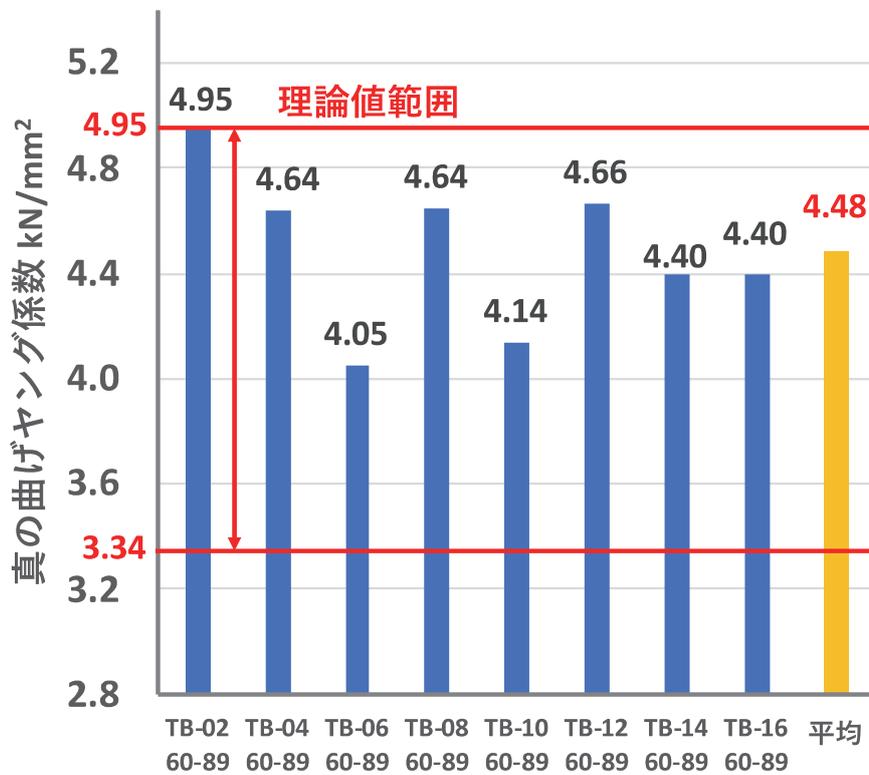


図 4.16 仕様 2 の真の曲げヤング係数の実験値と理論値の比較

4.7 まとめ

以上、全層スギの 41ply 超厚合板の試作品に対し、実大曲げ試験を実施した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 3 等分点 4 点曲げ方式による曲げ試験を採用したところ、終局においてせん断破壊が卓越することなく、曲げ破壊が卓越したことから、超厚合板の曲げ試験は集成材や LVL と同様の試験方法を採用して問題ないと判断できる。
- (2) 終局時には脆性的な破壊を起こし、引張側単板の破壊と共に一気に荷重が低下して試験終了に至るものがほとんどであった。
- (3) 0° 方向単板のヤング係数を 2 水準設定して超厚合板を製造し曲げ試験を行った結果、得られた曲げヤング係数や曲げ強度は単板の曲げヤング係数の水準に応じて一定の差が見られた。
- (4) 平行層理論に基づき曲げ強度、曲げヤング係数を算定した結果、曲げ強度に関しては理論値が安全側の算定となり、曲げヤング係数に関しては単板ヤング係数の上下限值で算定した理論値の幅の中に概ね納まる結果となった。したがって、超厚合板についても既往の理論計算により性能評価が可能であると考えられる。

5. 水平せん断試験結果

5.1 試料材

厚さが 144mm の合板であり，製造方法は単板の繊維方向を 1 層ずつ交互に 41 層積層させたワンショットタイプ，単板の繊維方向を 1 層ずつ交互に 7 層積層接着させたものを 6 枚接着させた 2 次接着タイプであり，これは 7 層ごとに繊維方向が平行する。また，単板のメトリガードで測定したヤング係数の選別方法により 60-69 タイプ，60-89 タイプである。これを長さ 900mm×幅 144mm×厚さ 144mm が各タイプ 4 体で，荷重方向を後述する平使い 4 体，縦使い 4 体ずつとする。長さ 900mm×幅 40mm×厚さ 144mm が各タイプ平使い 8 体とする。

表 4. 1 試料材

試験体寸法(mm)	製造タイプ	単板選別	荷重方向	試験体数
L900×W144×T144	ワンショット	60-69	平使い	4
			縦使い	4
		60-89	平使い	4
			縦使い	4
	2次接着	60-69	平使い	4
			縦使い	4
		60-89	平使い	4
			縦使い	4
L900×W40×T144	ワンショット	60-69	平使い	8
		60-89	平使い	8
	2次接着	60-69	平使い	8
		60-89	平使い	8

5.2 試験方法

水平せん断試験を単板積層材の日本農林規格（JAS）を参考に行った。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，試験機の制約から 4.5 倍とした。荷重ブロックの曲率半径は JASでは鉛直方向の高さのほぼ 1.5 倍とあるが，本試験では R200mm で 1.4 倍であった。これに中央集中荷重を与え図 5.1 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 (kN)

b : 試験体の幅 (mm)

h : 試験体の高さ (mm)

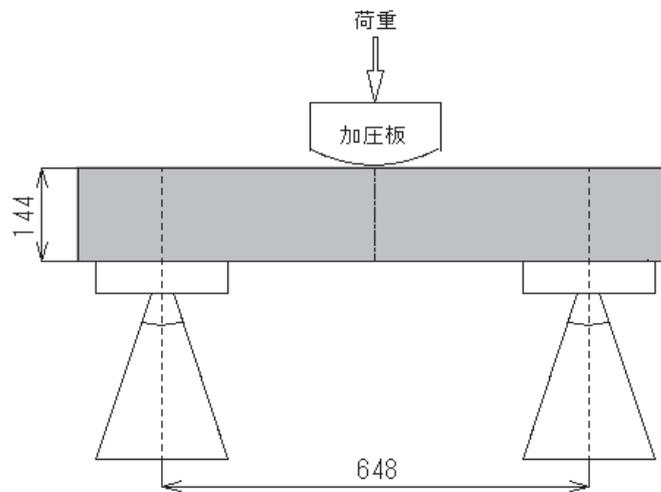


図 5.1 試験方法

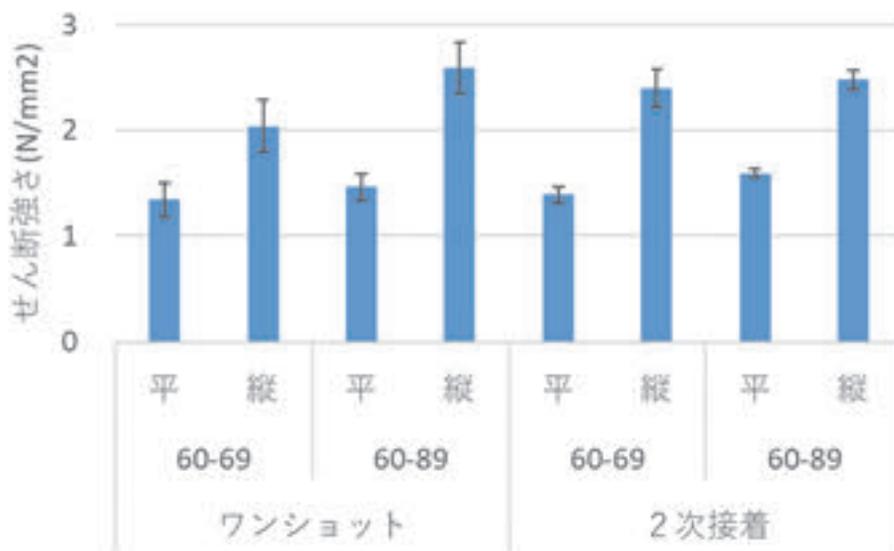
5.3 試験結果

【幅 144mm タイプ】

試験結果の概要を表 5.2, 図 5.2 に示す。すべてのタイプでせん断強さは縦使い>平使いであり, 各タイプ同士で t-検定で平均値の有意差が認められた。また, 製造方法, 単板の選別方法ではタイプ同士で有意差は見いだせなかった。

表 5.2 幅 144mm タイプ試験結果概要

製造方法	単板選別	荷重方向	n	含水率(%)		せん断強さ(N/mm ²)				
				平均値	最大値	平均値	最小値	S.D.	C.V.(%)	
ワンショット	60-69	平	4	8.2	1.54	1.34	1.12	0.16	11.9	
		縦	4	9.4	2.36	2.04	1.67	0.25	12.1	
	60-89	平	4	9.2	1.61	1.46	1.25	0.13	9.2	
		縦	4	9.7	2.85	2.59	2.29	0.24	9.4	
2次接着	60-69	平	4	8.3	1.52	1.39	1.33	0.08	5.5	
		縦	4	8.6	2.61	2.40	2.12	0.18	7.5	
	60-89	平	4	9.1	1.63	1.59	1.52	0.04	2.6	
		縦	4	8.8	2.61	2.48	2.37	0.09	3.5	



各エラーバーは標準偏差を示す

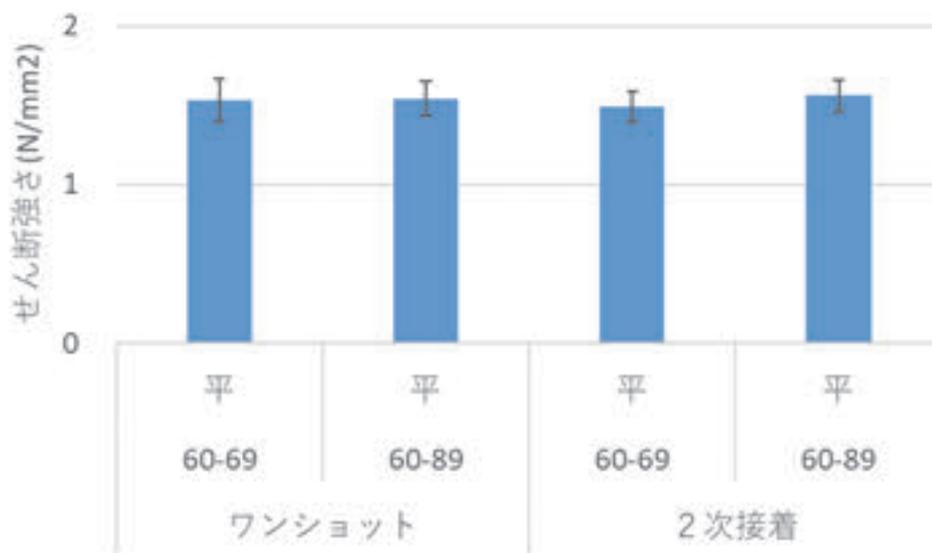
図 5.2 幅 144 タイプ試験結果概要

【幅 40mm タイプ】

単板積層材 J A S のせん断試験では試験体の幅 40mm が規定され、超厚合板の平使いでは試験体の横倒れ、ねじれが心配されたが、すべての試験で最大荷重まで適正に荷重することができた。試験結果の概要を表 5.3、図 5.3 に示す。製造方法、単板選別のタイプでせん断強さの差は見いだせなかった。

表 5.3 幅 40mm タイプ試験結果概要

製造方法	単板選別	荷重方向	n	含水率(%) 平均値	せん断強さ(N/mm ²)				
					最大値	平均値	最小値	S.D.	C.V.(%)
ワンショット	60-69	平	8	8.3	1.71	1.53	1.20	0.14	9.4
	60-89	平	8	9.1	1.65	1.54	1.26	0.11	7.1
2次接着	60-69	平	8	7.3	1.66	1.49	1.38	0.10	6.5
	60-89	平	8	7.5	1.75	1.56	1.43	0.10	6.1



各エラーバーは標準偏差を示す

図 5.3 幅 40mm タイプ試験結果概要

【幅 40mm タイプと 144mm タイプの比較】

幅 40mm タイプと 144mm タイプ平使いで、試験体数に差はあるがタイプ別の比率は同じであり、単純に比較することとし、幅タイプ別の箱ひげ図を図 5.4 に示す。144mm は 40mm に比較してせん断強さが低下する傾向が見られ、分散が等しいと仮定した 5%有意での t-検定で有意差が認められた。材積が大きくなると強度が低下する寸法効果について今後検討が必要と思われる。

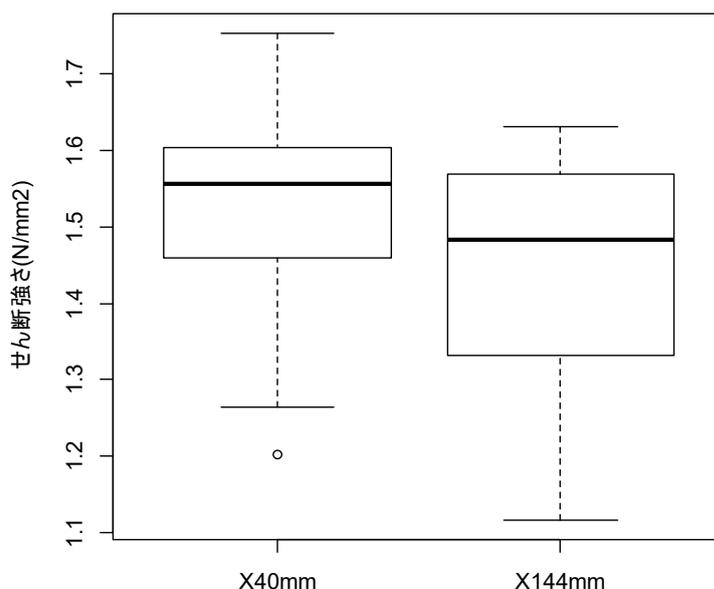


図 5.4 幅タイプ別の平使いせん断強さ

【破壊要因】

破壊については、せん断破壊が先行するもの (写真 1)、曲げ破壊が先行するもの (写真 2)、両者の複合するもの (写真 3) が見られた。本試験ではスパン/高さ比が JAS の規定の 4 より大きい 4.5 であったことから、曲げ破壊が先行するものが多かったかもしれない。また、曲率のある加圧板が試験体にややめり込み (写真 4)、これもせん断破壊を誘導しにくかったのかもしれない。曲げ破壊では、引張側最外層単板の節等の欠点 (写真 5)、せん断破壊では、中立軸以外での単板の裏割れを基点とした破壊 (写真 6) が見られた。単板積層材の水平せん断試験については得られた値は必ずしも純粋なせん断強度とはならず、値は品質管理用として用いられるべきものとあり (文献 1)、本試験においても前述の欠点を起点とした破壊から、純粋なせん断強度より低い値となったことが考えられる。試験体幅 40mm、平使いの破壊要因別にせん断強さをプロットしたものを図 5.5 に示す。有意差は見いだせなかったが、曲げ、複合による破壊はせん断強さが低いものが見られた。水平せん断が生じる以前に曲げ破壊が生じることもあっても、その試験体はその値以上の水平せん断強さを有しているとみなすとあり (文献 1)、本試験で得られた値は安全側の数値と考えられる。



写真1 せん断破壊



写真2 曲げ破壊

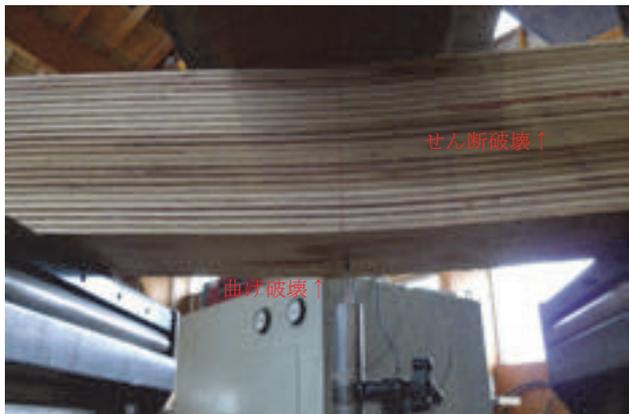


写真3 せん断・曲げ複合破壊



写真4 加圧板めり込み



写真5 節を起点とした曲げ破壊

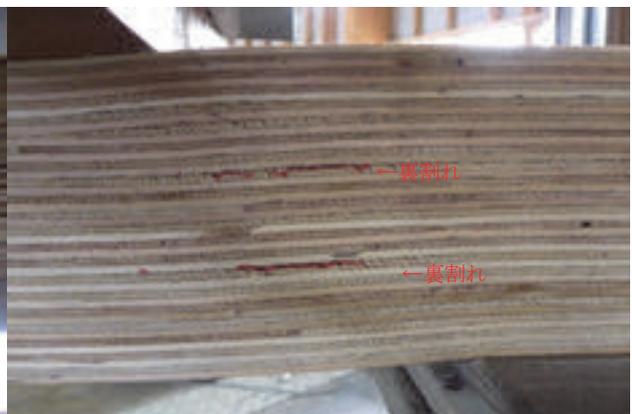


写真6 裏割れによるせん断破壊



図 5.5 幅 40mm タイプの破壊要因別のせん断強さ

文献

- 1 日本木材学会編：木質科学実験マニュアル 文永堂出版(2000)

試験成績書

日本合板工業組合連合会 会長 殿

宮城県林業技術総合センター所長

令和3年12月23日付けで依頼のありました試験の結果については、下記のとおりです。

記

試験依頼者	住 所	東京都千代田区神田三崎町2-21-2
	氏 名	日本合板工業組合連合会 会長 井上篤博
試 料	材	スギ合板
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1月5日から8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 のスギ合板である。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（東京衝機製、容量 1000kN）を用いた。また試験終了後、破壊部近傍から試験片を採取し全乾法により含水率を求めた。

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

P : 最大荷重 (N)

b : 試験体の幅 (mm)

h : 試験体の高さ (mm)

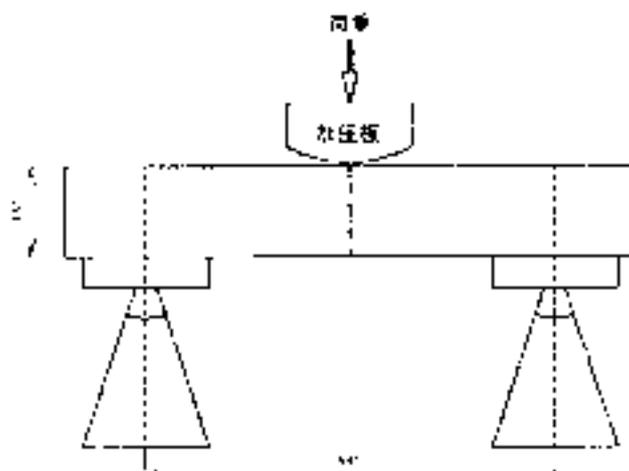


図-1 せん断試験方法

3 試験結果

試験の結果は、表-1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 せん断試験結果

番号	荷重方向	せん断強さ (N/mm ²)	含水率 (%)
試料材 長さ900mm × 幅144mm × 厚さ144mm			
6069 101		1.52	8.7
6069 104		1.33	8.4
6069 107		1.34	7.8
6069 110		1.38	8.1
6069 101		1.80	9.7
6069 104		1.60	9.9
6069 107		1.63	8.8
6069 110	早使い	1.52	9.0
6069 118		1.54	7.9
6069 119		1.72	7.8
6069 122		1.43	8.5
6069 125		1.12	8.5
6069 116		1.52	9.8
6069 119		1.81	9.5
6069 122		1.45	8.9
6069 125		1.25	8.8

5069 101		2.12	9.0
5069 104		2.61	8.4
5069 107		2.40	8.4
5069 110		2.68	8.4
5069 101		2.45	9.1
5069 104		2.47	8.4
5069 107		2.37	8.7
5069 110	遅使い	2.81	9.0
5069 116		2.36	9.3
5069 118		2.06	9.3
5069 122		2.09	9.6
6069 125		1.87	8.3
6069 118		2.42	10.9
6069 118		2.81	9.6
6069 122		2.85	9.1
6069 125		2.29	9.6

試料材 長さ900mm × 幅40mm × 厚さ144mm			
6069 101		1.38	7.4
6069 103		1.48	7.8
6069 104		1.82	7.3
6069 108		1.88	7.0
6069 107		1.48	8.8
6069 108		1.48	8.9
6069 110		1.39	7.3
6069 112		1.42	7.8
6069 101		1.55	8.4
6069 103		1.48	7.5
6069 106		1.82	7.0
6069 107		1.55	7.2
6069 109		1.75	7.4
6069 110		1.43	7.7
6069 112	早使い	1.52	7.8
6069 118		1.49	7.5
6069 118		1.57	8.7
6069 118		1.71	7.4
6069 121		1.47	8.4
6069 122		1.59	8.1
6069 124		1.58	8.8
6069 125		1.64	8.0
6069 127		1.20	9.4
6069 116		1.56	10.0
6069 118		1.57	9.9
6069 119		1.58	9.6
6069 121		1.85	9.7
6069 122		1.53	8.2
6069 124		1.59	8.4
6069 125		1.26	8.8
6069 127		1.58	8.9

以上、

6. 接着試験結果

接着試験については、LVL の JAS 規格に定める方法を適用し、日本合板検査会の協力の下、実施した。以下、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。なお、成績書には参考のため、2次接着製品に関する結果も記載されている。

試験成績書

(一般依頼試験)

発行番号 第 T-20-799 号

発行年月日 令和3年3月5日

依頼者：日本合板工業組合連合会 殿

埼玉県草加市谷塚2丁目1番31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。

供試品名	<p>超厚合板(試作品)</p> <p>[試料内容] 原板寸法：144×200弱×900(mm)</p> <p>ワンショット：41プライ(全層直交層、平行層無し)</p> <p>二次接着：厚物合板24mm7プライ×6枚積層(計42プライ、2次接着層5層)</p> <p>試験片数：36個 冷水浸せき剥離試験 36個 煮沸剥離試験 36個 減圧加圧剥離試験 100個 ブロックせん断試験(二次接着層)</p>
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1月25日
試験期間	自：令和3年2月3日 至：令和3年3月5日
準拠規格	単板積層材の日本農林規格
試験項目	冷水浸せき剥離試験，煮沸剥離試験，減圧加圧剥離試験，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 
備考	<p>1. 訂正箇所には本会の訂正印のないものは無効です。</p> <p>2. 供試品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。</p> <p>3. この結果は材料並びに製品の品質・性能を保証するものではありません。</p> <p>4. この成績書は依頼者宛に発行したものです。</p>

試験結果（冷水浸せき剥離試験）

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ (mm)	4側面における全接着層の剥離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剥離長さ (mm)	4側面における全接着層の剥離長さ	
			合計(mm)	剥離率(%)			合計(mm)	剥離率(%)
1 回実施後	1L117-3	0	0	0.0	2L105-3	0	0	0.0
	1L117-4	0	0	0.0	2L105-4	0	0	0.0
	1L120-3	0	0	0.0	2L108-3	0	0	0.0
	1L120-4	0	0	0.0	2L108-4	0	0	0.0
	1L123-3	0	0	0.0	2L111-3	0	0	0.0
	1L123-4	22	22	0.2	2L111-4	5	5	0.0
	1L126-3	0	0	0.0	2L114-3	0	0	0.0
	1L126-4	0	0	0.0	2L114-4	0	0	0.0
	1H117-3	0	0	0.0	2H102-3	0	0	0.0
	1H117-4	0	0	0.0	2H102-4	5	5	0.0
	1H120-3	7	7	0.1	2H105-3	0	0	0.0
	1H120-4	0	0	0.0	2H105-4	0	0	0.0
	1H123-3	0	0	0.0	2H108-3	0	0	0.0
	1H123-4	0	0	0.0	2H108-4	0	0	0.0
	1H126-3	10	33	0.3	2H111-3	0	0	0.0
	1H126-4	0	0	0.0	2H111-4	0	0	0.0
	2L102-3	0	0	0.0	2H114-3	0	0	0.0
	2L102-4	0	0	0.0	2H114-4	0	0	0.0
2 回実施後	1L117-3	0	0	0.0	2L105-3	0	0	0.0
	1L117-4	0	0	0.0	2L105-4	0	0	0.0
	1L120-3	0	0	0.0	2L108-3	0	0	0.0
	1L120-4	4	4	0.0	2L108-4	0	0	0.0
	1L123-3	0	0	0.0	2L111-3	0	0	0.0
	1L123-4	22	22	0.2	2L111-4	5	5	0.0
	1L126-3	0	0	0.0	2L114-3	0	0	0.0
	1L126-4	0	0	0.0	2L114-4	0	0	0.0
	1H117-3	0	0	0.0	2H102-3	4	4	0.0
	1H117-4	0	0	0.0	2H102-4	5	5	0.0
	1H120-3	7	7	0.1	2H105-3	8	8	0.1
	1H120-4	0	0	0.0	2H105-4	0	0	0.0
	1H123-3	0	0	0.0	2H108-3	0	0	0.0
	1H123-4	0	0	0.0	2H108-4	0	0	0.0
	1H126-3	10	33	0.3	2H111-3	0	0	0.0
	1H126-4	7	7	0.1	2H111-4	0	0	0.0
	2L102-3	0	0	0.0	2H114-3	0	0	0.0
	2L102-4	0	0	0.0	2H114-4	0	0	0.0

試験結果（煮沸剝離試験）

処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ (mm)	4側面における全接着層の剝離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ (mm)	4側面における全接着層の剝離長さ	
			合計(mm)	剝離率(%)			合計(mm)	剝離率(%)
1 回実施後	1L117-1	0	0	0.0	2L105-1	0	0	0.0
	1L117-5	0	0	0.0	2L105-5	0	0	0.0
	1L120-1	0	0	0.0	2L108-1	13	13	0.1
	1L120-5	0	0	0.0	2L108-5	10	10	0.1
	1L123-1	0	0	0.0	2L111-1	5	5	0.0
	1L123-5	0	0	0.0	2L111-5	0	0	0.0
	1L126-1	0	0	0.0	2L114-1	0	0	0.0
	1L126-5	6	6	0.1	2L114-5	0	0	0.0
	1H117-1	17	17	0.1	2H102-1	0	0	0.0
	1H117-5	0	0	0.0	2H102-5	0	0	0.0
	1H120-1	0	0	0.0	2H105-1	0	0	0.0
	1H120-5	0	0	0.0	2H105-5	0	0	0.0
	1H123-1	7	7	0.1	2H108-1	0	0	0.0
	1H123-5	0	0	0.0	2H108-5	0	0	0.0
	1H126-1	0	0	0.0	2H111-1	5	5	0.0
	1H126-5	0	0	0.0	2H111-5	68	300	2.4
	2L102-1	37	37	0.3	2H114-1	0	0	0.0
	2L102-5	0	0	0.0	2H114-5	0	0	0.0
2 回実施後	1L117-1	0	0	0.0	2L105-1	0	0	0.0
	1L117-5	0	0	0.0	2L105-5	0	0	0.0
	1L120-1	0	0	0.0	2L108-1	13	13	0.1
	1L120-5	33	61	0.5	2L108-5	10	10	0.1
	1L123-1	10	10	0.1	2L111-1	14	19	0.2
	1L123-5	8	8	0.1	2L111-5	7	12	0.1
	1L126-1	10	19	0.2	2L114-1	0	0	0.0
	1L126-5	7	7	0.1	2L114-5	0	0	0.0
	1H117-1	18	27	0.2	2H102-1	12	19	0.2
	1H117-5	17	22	0.2	2H102-5	7	7	0.1
	1H120-1	0	0	0.0	2H105-1	0	0	0.0
	1H120-5	0	0	0.0	2H105-5	0	0	0.0
	1H123-1	18	18	0.2	2H108-1	0	0	0.0
	1H123-5	0	0	0.0	2H108-5	7	7	0.1
	1H126-1	7	7	0.1	2H111-1	5	5	0.0
	1H126-5	0	0	0.0	2H111-5	66	341	2.8
	2L102-1	37	37	0.3	2H114-1	0	0	0.0
	2L102-5	0	0	0.0	2H114-5	0	0	0.0

試験結果（減圧加圧剝離試験）								
処理回数	試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ (mm)	4側面における全接着層の剝離長さ		試験片No.	同一接着層の最大剝離長さ (mm)	4側面における全接着層の剝離長さ	
			合計(mm)	剝離率(%)			合計(mm)	剝離率(%)
1 回 実 施 後	1L117-2	6	6	0.1	2L105-2	0	0	0.0
	1L117-6	0	0	0.0	2L105-6	0	0	0.0
	1L120-2	31	31	0.3	2L108-2	0	0	0.0
	1L120-6	0	0	0.0	2L108-6	10	10	0.1
	1L123-2	0	0	0.0	2L111-2	22	22	0.2
	1L123-6	0	0	0.0	2L111-6	0	0	0.0
	1L126-2	0	0	0.0	2L114-2	0	0	0.0
	1L126-6	14	20	0.2	2L114-6	0	0	0.0
	1H117-2	0	0	0.0	2H102-2	0	0	0.0
	1H117-6	0	0	0.0	2H102-6	0	0	0.0
	1H120-2	0	0	0.0	2H105-2	0	0	0.0
	1H120-6	0	0	0.0	2H105-6	12	12	0.1
	1H123-2	0	0	0.0	2H108-2	13	13	0.1
	1H123-6	0	0	0.0	2H108-6	0	0	0.0
	1H126-2	0	0	0.0	2H111-2	5	5	0.0
	1H126-6	0	0	0.0	2H111-6	0	0	0.0
	2L102-2	0	0	0.0	2H114-2	0	0	0.0
	2L102-6	16	41	0.3	2H114-6	0	0	0.0
2 回 実 施 後	1L117-2	6	6	0.1	2L105-2	0	0	0.0
	1L117-6	9	9	0.1	2L105-6	0	0	0.0
	1L120-2	31	31	0.3	2L108-2	0	0	0.0
	1L120-6	0	0	0.0	2L108-6	10	10	0.1
	1L123-2	21	30	0.3	2L111-2	22	35	0.3
	1L123-6	0	0	0.0	2L111-6	6	6	0.0
	1L126-2	0	0	0.0	2L114-2	0	0	0.0
	1L126-6	14	20	0.2	2L114-6	0	0	0.0
	1H117-2	15	15	0.1	2H102-2	4	4	0.0
	1H117-6	0	0	0.0	2H102-6	0	0	0.0
	1H120-2	0	0	0.0	2H105-2	0	0	0.0
	1H120-6	0	0	0.0	2H105-6	12	12	0.1
	1H123-2	0	0	0.0	2H108-2	14	14	0.1
	1H123-6	0	0	0.0	2H108-6	0	0	0.0
	1H126-2	0	0	0.0	2H111-2	26	31	0.3
	1H126-6	0	0	0.0	2H111-6	0	0	0.0
	2L102-2	5	5	0.0	2H114-2	10	10	0.1
	2L102-6	16	43	0.3	2H114-6	6	6	0.0

試験結果(ブロックせん断試験(二次接着層))					
試験片No.	せん断強さ(MPa)	試験片No.	せん断強さ(MPa)	試験片No.	せん断強さ(MPa)
2L102-1	4.6	2L111-8	5.7	2H108-1	6.5
2L102-2	5.6	2L111-11	4.6	2H108-2	5.1
2L102-3	4.4	2L111-12	7.0	2H108-3	6.6
2L102-4	4.1	2L111-14	6.5	2H108-4	6.3
2L102-5	4.9	2L111-15	5.2	2H108-10	7.4
2L102-11	5.9	2L114-1	6.3	2H108-11	7.7
2L102-12	6.7	2L114-2	5.8	2H108-12	6.3
2L102-13	5.9	2L114-3	5.0	2H108-13	7.2
2L102-14	6.1	2L114-4	5.6	2H108-14	6.2
2L102-15	3.5	2L114-5	8.4	2H108-15	6.6
2L105-1	6.0	2L114-11	5.9	2H111-1	6.6
2L105-2	7.0	2L114-12	5.4	2H111-2	4.9
2L105-3	4.2	2L114-13	6.5	2H111-3	6.1
2L105-4	6.1	2L114-14	4.1	2H111-4	7.0
2L105-5	5.5	2L114-15	6.7	2H111-5	7.4
2L105-11	5.7	2H102-1	5.7	2H111-11	6.6
2L105-12	6.8	2H102-2	6.5	2H111-12	4.4
2L105-13	6.0	2H102-3	6.5	2H111-13	5.6
2L105-14	5.2	2H102-4	5.1	2H111-14	6.6
2L105-15	4.6	2H102-10	5.6	2H111-15	6.9
2L108-1	7.0	2H102-11	5.5	2H114-1	6.4
2L108-2	7.1	2H102-12	7.1	2H114-2	6.6
2L108-3	5.1	2H102-13	6.5	2H114-3	5.5
2L108-4	6.4	2H102-14	5.2	2H114-4	5.7
2L108-5	5.8	2H102-15	5.6	2H114-5	6.6
2L108-11	9.2	2H105-1	7.1	2H114-11	5.5
2L108-12	6.5	2H105-2	5.1	2H114-12	6.5
2L108-13	4.7	2H105-4	6.7	2H114-13	6.5
2L108-14	6.3	2H105-5	6.7	2H114-14	5.9
2L108-15	5.7	2H105-8	6.3	2H114-15	4.7
2L111-1	5.6	2H105-11	7.3		
2L111-2	7.2	2H105-12	5.2		
2L111-3	7.7	2H105-13	5.4		
2L111-4	6.6	2H105-14	5.9		
2L111-5	6.2	2H105-15	6.8		

7. 総括

本事業では、スギ、ヒノキ、カラマツを対象樹種とした超厚合板（厚さ 144mm）を試作し、製造因子の影響について検討したのち、スギを用いた超厚合板の曲げ性能、水平せん断性能、接着性能について実験的検討を行い、以下の知見を得た。

7.1 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。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。

7.2 曲げ試験結果について

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評価可能であった。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を制御可能であることが分かった。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。

7.3 水平せん断試験結果について

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。特に LVL では測定が困難な場合がある試験体幅の狭い試験方法においても問題なく測定できた。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。

7.4 接着性能試験結果について

試作した超厚合板の接着性能は、LVL と同様の試験方法によって評価可能であった。測定結果は LVL の評価基準を満足するものであった。しかし、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。

7.5 残された課題について

今回性能評価に供試した超厚合板はスギを用いたもののみであり、他の樹種による超厚合板の性能評価が必要である。また、製造因子の制御により製品性能を設計する手法、実際の性能との一致性についても検討が必要であるとともに、設計用の特性値の導出手法、簡便な品質管理手法の確立も今後の課題である。

7.6 事業成果の普及

7.6.1. 成果報告会の開催

今年度の事業成果を普及するため、令和3年3月1日に、「超厚合板の開発 ～合板の新たな未来を目指して～」と題して、成果報告会を開催した。

成果報告会開催に当たっては、新型コロナ感染症拡大防止の観点から、会場参加・Web参加併用の開催方式とし、会場参加は極力人数を限定した。会場参加20名、Web参加100名、それぞれ先着順で公募したところ、早々にWeb参加希望が定員に達し、さらなる参加希望が寄せられたことから定員を増加して対応し、会場参加13名、Web参加121名、合計134名となった。

7.6.2. 成果報告会議事次第

「超厚合板の開発 ～合板の新たな未来を目指して～」

■日時 令和3年3月1日(月) 13時30分～16時00分

■場所 東京都台東区秋葉原1-1 秋葉原ビジネスセンター(会場とWebの併用形式)

■次第

1. 開会挨拶 日本合板工業組合連合会 会長 井上篤博

2. 講演

(1) 米国における超厚合板の開発と実用化

東京大学大学院農学生命科学研究科

生物材料科学専攻木質材料学研究室 准教授 青木謙治

(2) 我が国における超厚合板の研究開発の方向性

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所 複合材料研究領域長 渋沢龍也

(3) 超厚合板の曲げ性能

東京大学大学院農学生命科学研究科

生物材料科学専攻木質材料学研究室 准教授 青木謙治

3. 質疑応答

7.6.3. 成果報告会アンケート

成果報告会参加者のご意見を伺い、今後の超厚合板の製品・技術開発に反映させていくため、会場及びWeb参加者に対して、以下のアンケートを実施した。

アンケート項目

(1) 今回の成果報告会開催をどのようにお知りになりましたか？ *

日本合板工業組合連合会の会員情報(会員、賛助会員) 日本林業協会からの情報

JAPIC(日本プロジェクト産業協議会)からの情報 メディアの情報

知人からの情報 その他:

- (2) 本報告会へのご参加以前に、『超厚合板』という言葉をご存じでしたか？ *
- 知っていた 知らなかった
- (3) 本報告会に参加して、『超厚合板』についてのご理解は深まりましたか？ *
- 大いに深まった 深まった あまり理解できなかった 全く理解できなかった
- (4) 今後の『超厚合板』の製品・技術開発についてのご関心はいかがですか？ *
- 大いに関心がある 関心がある あまり関心がない 全く関心がない
- (5) 『超厚合板』の製品・技術開発について、ご意見ご要望をお寄せください。(自由記載)

7.6.4. 成果報告会アンケート結果

参加者 134 名中、57名 (42.5%) から回答があった。詳細は表7のとおり。

表 7 成果報告会参加者及びアンケート回答者の内訳

区分	参加 人数 (a)	構成 比率	アンケート 回答数 (b)	構成 比率	回答率 (b) / (a)
日合連会員、傘下企業	32	23.9%	12	21.1%	37.5%
日合連賛助会員企業	31	23.1%	13	22.8%	41.9%
大学	3	2.2%	2	3.5%	66.7%
研究機関	5	3.7%	3	5.3%	60.0%
民間企業	29	21.6%	17	29.8%	58.6%
金融機関	2	1.5%	0	0%	0%
団体	9	6.7%	2	3.5%	22.2%
林野庁	10	7.4%	3	5.3%	30.0%
県庁	4	3.0%	0	0%	0%
海外	1	0.7%	1	1.8%	100.0%
メディア関係者	8	6.0%	4	7.0%	50.0%
合計	134	100.0%	57	100.0%	42.5%

参加者の属性は、日合連会員・傘下企業、日合連賛助会員、その他の民間企業がそれぞれ 2 割強を占めた。

アンケート回答では、民間企業からの回答数及び回答率が高く、日合連関係者以外の方々の関心の高さが伺われる結果となった。

アンケート結果を以下に示す。報告会に参加して、理解が大いに深まった・深まったとの回答が 56 名 (98.2%)、今後の製品・技術開発について、大いに関心がある・関心があるとの回答が 57 名 (100.0%) と、大変高い評価となった。

- (1) 今回の成果報告会開催をどのようにお知りになりましたか？
- 日本合板工業組合連合会の会員情報(会員、賛助会員) …33名(57.9%)
 - 知人からの情報 …18名(31.6%)
 - JAPIC(日本プロジェクト産業協議会)からの情報 …3名(5.3%)
 - メディアの情報 …3名(5.3%)
- (2) 本報告会へのご参加以前に、『超厚合板』という言葉をご存じでしたか？
- 知っていた …49名(86.0%)
 - 知らなかった …8名(14.0%)
- (3) 本報告会に参加して、『超厚合板』についてのご理解は深まりましたか？
- 大いに深まった …23名(40.4%)
 - 深まった …33名(57.9%)
 - あまり理解できなかった …1名(1.8%)
 - 全く理解できなかった …0名(0.0%)
- (4) 今後の『超厚合板』の製品・技術開発についてのご関心はいかがですか？
- 大いに関心がある …37名(64.9%)
 - 関心がある …20名(35.1%)
 - あまり関心がない …0名(0.0%)
 - 全く関心がない …0名(0.0%)
- (5) 『超厚合板』の製品・技術開発について、ご意見ご要望をお寄せください。(自由記載)

(ご提案)

- ・構造部材であり耐久性が必要とされる部位での性能付与の方法も考えて開発する必要があると思います。
- ・どういう規格にしていくのかによるのですが、超厚合板(50～100mm 程度?)をビル建築(木造だけでなく、鉄骨でも)の耐力壁として使用できるのではないかと思います。上下辺を梁に金物接合するような耐力壁で、カーテンウォール等にも使えるかも？
- ・複数の製造拠点でトライアルを行うべきと思う。(製造環境・使用樹種の違い)
- ・最後の発表では、杉のみで作ったものと思いますが、檜やカラ松などを試みるともっと面白い結果が出ると思います。”
- ・製造方法と使用機械の紹介の機会があればありがたいです。
- ・評価基準について情報開示をお願いしたい。
- ・構造用合板の設備で超厚合板を製造するには熱圧が課題だと感じました。製品カットなど他にも製品化に向けて課題をクリアしていきたい。
- ・JAS 規格も同時に整理しないと運用できないような気がします。
- ・国産材利用増を目指す中で、超厚合板の JIS 等の規格化を期待しています。
- ・表面のみ化粧合板にするようなことで、仕上げ材としても使えるのではないのでしょうか。

(ご感想)

- ・超厚物合板の利用により木材自給率を高めるとともに、木造建築物の多様化を図ることで環境と性能の調和をはかっていくことが非常に重要なことと思います。1 日も早く実用化を進めていきましょう。
- ・厚さと強度方向が自由になりそうなところに可能性を感じました。
- ・とても汎用性のある合板の可能性に期待しています。
- ・どのような使い方を含めて、製品開発と普及に大変期待をしています。
- ・今後、使用販売に向けての具体的な数値がわかってくると機械メーカーとしての開発も進んでいきます。また最新情報を展開を楽しみにしております。
- ・活発な質疑応答があり、ご参加の皆様が超厚合板に興味・関心をお持ちで期待も大きいことを知るよい機会になりました。
- ・これから早めに規格ができて、CLT より多くの用途が開発出来るように期待しております。
- ・CLT と超厚合板の住分けがどうなっていくのか興味があります。除外ラミナ (CLT) と単板 (超厚) の二次的用途→最終コストに影響、使用目的別に縦横強度コントロール可 (超厚) →利点を生かす供給体制が必要、など、質疑応答でのお話が参考になりました。”
- ・道交法の関係から、日本では大きな部材の低コストでの流通は難しいと思いますので、日本らしい、輸出も視野に入れた商品開発が進む事を祈念致します。
- ・超厚合板が使用される建物が普及する為には、何がキーになるのかを考えていきたいと思います、引続きこの様な報告会等のご案内を頂けますようお願い申し上げます。
- ・現状、設備が整っておらず、生産する事が出来ませんが、今後の検討課題として取り組んでいきたいと思っております。また、日合連や先生方の情報提供に耳を傾け、協力・対応していきたいと思っております。
- ・中長期的な製造方法の確立、中大規模木造における用途開発及び開発におけるゼネコンとの連携に関心がある。
- ・超厚合板専用接着剤および高速接着技術の開発
- ・接着剤の点から開発のお手伝いできればと考えております。今後も情報発信を期待しております。
- ・今後さらにセミナー等を開催してほしいと思います。
- ・耐久性向上技術に関する諸外国の情報についても今後期待します。
- ・山林より丸太出材をしておりますが、技術開発を含め『超厚合板』の勉強をさせていただきました。ありがとうございました。

8. 付録

8.1 技術開発委員会議事録

8.1.1 第1回委員会 令和2年7月31日

事務局:第1回日合連技術開発委員会を開催する。開会にあたって、渋沢委員長にご挨拶をお願いします。

渋沢委員長:会議に先だち、令和2年7月豪雨で大きな被害がでている。心からお見舞い・お悔やみ申しあげる。委員の皆様にはコロナ禍の中、不安ながらもご参加いただき感謝。また、Zoom参加の皆様にも感謝申し上げます。

豪雨被害に関連して、復興資材として合板が果たす役割は大きい、そのほか、建築の現場でも、今後合板の技術開発を進めることで、我々がそこに対して寄与できることはたくさんあると考えている。その足がかりの場として、この委員会で皆様にご議論願いたい。

では、議事次第に従い、議論を進める。

まず、資料1、超厚合板の開発について事務局から概略の説明をお願いします。

事務局:まず、資料1は令和2年度当初予算での補助事業で、超厚合板に関するもの。

資料2は令和元年度補正予算での、木構造振興株式会社を通じた補助事業で、今年度の日合連の技術開発委員会は、この2本の補助事業を中心に扱う委員会、として位置付けている。

では、資料1を説明する。(以下、資料の概略説明)

なお、資料P.4に、技術の普及活動の実施として技術講習会の開催と記載してあるが、例年開催している合板技術講習会は取りやめの方向で、この場を活用した成果普及はできない。年明けに事態が好転していれば、成果普及のための講習会などの開催ができるかどうか検討していきたい。

渋沢委員長:質問などございますか? 交付申請額は、1635万1千円。これを原資として、試験研究と成果普及を行う。日合連の事業は、事業終了後にパンフレットや成果集などを発表してきており、データ集として機能している。例えば、型枠に関して、今年の森林・林業白書の中でも引用されている。国産材型枠が南洋材型枠と同等の性能を持っている、ということの日合連の成果報告書を引用するという形で、林野庁もPRしている。このように、日合連では、技術開発の成果をオープンにすることにより、技術の発展・普及に貢献して頂いている。成果発表会の実施ができるかどうかはいろいろ検討していく必要があるかと考える。例年秋に日本木材加工技術協会の合板部会と日合連の共催で行ってきた合板技術講習会について、今年は見送り、ということになっている。例えば、来年度になって落ち着いた段階で行うなど、いろんな形態が考えられる。状況を見ながら、出来る範囲でやっていきたい。

5頁の実行体制図をご覧ください。試験実施機関として、森林総合研究所を入れて頂いている。それから、宮城県森林総合技術センター、こちらはネダノンの技術開発でご協力いただいた。今回もすでに出荷されている超厚合板の性能評価にご協力を頂いているところ。秋田県立大学木材高度加工研究所、こちらにもネダノンで一番ご尽力いただいた。産学官連携の観点で、日合連・木工研・森林総研の3者が農林水産大臣賞を受賞した。その時に中心적으로活躍頂いた。4番目に東京電機大学。これまであまり耳慣れなかったが、青木先生のところにいた河原先生が異動されて、比較的大きな試験装置があるので、活用させていただければと考え、一応名前を挙げている。試験項目を検討し、実際にどの機関で何ができるかを検討していきたい。

それから超厚合板の研究開発に関して、森林総研の所内交付金プロジェクトでも行う。国の予算で行うため、デマケが必要。どのようにデマケをするのか検討しながら進めていきたい。資料1について補足説明したが、何か質問はあるか。よろしいでしょうか。

では、続いて、超厚合板の具体的な中身について、資料5をご覧ください。私(渋沢委員長)が作ったメモです。

まず、研究対象を、製造方法でデマケーションすることが必要になる。現状ですが、高周波プレスでワンショットで製造する、LVL方式です。これに関する検討を本事業で中心的に行うことを考えている。いわゆる厚物合板を練り合わせで二次接着したもの、これは当然、厚物合板同士の縦継ぎ、幅はぎということも研究対象となる。こういった部分に関しては、当所の交付金プロジェクトの中で扱うことにする。交付金プロジェクトは3年間のプロジェクトであり、3年間交付金で走るか、途中で外部の拠出金資金に乗り換えるのかの検討が必要になる。3年間とりあえず研究期間があるということになる。

ただ、評価の対象としてどういうものを扱うということがメインであるので、それぞれのメーカーさんの中での製造方法に関する検討については、森林総研のプロジェクト中では対象としてないので検討は行わない。製造方法についての検討については、この事業の中で実施してかまわない。実施の延長上にそうやって作ったものの評価というものもJAS的な、いわゆる身体検査のようなもの、についてはこの事業の中で行うことになるとご理解いただきたい。

まず、事業のデマケについてよろしいでしょうか？

では、ワンショットで作る、いわゆるLVL方式で超厚合板を作る考え方に、いくつか製造の因子を検討しなければならない。それをメモの2番目以降に並べた。

事業の中で、実際に作って測っていくものについては、直接将来作る製品をそのままイコールで考えるということでは必ずしもなくてよいと思っている。製造上、製品製造に影響のある因子をきちっと押さえる形、その中で、その影響因子についてはどういう効果があるのかを見ていく。その結果を反映した新たなJAS規格のようなものを提案していったら、最終的には、超厚合板に対して基準強度を担保していく、という方向で検討を進めてまいりたい。

ではお手元の資料5の2、単板選別で、①から③の3タイプを書いた。これは、JASとしてどういう形を目指すか、というところと合せてなんですが、単板選別のやり方、または、そのラミナも含めて、構成要素の選別のやりかたを説明する。

JAS規格の中で、構成要素、エレメントの選別方法は3つある。

一つ目が CLT 型で、これはヤング係数を 30 刻みで選んでいます。A種とB種があって、これについては 4 番のところで触れますけれども、30 刻みという広いヤング係数の幅で拾っています。ただし、これは構成要素のヤング係数で選別していますので、製品で表示されているヤング係数の数値と実測値を見ると実測値の方が低いということで若干使いにくい形です。例えば、MX の 60 という CLTは、ヤング係数が 6 ギガないのです。それは製造する時に使っているラミナのヤング係数が 6 ギガなので有効断面 2 次モーメント比を考えると下がってしまうという、少し使いにくい形になっています。

二つ目の集成材型というのは強度性能を端的に担保するために、ヤング係数を 10 刻みで L 60 とか L70 とかという形で刻んでおります。ただし、ラミナのヤング係数選別も 10 刻みなんですが、製品性能の表示されるヤング係数も 10 刻みになってます。直接表示されているヤング係数は製品のヤング係数なので、例えば E70 という集成材を作るためには L 70 でいいのか、というのはよくわかりません。そこは必ずしも一対一で対応するようには規定されていません。ですから集成材を作る際のラミナの選別は E 70 の製品を作る時には L 70 より高いものを使っているのではないかと思います。

三つ目は LVL型で、これは単板の選別の規定はない。製品のヤング係数の表示値だけが規定されていますので、例えば E 90 のLVLを作るというのは、LVLがE90 なければいけないのであって、単板をどのように選別するかについては、各メーカーさんが考えるというやり方になっているということです。

なお、LVLはだいたい 10 刻みだが、一部、20 刻みもあります。

エレメントの選別はこの3種類あるということになる。

3つ目の使用樹種と樹種ごとに想定される単板または製品のヤング係数について書いた。例えば、CLT の場合ですとスギは 30か 60 で、90 は作れるのか悩ましいところです。ヒノキは、60、90、120、カラマツは、90、120 はだいたい作れるかという範囲となっていた。この 30 刻みというのは、さっきの単板の選別のところで書いた 30 刻みと一致しているイメージである。

超厚合板が、どれぐらいのヤング係数のレベルを目指すべきかについては、また考え方があるのかと思います。

四つ目は、単板選別の基準は平均値なのか下限値なのかというところで、これは先ほども触れましたが CLT の場合はA種とB種があって、平均値と下限値が決まっているものと、平均値と上・下限値の両方が決まっているもの、がある。下限値だけ決めるものは and better という言い方をしますが、製材の等級区分などは一般にそうではないかと思えます。これ以下はいけないという形です。

そうしますと製材の場合には等級区分してあっても実はその平均的な数値は上の方も入ってますのであまり変わらないですね。ですからそれを and better タイプにするのか、上も下も切って変動幅を狭くおさえるのかも検討する必要があるというところですよ。

例えばスギの 60 という等級を 4 番の①を見ていただくと、数値を平均値にします。それで、下限値だけ切ると考えると、例えば 50 より上で、これは全数検査でヤング係数 50 を下回る単板は切る、だいたい平均は 60 になるようにしているのが①ですね。②は上も切るパターンで、平均値が 60 になるようにして下限は 50、上限は例えば 90 とか 70 とか 80 という数値に切ってやり、ある幅に収めるパターン、それから③は表示値を下限値とするやり方で、例えばスギの 60 と言った場合には、下限値を 60 に切る、上限はどこまで入ってもいいというパターンですね。

④は、表示値を下限値として上限値を設けたもので、スギの 60 という場合には、とにかく下限が 60 とする。60 をちょっとでも下回るものは入らないけど上限もある幅で押さえるというようなやり方がある、それぞれは性能のばらつきの幅をどれぐらいの中に納めるかということを考えて、その結果として担保できる性能の数値をある幅に収めようということになるわけです。

より幅が狭い選別で作っていくものほど、当然のことながら信頼性が上がるので基準強度のような数値については高くなると思われる。それから表示値が下限値なのか平均値なのかですが、表示値を下限値にすれば、実際の測定の平均値はそれよりも上に行きますので担保される性能は高くなります。表示値が平均値だとすると E 70 と書いてあっても 66 とか 65 とでも入ってていいということになりますので、その場合は担保できる性能の数値は若干低くなるということで、このように考え方がいくつかあるというところですよ。

この選別の仕方について、表示値が下限値なのか平均値なのかに関しては、実際に製品を作っていく過程で、よりどちらがいいか選別して行けばいい部分であると思えます。このように何パターンかあるということを説明させていただいた。

五つ目に、構成比率を書いた。これはこの資料の中では、単板を等厚にしてその等厚単板で検討してみることから始めようかと思っております。

単板の選別をして単板の強度性能の数値をある程度決められれば、そこから先は平行層理論というもので大体の製品性能のシミュレーションまで行えます。その時に構成比率が違う場合にも理論値は計算できますから、まずはこの事業の中で一つ決めたいというふうを考えております。例えば、二次接着のものを考えた時に、25 mm 厚合板 を 4 枚貼って 100mm にすることを考えると、この 25 mm の貼り合わせを 超厚合板と同じと考えて 9 プライぐらいになるだろうと考えておりますが、この

場合の構成比率はだいたい50%ぐらいになります。表1を見てください。この表の50、100、150というのは製品の厚さです。これに対してワンショットで作る場合、0°方向単板と90°方向単板が交互に並んでいるイメージで作りますと、大体50mmで19プライ、単板厚が2.63mmで、構成比率は52.6%になります。製品厚さが厚くなっていくときに、等厚単板で考えると、製品が厚くなるにしたがって構成比率は50%に近づいていきます。構成比率が50%に近づくということは0°方向と90°方向の性能差がなくなってくるので段々と等方性に近づいていくということです。超厚合板が、例えばCLTのような非常に大きな断面を持つ材料に対して有利な点は何かという、異方性が極めて少ないというところです。CLTも2方向に強度が高いということを便宜上説明に使うんですが、実際の構成比率は等厚5プライで60%にとどまっていますので、0°方向と90°方向の性能にも大きな差があります。現状の告示の中では、90°方向の基準強度の設定ができないような層構成もあつたりしますので、そういう点では超厚合板は、0°方向と90°方向の異方性が少なくなりますので、設計上の自由度が高いものが作り得るということだと思います。

二次接着、例えば25mmの厚物合板を作ってそれを積層していくという場合に、それぞれのプライ数が18、36、54、72ということで9プライの倍数になってきます。その時の単板厚さはもともと二次接着前の合板で一定ですので一定になります。構成比率も二次接着比なので一定になりますが、各厚物合板はそれぞれ表層が0°方向で、それを積層していきますので0°方向がちよつと多いわけです。ですから50%にはならず大体55.6%というところで厚さによらず一定の数値になります。製造方法に関する検討要素はこんなところかなと思っています。

実際には、二次接着の場合、接着剤に何を使うのか等を検討しなければいけないんですが、まずは単板等をどうするかいうところではこのような検討要素があるということで、まず製造方法についてのご説明をいたしました。ただいまの御説明にご質問、ご意見ございましたらお願いしたいと思えます。すいかででしょうか。何でも構いませんのでご自由にいただければと思います。

ご質問、急には難しいかと思えます。単板選別の仕方とかですね、情けないんですが私もこのメモを書くときにそれぞれを比べてあれっという印象だった。CLTの表示ヤング係数は何を表しているのかというのは新たに分かったところである。なかなかJASは難しいなと思った。材料ごとに色々違うということなんですね。

特に製材ベースの材料はどちらかと言うとラミナの身体検査を良くして接着がちゃんと付いてれば理論的にある水準の製品ができるということで、実際の製品の身体検査をJAS上であまりやらないんですね。おそらく初期の検査の時にはきちっとされると思うんですがそれ以降の品質管理上、例えば、集成材を実大で曲げ試験することはほとんどされないとしますのでラミナの身体検査が中心になっている。一方、たとえばLVLの場合には接着の程度を見る試験というもの、例えば短スパンの曲げでせん断力を入れて測るのでこれは接着層だけではなくて単板の性能も含めて測っていますので、そういう点では製品性能を直接測って担保しているということから、LVLの場合は単板の身体検査はそんなにしないで製品で担保ができていくという発想であろうという風に思えます。

ですから、超厚合板の場合、どの辺を狙うかというとおそらく LVL のような製品性能を直接担保する方向というのがメインであろうと思う。ちょっと後でご説明をしますが、試験がなかなか大変なことになるのでそれをどうしようかという部分も一緒に考えなければいけないのかなと思っています。

事務局:二次接着の場合に、1枚目と2枚目の間に、幅方向を入れないと表裏が平行層になる。ですから、一つの案として、間に1枚幅方向を入れたらいいのではないかということを知っているが、このことについていかがか。

洪沢委員長:平行層同士の二次接着が何らか接着上よくないことがあれば、幅方向を入れるという考え方がいいのかと思う。私は、製造の仕方がわかっていないのだが、今見て頂いたとおり、そのまま貼っても55%、直交層を入れたとしても52から50%くらいで、構成比率的に見れば2%くらいしか変わらない。ですから、わざわざ二次接着で合板を接着していく工程で接着剤を塗った単板を一枚横向きに入れるかというのは、手間に比して、得られる性能からバランスが取れないかもしれないという心配はしています。

もちろんただその辺りの製造方法についてはメーカー委員の方が詳しいので、この方が作りやすいとか、その他歩留まりがあつて、ということがあれば当然そちらをしていただくことには問題ないんですけども、連続の大きなワンショットで作る大判のものと、3×6判程度のものを二次接着していくイメージで考えた時には、その中間的な考え方については、性能的には違いがないのかなと思っています

どうでしょうか。青木さん何かコメントありませんか。

青木委員:使用側の立場で申し上げますと、いろいろな要素について、何かを決めてしまえば、それに従って製造したもので、強度性能や構造的に利用した時の性能をきちんと確認していけばよい。メーカーの方々が、単板の選別について、従来やっているLVL方式がやりやすい、というのならそちらでいく。超厚合板の使い方を考えたら、違うやり方がいい、というような、現場の意見を伺いたい。

4番の、単板選別の基準を平均値をとるか下限値をとるかについても、どちらが工場として管理しやすいのかメーカーの考えを聞きたい。

洪沢委員長:単板の選別の仕方については、とりあえず今のこの事業の中で実験計画を立てる上で、こうしようと決めることになる。それ以降については、どういう選別の仕方が良いのかという所で、歩留まりと性能との兼ね合いだと思います。ですから今回、選別の仕方は、仮にこうすると決めたとしても、できれば、メーカーの方々から試験体を提供いただくに当たっては、全数の単板のヤング係数のデータがほしいです。それが、どういう分布にあつて、平均値がどれだけというのを、ぜひ委員会の中で検討させていただきたい。その時にどういう分布の単板の時に、どういう強度性能が得られたか、というところから、逆にシミュレーションしながら進めていければと思います。

厚物合板の時は単板の選別をしていませんでしたので、製品の試験結果から理論計算をしたので、おおらかなシミュレーションでしたが、今回は単板のデータが出てきますのでもう少しちゃんとしたシミュレーションが出来るのかと思っております。ちなみに秋田の木材高度加工研究所の岡崎先生がモンテカルロシミュレーションのご専門ですので、お知恵を拝借できるかなと期待をしています。そういう形でもう少し厳密なと言うか正確なシミュレーションができればと思っております。よろしいでしょうか。何かご発言ありますか。

堀委員：ワンショットと二次接着では、単純に考えればワンショットがメーカーとしては、作りにくいかなというのが第一印象である。二次接着の方が作りやすい。二次接着の時の構成比率として、56.6%となっているが、対抗となってくるCLTの構成比率はどのくらいになっているのでしょうか？

渋沢委員長：製品厚が150 mmですと5層になりますので、構成比率は3/5、60%になる。210 mmになると7層ですので、4/7、57%になる。ですから、厚さが厚くなるほど積層数が増えるので、構成比率は50%に近づいていく。最大は9層9プライなので、その時は、5/9ということで、これよりも50%には近づかないということになる。

いま、単純に構成比率だけでお話をした。実際のヤング係数になると、有効断面二次モーメントより決まる。合板の場合には、いまここにあるとおり、200 mmを超厚合板で考えると、70プライくらいですね。そうすると有効断面二次モーメントはほぼ50対50になる。それに対して、7層のうちの4層と3層を分けると、有効断面二次モーメント比はすごく差が出る。実際のヤング係数は構成比率の50に近いということだけからは考えられなくて、明らかに0°方向が90°方向よりも性能が高い。しかし、本質的な性能はそもそも全部のエレメントが1方向を向いていた時の強度性能がどれだけかということによるので、つまり、単板をどのように選別するか、その時の選別をより性能が高いものにシフトさせると、その性能が、0°と90°に何対何に振り分けられるかということになる。やはり単板の選別をどれくらいの基準とするか、高い所を狙うと歩留まりが落ちてしまう。それとの兼ね合いで、性能と歩留まりの関係でいくつぐらいで選ぼうかというところを、将来的には皆さんに考えていただくというイメージかなと思っている。

ですので、積層数が圧倒的に多いということはヤング係数または強度の関係で行くと、積層数が少ないCLTよりはずっと理論的には有利であるというところは、ご理解いただければと思います。

黄委員：単板構成をみると、結構薄い単板を使っている。単板厚を、3.2mmから3.5mmにしたら、強度面に影響がありますか。

渋沢委員長：単板剥き厚に対する強度性能を実際に研究したことはないが、おそらく厚剥きの単板は裏割れの影響などで、厚くなれば強度性能は下がってくると思われる。

また、あまり厚くすると積層数が減ってしまうので、先程の、CLT に比べて等方性体であるという利点がどんどん打ち消されていくので、それも兼ね合いです。何 mm ぐらいにすればどれぐらいの異方性になってどれぐらいに強度が担保できるかというのも、この後必ず検討していかなければいけないと思っております。

黄委員：わかりました。

洪沢委員長：本日、具体的にこういう作り方に決めましょうというところはこの場では決められないと思いますので各メーカー委員の皆様には一旦お持ち帰りいただいてご検討いただければと思います。そこからまた皆様から事務局にご意見をだして頂いて、その結果で私どもの方で、これでいきたいというのをまたご案内させていただくという形で決めたいと思います。

実際にはこの後、試験体を作ってくださいメーカーさんを決めていただかなければならないので、できる、できない、を含めて現実的なところに落としたいと思いますのでよろしく願いいたします。今 5 番までお話をしましたが、評価項目に関して、2 枚目の 6 番のところをご覧ください。

まず評価項目としてですけれども、基準強度に結びつくような構造計算、設計をする上で必要なデータについては、また別途に集中的に性能評価を行うということが必要になるかなと思っております。

実は森林総研に 100 トンの容量でスパンが 12 メートル位ぐらいの長さのまでの試験体の曲げ試験ができる装置があるのですが、今、リニューアルしております。残念ですが今年度は動かない。来年度は動きますのでここで集中的に性能評価させていただければ設計用の数値は出せますので、この実験は次年度以降、引き続き、日合連にはご尽力いただいて補助事業を取っていただいて、設計用の数値を引き続き検討できればと思います。

今年度はとにかく超厚合板というものはどんなもので、JAS 的にどんな試験を課せばいいかなという目安を付けたいと考えております。

そうしますと 6 の評価項目というところに書きました通り、曲げ試験、水平せん断試験というものが考えられる。これは LVL と同じ考え方ですね。それから二次接着を行うのであれば、その二次接着部分の評価を行うとなると、例えばブロックせん断試験もいるかなというところ。このあたり JAS 的な基準となる、基本的な性能の評価を行うのかというところですが、その中でも少し検討項目がありまして例えば合板の場合ですと当然平面で使いますのでそちらの方向の強度性能を担保しているわけですが、エッジワイズで積層面が上下を向くような形で使われる可能性もあって、エッジワイズの試験もする必要があるのかと思います。

さらに、先ほど申し上げた異方性、向きによる性能差はありませんということであれば、弱軸方向、90° 方向、短辺方向の強度性能も測らなければならないというところがあります。

それからブロックせん断も、非常に厚いものの中からブロックせん断を行うのは、なかなか苦労がありますので、何かブロックせん断に替わる試験方法はないだろうか、例えばブロックせん断と言うのはせん断強度を測るイメージがありますので、そうではなくて層の剝離だけを見るようなことで担保

できないかというようなこともあります。この辺りを規格基準のようなものに落とし込んでいくためには、より簡便な試験方法を考えなければいけないというところもあるだろうというところです。

さらに基準強度に向けた検討を一部するとすれば、例えば部分圧縮です。超厚合板を床のスラブに敷いて、その上に柱が立ったり壁が立ったりすると、超厚合板のごく一部に強い圧力がかかりますので、めり込みや部分圧縮的な性能もきつと必要になるだろう。一般に、合板のめり込みはあまり降伏せずにとめり込んでいく感じになるので、耐力的には結構大きいというのは経験的に分かっています。しかし、そういうもので構造計算ができるのかと言うところも考えていくと一部そういう検討も今年度できたらやるのかなと思っています。

一番大きな点は先ほど曲げ性能のようなものの中では等方性である、向きによる性能差がないというのは利点だったんですが、今度これを壁のようなものに使う場合には鉛直荷重が断面内にかかるわけです。例えば 200 mm の厚さの超厚合板も繊維方向が上下を向いている層はその半分しかありませんので、実質 100 mm 分しか鉛直荷重を支えられる単板がないわけです。そうすると例えば 200 mm の壁を立てて、上階の荷重がかかると、座屈と言うんですが壁断面外に孕んでしまうような変形を起こす可能性がある。そういうものは大丈夫かと言うことを見るためには座屈試験、特に長いスパンの座屈試験をしないとイケない。

さらに接合部を考えた時に超厚合板になると、くぎの接合部分は、多分メインではありませんので、接合部のめり込みに関する部分、支圧強度というものが必要になりますので、その辺りに向けても製造方法と強度性能の関係を見る必要があるかもしれないと考えております。

試験項目としても色々ありますが、この中でできる範囲のものをやるしかありませんのでそのできる範囲をどうやって決めるかといいますと、実は、表2、表3のところにはスパン梁成比を示した。これは、曲げ試験を行うときに、厚さの何倍のスパンを採り、スパンと厚さの関係を考える。その時に最大荷重はどれくらいになるかを予測してみました。例えば、試験体の厚さが 50 mm であっても CLT と同じ厚さの 21 倍のスパンと考えると、1150mm になってしまいます。厚さが 100 mm になると 21 倍で 2300 mm ですから、3×10 判を作って頂いたとしても 100mm ぐらいまでしか測れないです。これを超えるものについては 3×10 判では CLT と同じ試験法が適用できないということになります。スパンと厚さの比率を小さくしていくと、せん断力が卓越していくので正しい曲げ性能が測れないということになっております。もう少し経つと木材工業誌に同じような検討を CLT でやった岡崎委員の論文が載りますのでちょっとそちらを見ていただくと分かる。正しく曲げられないということになってくると品質管理のような観点からどうしようかということなんです。

ちなみに現状、EF 表示の合板の一級の試験方法は厚さの 45 倍で測ることになっていますので、そうすると 50 mm の厚さでも 2350 になってしまいます。試験体としてかなり大きいものを考えなければいけなくなってくるというところですね。

さらにそのスパンとの関係で最大荷重を予測してみました。それが表2の右側ですが、曲げ強さを大体 30 メガパスカルとみて、試験体幅を 300 mm と考えるとこの表の中の数値のような感じでかなり荷重としては大きくなっていくというところです。試験装置としてどれぐらいの荷重容量までのものがあるかというものを見ながら検討しなければいけないので、試験体の寸法等についても検討し

なければいけないというところですが。本当はこのスパンと厚さの比率をいくつか変えて、これぐらいから性能が一定になってくる、その最低限のもので計るというふうに決められると良いのですが、この範囲内でそういう数値が拾えるかどうかもちよっとわかりません。ですからこの辺りを少し検討しながら進めさせていただくということになると思います。

表3は同じように、LVLのJASにある水平せん断の試験を同じように考えると、これもかなり荷重レベルは高くなるので、どうしようかというところですが。LVLよりスパンをより小さくするか、断面を小さくすることも考えなければいけないかもしれないですね。この辺りは今年度の事業の中では現有の試験装置の中で測れる数値になるように試験体寸法を決めなければいけないので、今度はそういう形で考えるわけですが、今後、理論的にどうあるべきかという検討もしていかなければいけないかなというところですが。

最後に、試験体の寸法についてです。ワンショットのLVL方式の製造方法では、3×10判をお作りいただくと日合連から伺った。二次接着の製品を考えた時にどれぐらいの大きさのものまでお作りいただけるかということも教えていただければと思っております。二次接着製品も3×10判の厚物合板を貼らせていただければ、ワンショットのものと同じ大きさなので、試験の系を同じに揃えられるんですけども、もし厚物合板を二次接着する前の寸法が3×6判だとすると先ほどのスパン梁成比がもう少し条件が厳しくなりますので、3×6判でできる範囲の検討をするというイメージになるので、そのあたりもお教えいただかなければいけないかと思っております。

後半の評価に関するところについてのご説明を申し上げましたがご質問ご意見ありましたらお願いしたいと思います。

榎本委員：基準強度の設定を目指すということだった。基準強度は、例えば強度は1つではないと思うが、材料のどういう区分毎に行うのが便利なのか

渋谷委員長：実際に製品としてどのような区分のものがでてくるか分からない。集成材やLVLは、ヤング係数は10刻みで、それに対して強度性能が3つぐらいあるとすると、任意の材料が沢山作れるように見えるが、実際は作れるのは1/3ぐらいであり、本当はどの区分が作れるのかわからないという話をよく聞く。もしかしたら、とびとびにしか区分がないという形でも良いのではないかと思います。その点は、実際に超厚合板を作ったときに、どういう歩留まりでどれぐらいのものができると、ということから、何水準の等級が作れるかということを検討して、それに対して基準強度の数値が違ってくるのか、下限値をとってしまうと全部一緒になるかわからないが、このような検討が次にくるのかなと思う。

榎本委員：製造できる出来ないというところが一番重要であると思う。どういうものができると、現状ではわからないとすると、実験から求める基準強度を設定するよりも、集成材やCLTとの並

びで理論とあうかどうかの検討をすることを先ず最初にやっておくと、あとの単板の等級区分が変わったときに製品性能が変わるか変わらないか、このような検討で進むのではないか。

洪沢委員長:入り口で単板の選別をこういう基準で行って、その時に実際にとれそうな単板の数値を乱数発生させて、モンテカルロシミュレーションするみたいなイメージでしょうか

榎本委員:そういうことと思います。

洪沢委員長:単板のばらつきが実際に、どれくらいあるかが悩ましい。単純にばらつきがないヤング係数の単板を積層したらこういうヤング係数の合板になります、ということは、大分合うと思います。ですので、そこを計算して出すことは事前にお示しすることはできる。これは、各メーカーさんにご意見聞くときにはやりたい。例えば、厚物ではないが、12 mm の合板で等厚、5層5プライと考えると、長手のヤング係数7ギガを出すのに単板のヤング係数は80とか90とかだったと思います。合板を80を目指すとしたら120ぐらい必要になるので単板としてはだいぶ上を目指さなきゃいけないというのはあると思います。もっと積層数が多くなってくれば有効断面2次モーメント比は大きくなるので、こういう製品を何層で作ろうと思ったら単板のヤング係数いくつというのはざっと計算してお示しできますので、その辺から始めるイメージということによろしいでしょうか

榎本委員:了解しました。建築物に関しては、接合部で決まる。接合部は支圧強度が必要。支圧強度の試験も早い段階から準備しておいたほうがよい。

洪沢委員長:ありがとうございます。試験方法をどうしようかというところからの検討になるかと思う。今年度の事業の中でも、その点についてもできればと思っている。引き続きご指導願います。

榎本委員:試験装置だが、建築研究所にあるものも使っていただいて構わない。100トンクラスのものを使えると思う。

洪沢委員長:ありがとうございます。試験ができる場所は多いほうが助かる。ご協力をよろしく願います。

この事業は、この技術開発委員会の中で検討させていただく。ありがたいことに、製造側だけではなく、使う側から委員にたくさん参加してもらっており、評価の部分でも委員がたくさんいらっしゃる。その意味で、事業の成果がそのまま、規格基準や設計の方向に行くという点で、他の委員会よりもスムーズであると思っている。なるべく手戻りがないように計画を進めたい。今日のご意見を踏まえて、もう一度、皆さんに試験を進めるためのメモを作るので、それをもとに次回までの間にご回答いただいで実験の方針を決めるというような形にさせていただきたいと思っております。

酒井委員:まずは試作し評価するという点について意見ありません。

渋沢委員長:方針として認めただければ今のような形というところで、あとは少なくとも単板に関しては選別をかけていただいたもので作って頂いてご提供いただくということになります。各メーカーさんの中でご対応いただけるところから試験体をご供試頂いてというイメージになると思います。ただ、この事業の中で測らないとその先にいけないというわけではありませんので、そのあたりについては試験体ご提供いただく、いただかないというところがその後の有利不利にはつながらないという風にご判断頂いて良いか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

平松委員:実際に製造段階を考えると、工場内の搬送は大変という感想を持った。

相澤委員:さきほども単板の厚さの件で、今回50mm、100mmということになると、7プライ、先生は9プライと言われた。この場合、単板厚は2.6mmとか2.7mmになる。いま、合板メーカーの製造は大体3.5mm程度と思う。いま、実際に合板製造するにあたってこれを50mmに合わせようとする、単板の厚さは2.7mmとなり、7プライだと厚さは4mm程度となる。いずれは3.5mm等も検討を要望したい。現在、大林組様に200mmの合板の供給を開始しているが、これは大林組様の意向として、縦方向も横方向も強いものがほしい、ということだった。そのため、すべてメトリガードで単板強度測定をして、厚さ3.73mmの等厚合板とした。

渋沢委員長:今年度は超厚合板の元年。今年の試験体は、将来の製品にかならずしも結びつかないと考えていただきたい。現状で、単板の厚さも変える、構成も変えるとなると、何でこうなったかが分からなくなる。単板の厚さを変えるときは単板は同じにする。単板が変わる時は厚さは同じにする。単板の厚さと構成の交互作用を排除する実験計画をたてることが必要。我々が考えているのは、単板の製造歩留まりも悪いし、製品を作るのもすごく大変であるが、製造因子を決めるとこういうものが出来るというところが欲しい。

次年度以降はその結果をもとに、単板性能や単板剥き厚を変えた場合の検討をするイメージと思っている。

さきほど説明の中で1点省いたことがある。

0°方向単板と90°方向単板は同じにするのかという問題がある。現状はどちらも同じで作る考えですが、そうすると水平せん断性能だけ将来の製品よりも高く見積もってしまう可能性がある。

通常の合板は、直交方向単板は選別をしませんので、その層に入るせん断力に対する抵抗が低い。0°方向90°方向を同じ単板の分類で区分してしまうと水平せん断力の抵抗性が上がってしまうかもしれない。そこで測定した結果が本当に将来の設計値に反映できるかということもありますので、本当は単板の選別方法を0°方向だけにして90°方向は何でも良いとするか、0°方向も90°方向も同じ選別にするのかということも実はもう一点ありまして、これは各メーカーさんが作っていただく時にどうできるか次第である。これについては、手成りかなと思っています。どう選別

するかということで評価される数値に影響があり得るので、その点については後で検討する必要があるのかと考えております。

藪谷委員:いまの話で、 0° 方向も 90° 方向も両方メリガードをかけることになると、ちょっときびしいかなと思う。できれば、メリガードについては、 0° 方向だけに出来ないか。

岡崎委員:寸法調整係数についてどうお考えか。

洪沢委員長:その点についても今回は単板の品質をとにかく揃えて、そこから得られるもので測ろうと思っております。本当は試験体幅をいろいろ変えた試験をやって所謂、寸法調整係数を出さなきゃいけないんですけども、今年度の中でそこまで検討ができるかというところは先ほど申し上げた試験装置の容量との兼ね合いもあるのかなと思っております。今年度どこまで検討ができるかですけども、将来的には数値として求めているとやはり運用できないとは思っていますので、そのあたりについても引き続きご指導いただければと思いますのでよろしくお願いします

岡崎委員:幅が一定でも面内せん断の影響がものすごく大きくなって、ヤング率が小さくなることもあるので、その辺の評価を今後考えていくことになると思う。

洪沢委員長:ありがとうございます。その辺りについても力をお借りしながら論文を書きたくたい。

黄委員:メリガード等を掛ける場合、歩留りの関係で等厚 9 プライでは作りにくい可能性もあるが。

洪沢委員長:申し訳ないんですけど将来作れるかどうかは、今年は二の次にしてください。今は決めなきゃいけない。9 プライで 25mm くらいは無理だということであれば7プライでも構わない。揃えた条件で試験体を頂きたいだけなんです。ただ単板剥き厚を厚くする層数を減らすということは当然異方性が大きくなることなので、ある範囲を超えると当然ですけど CLT に負けます。

もっと言えば CLT であればラミナの選別をヤング係数が 6 ギガ 9 ギガで分けられるんですね。単板の場合に例えばスギを使って 9 ギガのヤング係数で単板が作れますかということとの兼ね合いです。

ですから、製造方法を製造しやすい方向にシフトさせていけば性能が下がるので、超厚合板を作っても売れないということとの兼ね合いですね。

初年度はどういう風に作ったらどうなるかだけ知りたいんです。その結果として単板厚を厚くしたら単板性能がどれだけ下がっていくか。低減係数をいくつかかければいいのかということです。そこから先は初年度の実験結果が出れば、あとは計算である程度予測がつかます。その範囲中で現実的に

作れそうなものはここなので作って担保してみましようというところに次年度行くということだと思いません。

今年は申し訳ないんですが、事業の中で払えるお金の範囲で作って下さい、それはコストがすごくかかっても良いので、そのコストに見合う試験体の提供のお金をお支払いできますので特注のようなものをとにかく作って下さいというイメージになると思います。

ただ物理的に作れないものをお願いできないので、この後各メーカーさんからご意見をいただくようにしまして、どれぐらいの単板の範囲だと作れるか、ヤング係数の選別がどれぐらいであったら可能というところはご意見を頂いて調整をしたいと思しますので是非ご協力をお願いしたいと思います

黄委員：了解しました。

荒木委員：今年はスギの2.7mm でやっていくとのことだが、歩留まり的にも厳しいと思う。来年度は3.5mm などJASの範囲を今後広げていくことについて了解した。

構造に使われるものですから、厚剥きの単板で他はどうですかということは一とあたり検討していかなければなりません。そういうような技術開発、作れる技術ができてくれば、当然その制限が位置付けられるようにということはJASに持って行けると思います。現状はまだそういう次元と考えております。

阿部委員：地域差も含め単板強度の分布を調査して、安定性能を考えるといいと思います。

菊地委員：自社は普通合板メインの工場であり、自社からの試験体合板の提供は困難である。

宮本委員：接着性能の観点で、所内交付金プロジェクトを担当している。超厚合板は用途的に考えるとCLT、LVLが競合相手になると思われる。接着性能の評価は、使用環境でA、B、Cという技術的評価がなされる。合板ではありますが、それぞれの使用環境に落ちついていくような流れで評価を考えなければならない。二次接着の評価について、性能が担保されたものを二次接着すると同じ性能となるか、評価のやり方を考えたい。

渋谷委員長：貴重なご指摘いただいた。これまで合板は、基本的に構造用部材として現しとして使われませんし、その耐久性的な部分から言うと接着耐久性だけが担保できれば良いイメージだったと思うんです。これは CLT やLVLのように常時、鉛直荷重を支えながら屋外や屋内に現しで使われるという場面になってくると、当然、熱に対する耐久性も要求されてきますので、超厚合板に關してもいわゆる使用環境の規定ということも考えていかなければいけない。そうすると自ずと積層に使われる接着剤、特類を担保することになると思うんですが、その場合も、従来のフェノールで良い

のか、レゾルシノールでないといないのかとか、それから二次接着製品の場合は特にそうですが、二次接着部分にどういった接着剤を使うのかということで使用環境のようなものも念頭に置きながら製造をお考えいただかなければなりませんし、その部分に対して従来合板にはない性能の担保というところも出てくるかと思っております。

谷川委員：本年度は、渋沢委員長がおっしゃっているように、各メーカーさんが出せるものを出していただく、ということかと思うので、それ以下はとくにコメントありません。

渋沢委員長：とにかく初年度はまずものがないので、どういうものができてきて、何が測れるのか、是々非々でやっていくしかない。さきほどの単板の厚さも、これを決めようというわけではなく、こうなる、というだけ。各メーカーさんでもっと厚いものでやりたいとの要望があれば、それを取り入れさせていただきます。本日の委員会の後、改めてご意見を伺うのでよろしく願います。

せっかく今日は、各方面の委員の先生が見えているので、超厚合板に対して、どういうものを望んでいるのか、こうだったらいいなあ、ということについて、使用上の観点というところがあるかと思うので、今後、超厚合板の研究を進めるにあたって、エンカレッジというか動機づけというか、こうあってほしいというご意見を頂きたい。

平野委員：建築サイドからコメントする。超厚合板ができたならどういう魅力がある商品なのかと頭の中に色々思い描いたりしている。私どもの会社は主には戸建て住宅である。住宅としてみたときに、骨組みとしての難しさがあるかも知れないが、使う側としては、面としての使い方には大いに需要があるだろうと思う。戸建て住宅だけではなく、建築全般でみた場合には、最近日経アーキテクチャーなどの雑誌に、CLTの使い方が、言葉が悪いかも知れないが、すごい、めちゃくちゃな使われ方をしている。こんな使いかたかできるのか、するのか、というようなことがある。これと争うということではないが、超厚合板ができたなら、さらにこのような使い方ができるのではないかと、詳細をみれば、物性のすぐれた点がより多く含まれている、ということがある。そういう意味で、部材の小断面化などができれば、建築コストの低減につながっていく。その材料だけではなくて骨組みであり、建築の基礎にかかる費用というものも非常にウエイトを占めている。そういうところで、建物全体のコストダウンにつながるような使い方ができれば、将来魅力的であり楽しみであると個人的に思っている。今年度の試験について、エッジワイズをどうするか、弱軸方向はどうするかという議論はあるかと思うが、この先商品として出るときには、こういったものも整える様にすれば、設計者も非常に安心した捉え方ができる。事実、CLTに関しても、これは向きが違うのではないかとというような使われ方があり、設計者に聞くと、この面を見せたいという意図が働いていたり、これが適切な断面なのかちよつと疑わしい例もあつたりする。とにかく、安心して魅力ある商品として期待できる方法になるのではないかと思っている。

戸田委員:平野委員の話とだぶるところがあると思うんですけど、まず作りやすさ前提ではどういものを作っていくかを今年度やって、どんな性能を見出せるかというところにあると思う。ゴールを考えると住宅メーカーが飛びつくみたいなのはどういう風なものになっていくのかなというところがすごく興味がある。構造性能のよさがまず前提にあると思うんですけど、その構造がさらにいいとか、それとプラスして副次的に性能が表現できるとか、住宅メーカーさんに多く使ってもらえる、というところをゴールにしていくのが一番だと思う。作りやすさが前提にあるとは思いますが、目的を見失わないで進められたらと思う。

杉本委員:私に求められているのは評価だと思う。平野委員や戸田委員の発言を聞いて、超厚合板をどういう風に使うかということ考えた。非住宅の用途で、合板ガセット接合とか接合部の利用ですね。それから、材料が大きくなるとハンドリングが大変だと思うのであまり大きな材料を目指すのがあるのか、あるいは、非住宅なので、全部重機で持ち上げて組み立ててという方向でいいのか、その製品の大きさのイメージはどんなものなのかと考えながらお話を聞いていた。非住宅で他構造との競争となると、床の遮音とか振動とかの性能アップを求められると思うので、そういうところに超厚合板が使えるとどれくらい性能があがるか、というのを考えながら、お話を伺っていた。

渋沢委員長:今のご指摘、実は大事である。重要なご指摘。日本ではあまりに大きな部材は道路交通法上動かすことができないので、ハンドリングと運搬を考えると、やはり上限の大きさが出てしまうわけです。それを現場でどうやって繋いで建物にしてくかというところはすごく大きな問題がありまして、我々はなるべく、例えば現場でも接着が許されれば、現場接着で構造的な接合ができるとすごくいいんですけども、現状では現場接着というのは建築基準法上、位置付けがきちっとされていません。剛性は見えていいけど強度はダメとかですね。そういうことが結構あるので、本当はそのユニットをどれくらいにするか、そのユニットを現場でどうやって繋ぐかというところで機械的な接合だけではなくて現場接着のようなものも併用できるようなところもちょっと考えていかなければいけないのかと思っています。部材の組立においては定着釘で打つ機械的接合よりも、接着を併用するとはるかに性能上がります。ですからそういう部分も含めて考えていきたい。

青木委員:最近のCLTの使用方法を見ると、全部CLTでつくる建物よりは、軸組構法やツーバイフォーの中にCLTを一部使うとか、部分的な使われ方が非常に増えてきている。設計者も意外に、全部CLTにするよりは、いろいろ組み合わせて、適材適所の使い方をやってみたがる傾向があるようだ。超厚合板も同じようなルートをたどることになるかと思うが、多様な使用方法に対応できるようなことを常に頭において研究項目を考えると良いのではないかと考えている。

榎本委員:接着接合の話が出たのでコメントする。現場接着は、基準法上は規定していないだけで禁止もしていない。実際に、集成材を現場で接着することはやられている。その接着の品質確保の

方が面倒くさい。現場加工の構造物は、木造に限らずやっていることであるが、現場でテストピースを作って試験をする。そしてテストピースの耐力値が出ていないようであれば、それなりの補強の措置をとる。岡山の銘建工業さんは、気楽にやっているということを伺っている。

超厚合板は基本的にはマスティンパー工法をめざしている。青木委員からも話があったが、マスティンパーだけで建てていくことが経済的かどうかは建てる人が考えればよい。マスティンパーの構造方法としては、CLTのパネル工法ができています。このCLTのパネル工法の技術基準に乗っかっていければ、実用化が速いのかなという気がする。ただ、一部性能値が違うので、その部分は超厚合板用に変えるべきというご提案があれば変えていく。告示を変えるのか、新たに超厚合板パネル工法というものを作るのかわからないが、これは国交省本省の判断になろう。

私個人としては、通常の合板、厚物合板は指定建築材料にしないで、超厚合板だけを指定建築材料として、大臣認定等を取って、もしくはJASを取って強度を出す。これまでの合板は基準強度がない。それに基準強度を与えることはいろいろハードルがあり、逆に製造基準を厳しくしてしまう恐れがないとも言えず、合板使用に大きな影響を与えかねないので、そこはいじらない。既存の厚物合板、構造用合板とは違う材料という位置づけにして、それを指定建築材料として基準強度を出す。その強度がCLTと見合う強度であれば、CLTパネル工法の構造工法の技術基準をそのまま使える。これは個人的な考えである。

渋沢委員長：議事の3番にも踏み込んだコメントを頂いた。示唆に富んだご指摘。今後合板がどちらを向いていくのかについて、超厚合板を契機として、今後構造で用いられる材料のあり方を考えていく必要があるのかなと考えている。私も、超厚合板に基準強度をもらうということと、通常の合板が構造計算に乗る材料になるということは、たぶん違うルートがあって、通常の合板に基準強度をもらうのは大変なことと思っている。JASに関してもその点を検討しながらいく必要がある。今後この委員会を中心に検討していきたいので、引き続きよろしく願います。

堀委員：今回の試験の単板厚さだが、剥いたときの厚さか、実際に貼りあわせるときの厚さか？

渋沢委員長：書かせていただいたのは、製品 25mm を9プライで等厚とするとこの製品になるということなので、等厚で剥いてください、ということになる。その時に何 mm で、というのはメーカーさんにお任せで、ご意見いただいたものから選ばせていただく。これは理論的にこう書いているだけであって、何を狙っているというものではない。

よろしく願います。

堀委員：わかりました。

渋沢委員長：補助事業の中ではそういう話になるが、別途森林総研のプロジェクトでも試験体の供試をいただきたいと思っている。そちらは、厚物合板の二次接着を考えている。

それぞれを分けてお願いするのは手間がかかるかと思うので、2つの事業の供試合板について、どのような形でご提供いただけるのか、あわせて後からご意見を頂くのでよろしくをお願いします。

8.1.2. 第2回委員会 令和3年1月26日

事務局:ただいまから、日合連令和2年度第2回技術開発委員会をリモート形式で開催いたします。皆様、年度末のご多忙のなかご参集いただきありがとうございます。皆様音声は大丈夫でしょうか。本日の資料につきまして、昨日ファイルをお届けしております。お手元にご準備願います。資料の確認は割愛してさっそく議事にはいりたいと思います。議事進行を洪沢委員長にお願いいたします。

洪沢委員長:皆様、年度末のお忙しい中お集まりいただきありがとうございます。では、お手元の議事次第に従いまして検討を進めたいと思います。議事次第の4の(1)超厚合板の開発についてというところで、まず初めに試験体を作成いただきました。その流れのところについて、資料3、4ですね、こちらを用いて概略をご説明いただければと思います。よろしくをお願いいたします。

事務局:それでは、セイホクの畑中委員、お願いいたします。

畑中委員:超厚合板の製造フローということで、図面の左側は従来の合板の製造の方法となります。レースの製作から始まって出荷までの一連の流れを、写真を付けて皆さまにお届けしております。右側が今回製造した超厚合板のフローとなります。レースからスプレッターまでは従来と同様となっております。その後、冷圧をかけたあとなんですが、通常ですとホットプレスにそのまま入るんですが、これを合板の厚みが厚いということで、高周波プレスにより熱圧を行っております。

もちろんライン、今までの合板のラインにつながっていないものですから、コールドプレス後にフォークリフトのほうで運搬をかけて、高周波プレスのほうに運んでプレスをかけております。その後、このような厚い合板をカットする機械がないものですから、通常、LVLをカットするためのランニングソーでのカットを行っております。もちろん合板の材面の検査も流すラインがないために、ここで写真にはないんですが、裏面を見るために1枚1枚、フォークリフトで持ち上げて材面の検査をしております。超厚合板の流れについてはこのような形です。

資料4ですが、高周波プレスの、接着のタイムスケジュールを載せております。高周波プレスの場合、ホットプレスとは違いまして中心から材料が温まってくるものですから、中心の温度が100度に達するのを計測しながら熱と時間を決めておりますので、このような材の状況によってもだいぶタイムが変わってくるのですけども、密度であったり含水であったりで多少、プレスの時間は変わってきます。それで、今回、製造に当たってのプレスタイムはこちらになっておるということです。以上、3、4の説明です。

洪沢委員長:どうもありがとうございました。ただ今のご説明に対しまして、もしご質問等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。

はい。どうぞ、青木委員。

青木委員:内容というよりは、やっぱり見て大変そうだなというのが感じたんですけど、実際作られてみて、その辺はいかがだったのでしょうか。

畑中委員:やはり手間は掛かりますね。コールドプレスから出て、通常、抜き取るようなラインにはなっていないので、そこから無理にフォークリフトで引き出してプレスに運ぶっていう手間はありました。それなので今後、超厚合板を作るに当たって、そういったライン化は必要なのかなと思います。

青木委員:今は技術開発の一番初期の段階なので致し方ないけども、いずれ実用化を見据えるんだったら、ちゃんとしたそのためのラインを考えなきゃいけないという、そういうことですね。

畑中委員:そうですね。

青木委員:ありがとうございます。

洪沢委員長:ありがとうございました。もし公開できるようであれば、その所感というか、作られたときのこういうところが問題とか、こういうところが要注意、みたいなことをご指摘いただければ、報告書にも入れたいと思いますのでよろしくお願いします。それから、頂戴している資料の3と4についてですね。報告書に載せて良い範囲をまた事務局のほうにお伝えいただければと思いますので、お願いいたします。

それと、私からもう1点だけ。高周波プレスで6mという長さが製造可能ということですが、実際に今後、この超厚合板の試作をお願いしていくときに、6m長さでお願いするというのは、どれぐらい大変なのかとか、あるいは、超厚合板ではちょっと製造は無理とか、もしそんなようなところがございましたらばお教えいただきたいと思うんですが、いかがでしょうか。

畑中委員:6mになりますと、どうしても単板の縦継ぎが必要になってきます。現在、設備しているレーズだと3mの単板までしか製作できませんので、今の段階ではさすがにちょっと6mっていうのは無理ですね。

洪沢委員長:ありがとうございます。もし、例えばLVLと同じように長手方向の単板を継いでいただいていいっていうようになった場合は、お手間は掛かると思うんですけども、お願いすることはできましようか。

畑中委員: そうなってきましたと、クロスの単板も6mの長さで一発で加工する機械がないものですか、手で並べるような形になってしまいます。

そうなってくると張り上げの時間なんかかなり掛かってきて、もしかするとそれで、張り上げの段階でタイムオーバーするような、接着剤が乾いてしまうとか、そういったことが起こってくるのかなと思います。

洪沢委員長: 分かりました。ありがとうございます。

青木委員: 今の件に関連して、いいですか。

洪沢委員長: 青木委員、お願いします。

青木委員: 今の話だと、例えばLVLのB種とかでも直交単板を入れると思うんですけど、その辺りもやっぱり手作業で入れているわけですか。

畑中委員: 現在、手作業で入れております。

青木委員: じゃあ、LVLぐらいだとまだ量も多くないからなんとかいけるけど、合板のように半分が直交層になると、ちょっと時間的なものが厳しくなる、ということですかね。

畑中委員: そうですね。

青木委員: はい、分かりました。ありがとうございます。

洪沢委員長: ありがとうございます。じゃあご発言、李委員、お願いします。

李委員: 以前にもお話が出ているかもしれないんですけども、今回使った樹種と、どういった樹種が対応できるのかについて教えていただけたらありがたいです。以上です。

洪沢委員長: ありがとうございます。すいません、じゃあ畑中委員、粗々ご説明いただければと思いますが。

畑中委員: 今回はスギの試験体を製造いたしましたけど、今回、後ほどたぶん出てくると思うんですけども、追加の試験体として、カラマツとヒノキを製造する予定になっております。やはり原木の事情がありまして、3mとか長い原木が取れるものであれば製造はできるのかなと思います。

渋沢委員長:よろしいでしょうか。はい、ありがとうございます。今回、単板の選別を、だいたいヤング係数の幅について、10と30の2水準で選んでいただいています。実は幅10で単板を選別するのは集成材と同じイメージですね。幅30というのはCLTと同じイメージということになっていて、そのときの性能のばらつきというか範囲がどれくらい違いうるかということを考えております。幅30で収めるという場合に、分布がどうなってるのかというところが1つありますけれども、30幅で収めるんだっただら下端を切るだけとあんまり変わらないような気もしまして、製造上、楽な方向が良いのかな、というふうに考えているところです。

このあと測定を実際にしていただいたものの速報を各機関からご説明いただきます。その中で、2つで差がどれくらいあったかというようなところを検討しながら、今後の狙う単板選別の在り方などを検討させていただきたいと思っております。あともう1点なんですが、今回、製造に使われた単板の、選別時のヤング係数のデータっていうようなものはいただくことは可能でしょうか。

畑中委員:一応、データの保存はしてありますので。ただ、どの製品にどの単板が使われたのかまではちょっと把握はできてないです。

渋沢委員長:ありがとうございます。それは結構です。全体としてどういう山だったのかっていうのがちょっと知りたいので、そちら、このあとよろしかったら私のところにおいでいただければ、統計的に計算した結果だけお示したいと思っておりますので、よろしく願いいたします。ありがとうございます。そのほかはいかがでしょうか。特によろしいでしょうか。はい、ありがとうございます。

それでは、今ご説明いただいたような形で、試作をいただきました超厚合板について、どういう試験を今しているかというようなところのご説明をいただこうと思っております。

まず、そうしましたらば森林総研のほうで今どんな段階にあるかというところで、最初に宮本委員からご説明いただきたいと思います。森林総研はまだデータ出すところまではいっていないので、今どういう段階にあるかということをお話することになると思っております。よろしく願いいたします。

宮本委員:はい。森林総研、宮本です。1月21日に弊所のほうにセイホクさんから無事、試験体が届きまして、今、接着の試験片については弊所で加工を進めています。来週中には第1便が日本合板検査会さんに渡せると思っておりますので、そこから、試験をやっていただくようなイメージのスケジュールです。あと、一緒に作成いただいた2次接着の曲げ試験体は弊所のほうの担当なんですけど、それは進めているところです。以上です。

渋沢委員長:ありがとうございます。試験体の到着が21日だったのですかね。で、現状、接着の試験体の加工を進めておまして、終わりましたらば日本合板検査会さんのほうにお願いすることになりますので、どうぞよろしく願いいたします。はい。森林総研の進捗は以上です。このあと実際の測

定が始まりましたら、測定状況の写真等をまた皆さんにご報告できますので、よろしく願いいたします。

それでは、次は水平せん断試験をご担当いただきました大西様、今日はオブザーバーとしてご出席をいただいております。ありがとうございます。概略のご説明をいただきたいと思いますが、よろしいでしょうか。

大西オブザーバー:宮城県の林業技術総合センター、大西です。年明けて1月の第1週に、実際に試験入りました。タイプとしてはおっしゃられた幅があるタイプと幅が狭いタイプと2種類。製造方法も一発で作ったものと2次接着の2種類。幅が144mm、厚が144mmですが、幅について144mmと40mm厚という、これはLVLのJASの試験方法ということで40mmでいただいて、試験終わりました。試験の状況なんですが、写真を事務局にお預けしてるんですが、見せられますでしょうか。

渋沢委員長:じゃあ事務局のほうで共有を。

大西オブザーバー:例えば2番とかどうでしょう。これ見えますか。そうですね、こんな感じ。これが実際にやった試験の状況です。曲率加圧板、あれは200なんです、JASに基づいてその数字で、厚みの1.5倍ということだったんで、こういうのがたまたまうちにありましたんで、この加圧板で加圧して試験実施しました。

この写真の右上のほうに、端っこのほうは段差あるのが分かるんですが、赤い線入ってるんですが、そこが水平せん断ということで、せん断破壊が起こってます。6番のスライドを。これがせん断破壊の状況です。次のスライド。ものによっては、このような形で曲げ破壊が先行したのもあってですね。ただ、物の本によりますと、曲げ破壊が起こってもそれ以上のせん断耐力があるということだったので、数字のほうの解釈については渋沢先生にデータをお預けしてます。渋沢先生のほうからコメントしていただくといいなと思います。以上です。

渋沢委員長:ありがとうございます。

大西オブザーバー:すいません、あともう1つ。この試験の機械の制約で、JASだと厚みの4倍ということだったんですが、今回4.5倍しか取れなくて、それで曲げ破壊がちょっと先行したのかなっていうのも見られたかなっていうのもありました。以上です。

渋沢委員長:ありがとうございます。迅速にお進めいただきまして誠にありがとうございました。今、データのほうをちょっと見ていただこうかなと思います。

こちらがいただいたデータになります。荷重方向ですね。平使い、縦使い。それらに対してこちら、破壊要因のほうを示していただいております。どうでしょうか、大西様、例えばLVLとかCLTみた

いなものに比べて、曲げ破壊が卓越してしまう数っていうのは多かったようなイメージがございましたか。

大西オブザーバー: やや多かったという感じはありますが、それなりにせん断破壊して、せん断破壊が先行したのが結構、裏割れしたところから、っていうような事例が多かったです。

洪沢委員長: ありがとうございます。なるほどですね。そうすると、ほかの水平せん断を適用している材料と比べると、特にすごく大きな違いはなかったというイメージですかね。

大西オブザーバー: 違いは見られなかったと思います。

洪沢委員長: ありがとうございます。それと、水平せん断をしているところが、先ほど見せていただきました写真ですと、中立軸よりも上のほうに寄っている感じがいたしましたけれども、ああいう破壊の場所っていうのは CLT や LVL と比べた場合に、何か特異的なことっていうのはございましたでしょうか。

大西オブザーバー: 弱点ですね。裏割れの部分が弱点になって、中立軸以外のところからもそこが先にせん断してしまうというようなことが見られました。

洪沢委員長: なるほど。それはあんまり CLT なんかでは出ない現象でしょうかね。

大西オブザーバー: どうですかね。どうなんですかね。私もあんまり。

洪沢委員長: 申し訳ありません。ありがとうございます。そう言いながら、こちら、数値を見ていただきますと、曲げで壊れたものとせん断で壊れたもので、せん断強さの数値自体は大差ない感じですね。

大西オブザーバー: やや強い、せん断破壊したものがちょっと強めの傾向というのは見られる。

洪沢委員長: そうですね。なるほどですね。分かりました。そうすると、例えば今回の試験条件を適用して測定された数値が、もし曲げが卓越していたとしても、測定される数値で安全側に近い判断なので、試験方法としては妥当であるという解釈でよろしいでしょうかね。

大西オブザーバー: 私の意見としては、そうですね、そうなりますね。

洪沢委員長:ありがとうございます。というところで、水平せん断試験に関しましては大西様のご尽力で終えておりました、いただいたデータの範囲からしますと、CLT や LVL と同様に、今回、超厚合板も水平せん断試験で、せん断性能の測定が可能であるということになるかと思えます。また、平使いの場合に、試験体幅が狭いものもやっていただきまして、ちょっと危ないかなと思っておったんですけども、無事、試験を終えていただきましてありがとうございます。こちらとのデータの差というのも、こちら、平使い、144mm の数値がこの辺りになります。この数値と、こちらの平使い、40mm の数値ですね。この辺りの数値で 1.5 前後ということで、まあまあ同じようなイメージかなという気がしております。

ということでよろしいでしょうかね。試験体幅については、JAS の規定の数値の範囲であれば良さそうだと。ただ、実際に試験を行う際には、幅が狭いと面外に倒れるようなことがありうるわけで、若干、危ないもんですから、試験体幅はやはり幅が広めのほうが、試験器容量の許す範囲で広く取るほうが良いのかなというようなイメージがいたしました。

大西様、申し訳ありません。そのほか、試験をしていただいたときに何かお気づきの点ってございましょうか。

大西オブザーバー:さっき裏割れの話もしたので。あと、曲げ破壊したのはやっぱり外層の単板のちょっとした欠点ですね、節とか。そういうのがちょっと、それを契機に破壊してしまったというのがありますね。

洪沢委員長:ありがとうございます。

大西オブザーバー:あと、最外層、あるいは2番目とか、そこら辺がちょっと、真ん中のほうにあるとそういう状況になりました。

洪沢委員長:なるほどですね。ありがとうございます。破壊形態の差異というのがやはり、欠点によるところが大きいということだと思いますが、数値的には妥当な測定値でありますし、破壊形態の差異によっても安全側の判断になろうというようなところで問題ないのかなというふうには思いました。はい。ありがとうございます。

このあと、水平せん断で測定される数値の意味みたいなものを今後、考えていかなければいけないくて、ちょっとほかの方法によるせん断強さの測定ということも、今後、次年度以降ですが検討していくのかなというふうに思っております。

なお、測定されましたせん断強さ 1.5 ぐらいってということになりますと、CLT と同等程度になっておりますので、そういう点では、せん断性能に関しては実用の範囲内にあるというふうに判断できるかと思えます。

というところで、今、大西様からご報告いただきました水平せん断試験の結果ですが、いかがでしょうか、皆さま。はい、じゃあ李委員、お願いいたします。

李委員:いや、それは今まさに渋沢委員長がおっしゃったとおりなんですけども、LVL でも同じことを議論してまして、このせん断テストは実際、何を測ってるのかということはLVLの中でも今、議論している最中のございまして、ちょっと、実際のせん断性能を出してるものでもないので、LVL の中では接着テストという意味合いが高いところなので、そこがちょっと難しいと思います。以上です。

渋沢委員長:ありがとうございます。今のご指摘、非常に大事なところで。この試験方法自体は、なんて言うんでしょうか、やはり品質管理の手法というふうに考えられるわけですね。短スパンで曲げ試験をする中央集中の曲げ試験をするというのは、単純に接着層にせん断力を入れるということがメインになりますので、単板の間の接着がどれぐらいできてるかを見てということに過ぎないと思います。そこに本来は単板の強度と接着の強度との兼ね合いで、このものの塊としてのせん断強度が出てくるはずなんですけれども、それをこの水平せん断試験は測定できているのかという疑問はわれわれもずっと持っておりまして。例えば CLT の場合は逆対象と呼ばれる、2点で支えて、2点、外側に振りだしてこういうふうに荷重をかける。ですから、こちら側の跳ね上がってる場所も押さえながら、ぐーっと入れますと、こういう変形をしていって、接着層に非常にきれいなせん断が入るというような、そういう試験方法も今、検討したりしております。

こうした試験の内容で、設計に使える数値がどう測れるかっていうところがちょっと悩ましいところで、今後、そうですね、青木委員なんかにはちょっとご相談をしながら、設計用の数値はどうやって導出するかということも別途、検討しなければいけないというふうに考えております。

渋沢委員長:はい。そのほか、いかがでしょうか。ご質問ございましょうか。よろしいですか。はい。ありがとうございます。

では引き続きで。青木委員のほうに現在の進捗状況のご説明いただきたいと思います。お願いします。

青木委員:はい。じゃあ資料共有します。皆さん、見えていらっしゃるでしょうか。

渋沢委員長:はい。大丈夫です。

青木委員:東京大学ではこの超厚合板の曲げ試験だけじゃなくていろんな試験やる予定なんですけど、森林総研と東京大学とでやる内容を少し分けていまして、われわれのほうはワンショット型ですね、こちらをやることにしていました。そちらの実験を先週の火水木の3日間でやってきましたので、その速報をお伝えしたいと思います。

この前半は、資料が昨日の夜ようやくできたところだったので、今日の配付資料に入れてないんですけど、それはちょっと申し訳ありません。試験体なんですけど、今回、検討したものです。単

板のヤング係数を2種類設定しまして、これちょっと単位が間違えてますけど、60 から 69 トン・フー
ース・パー・スクエアセンチのもの と 60 から 89 のものの2種類、2水準、設けています。その状態で
長手方向の単板を全部選別していただいて作ったということですね。原板は7枚作ったんですけど、
それを 100mm 幅にカットしていただいたということです。厚さはだいたい 145mm ぐらいということ
ですね。

単板の構成ですけど、樹種は全部スギです。仕上がったものを見ると、あんまり表面の研磨はし
てないのかなという感じがしたので、あんまり表裏層の、表裏層単板の分減りというか、そういうのは
あんまり見られなかったなという印象です。それから接着の条件は、これ先ほどの畑中委員のほう
で書いてあったとおりで、こんなような条件でやったということですね。この辺は先ほどの資料のほう
が詳しいと思います。

原板を7枚作っていただいたんですけど、その中で、どういうふうに木取りをしたかということで、東
京大学でこの曲げ以外にも、圧縮とか引っ張りとかせん断とかいろいろな試験ができるように、様々
な形にカットしていただいています。その中でこの濃い網掛けをした、このTBという符合が付いたも
のですね。これについて今回、実験をしていますので、各原板から1枚ずつは出るように選択して
います。この2本取っているところは、そのうち1本を予備試験的に最初にいろいろ測定器をいっば
い付けて、少しゆっくり目に加力して、どんなふうな性状を見せるかというのをチェックするためにや
ったのが1体含まれているということで、標準的な実験は各原板から1体ずつ、7体の実験ができた
という、そんなイメージで見ていただければと思います。

それから、実験するだけじゃなくて計算、平行層理論で曲げヤング・曲げ強度計算をして、その
計算値の比較をしたいというのもありましたので、こちらでは一応、その計算をしております。強度に
関して、この単板の曲げ強度、これはスギの曲げ強度が分かれば一番いいんですけど、そういった
データはあんまりありませんので、今回は JAS とかにも載っているエンゲルマンズプルースの曲げ
強度 44.8 に欠点係数 0.5 を掛けた 22.4 ですかね。これをベースにして計算をしています。それか
ら厚さに関しても、先ほどの製造時の単板厚さが熱圧縮のときに均等に、目標寸法 145mm ぐらいま
で比例的に縮んだというような全体で計算していますので、この辺りは実測の厚さとかに基づいて、
最終的には少し計算結果が変わってくるかなと思っています。

その計算結果ですけど、曲げ強度に関しては、この断面二次モーメントの比率を掛けて、12.45
ニュートンですね。それから曲げヤングに関しては、単板の選別をしていますので、この3段階です
ね。全ての平行層単板が6トンだった場合、6.9トンだった場合、8.9トンだった場合ということで計算
をするとこの右側の数値になるよということなので、この幅の中に実測が入っていればまあまあいい
のかなという、そんなふうに見ていただければと思います。

それから実験に関しては、構造用木材の強度試験マニュアルという、日本住宅・木材技術センタ
ーが出しているところですね。こちらは製材とか集成材の試験で使われている試験方法ですけど、そ
ちらを参考に実験をしております。試験方法はこの3等分点4点荷重方式ということで、厚さ 145mm
の 18 倍を全スパンとして、加力点のスパンを6倍という、そういう3等分点の加力方法ですね。こん
な状態でやっています。

この、今、今回は3等分点なんですけど、これをもう少し真ん中を狭めてやるべきかどうかとか、いろいろ事前に議論はあって、やはりせん断で壊れてしまう危険があるんじゃないとか、そういうご意見も森林総研からいただいたんですけど、取りあえずは標準的なやり方でやってみようということで、こういう3等分点でやっています。結果からすると、明らかなせん断破壊というのはなかったのですが、多少せん断の影響は含んだ形ではあると思うんですけど、数値的に極端に低いとかいう感じではないので、まあまあ大丈夫なのかなというところですね。今後、森林総研で練り合わせの超厚合板の曲げ試験をやられるので、そこも一応、同じ条件でやろうという話に今のところなっております。

寸法を測ったりした結果が載ってるんですけど、これは特に重要じゃないのでいいですかね。変位もいろいろ最初はいろんな測り方をしていました。それから、この画像計測みたいなものも、ひずみの変化を画像で追うみたいな、そんなこともやったりして、ちょっと研究的な要素も含めてやったりしています。この辺はいいですね。

それから実験結果ですね。荷重と変位の関係から曲げ強度と曲げヤングを出しましたということで、これはいわゆる教科書に載ってるような式が書いてあります。得られた結果、こちらに表があります。上にあるのがこの60から69の単板ヤングのほうですね。曲げ強度が、14ぐらいですかね。それから、見かけと真と両方ヤングを出しています。見かけだとどうしてもせん断の影響が含んだ値になるので少し低めなので、今回は真で見たほうがいいのかと思っていますけど。それから、下の表7が60から89のヤングのほうの結果ですね。全体的に少し高めの結果になっています。

それをグラフにしたのがこちらですね。上が曲げ強度、下が見かけのヤングになっています。それから、左側が60から69、右が60から89ですね。全7体、これ全部載っていますが、どれか1つが予備試験でやったやつなんですけど、全部合わせた結果になっちゃってます、ここでは。青いのが各実験結果で、黄色い線がその単純平均ですね。それから赤いラインが引いてあるのが先ほどの計算で求めた値になっています。なので曲げ強度に関しては、一部ちょっと下回っている、先ほどの計算を下回っているのがありますけど、平均で見ると十分上回っているということで、もともと計算に用いた単板の強度がスギの強度ではないものを使っていますから、これがいいのか悪いのかはちょっとあれですけども、一応こういう結果になりました。

それから下のヤング係数に関しては、これは見かけで見てるのでちょっと全体的に低い結果になって申し訳ないんですけど、60、69のほうだとちょっと計算値より下回るものが多いですね。これを真に直すともうちょっと上がってくるので、十分この理論値の計算の範囲に平均値も入ってくるはずなんですけど、ちょっとそちらの真のヤング係数のグラフが、学生はまだ作ってないようなので、すいませんがここまでしか結果がないということですね。先ほどのこの表の数値と見比べていただければ。こっちか。真の曲げヤングは平均で3.9ですね。それから60、89のも4.4ありますので、十分その範囲には入ってるかなということですね。それから、この荷重変位曲線、これはちょっと単純にグラフを並べてるだけなので、ちょっと割愛します。

破壊状況。この加力の中心の軸の部分、スパンの中央、それから加力点があった部分というこの3本の線が写真の上に引かれています。破壊した場所は、だいたいこの純曲げ区間のどこかで壊れるか、あるいは加力点のちょうど真下ぐらいですかね。この写真なんかは加力点のちょうど真下ぐ

らいで壊れていますけど、そのどちらかで壊れているという形でした。これがもう少し外側のほうに破壊が入ってきたりするとちょっとよろしくないなという感じなんですけど、まあまあ加力点の内側に収まってる感じでしたので、それほど変な壊れ方はしていないかなと。一応、全て曲げ破壊と言っ
ていいんじゃないかというような性状でした。

一番下の裏面っていうんですかね、下面って書いてありますが、ここにまったく節がないようなものもあれば、ちょうど節のところは起点になって破壊が進んだのかなと思われるようなものもありました。それから、通常の薄い合板で実験するときと違うなと思ったのは、結構、変形性能がそれほどないということですね。合板の実験をすると結構たわむような印象があるんですけど、このときは変位が、見かけの変位というのかな。全体の中央のスパンの変位がだいたい 50mm 前後ぐらいでもう破壊してしまうという感じですので、比較的、変形性能に乏しいといえますか、直線的に線形でずっと荷重が上がって行って、一番裏面の破壊が起きると一気に荷重低下するという、脆性的に壊れるようなものが多かったというところですね。この写真なんかはちょっと節が起点になった可能性があるという感じですかね。はい。

という感じで、全部で各2水準7体ずつで14体の試験しかしてませんので、これだけのデータでまだ何か結論じみたことは言えないと思うんですけど、取りあえず速報的な結果としてご報告したいと思います。以上になります。

洪沢委員長:ありがとうございました。それと、このヤング係数の赤線が2本あるところの、上の線は先ほどの平行層理論で出したものですかね。

青木委員:単板のヤングが範囲があるので、全部 60 で計算するとそのライン、全部 69 だと上のラインっていう、そういうような感じになってます。なのでこの間に入ってくるといいのかなというところはあるんですけど、このグラフだと今、見かけでやっちゃってるので、ちょっと下めになってしまってるということですね。

洪沢委員長:そうですね。厚物合板ぐらいまでは、実は見かけと真のヤング係数の大小関係って決まらないんですよ。見かけのほうが高くなっちゃう場合もあるんですね。

青木委員:そうなんですか。

洪沢委員長:それぐらいせん断の影響が少ないっていうことだと思うんですけども、先ほどご説明にもあった、すごく変形が大きくなるっていうもの場合は、なんでしょうね、曲げの大変形理論みたいになってるので、ほぼほぼ純曲げに近くなってる解釈なのかなと思います。厚物合板で構造用合板の1級の試験方法を取ると、スパンが 45t になるので、そういう試験の場合にはあんまり、なんて言うんですかね、明確な傾向は出ないようにも、経験的には思います。

青木委員:ありがとうございます。

洪沢委員長:なので、今回は 21t だから。

青木委員:18t です。

洪沢委員長:18t か。そうですね、ごめんなさい、18t なので、せん断がちだったかもしれないですね。破壊形態的に本当に水平せん断で、木口のほうまでばーんと亀裂が入るような試験体はなかったということですね。

青木委員:それは1つもないですね。

洪沢委員長:なるほど。分かりました、ありがとうございます。

青木委員:合板の試験というよりは、やっぱり集成材とか LVL の試験だなというような感触を持ちながらやっていたね。

洪沢委員長:ありがとうございます。そうですね、あとは、ちょっと伺いたいところとしては、brittle な雰囲気ということでしたけれども、比例限荷重が最大荷重のどれぐらいであったかということもちょっと知りたいんですけども。

青木委員:ほぼこういう、直線で一気に壊れるという感じなんですよね。

洪沢委員長:そうですね。このスケールの荷重変形関係を見ちゃうと直線に見えますけど、数学的にいったらどの辺まであるかっていうのがちょっと知りたいところですね。

青木委員:そうですね、ちょっとその辺は、このあと詳しく分析してもらいます。

洪沢委員長:経験的には私も、CLT なんかはやっぱり brittle なんですよね。線形に、なんて言うんですかね、ぐーっと変形してて、ぱきっと折れちゃう。塑性変形があんまりない感じで、それはなんでしょうね、直交層があるからなのかな、ちょっとよく分からないですけども、そういう傾向はあったりするんで、ここでもどれぐらいだったかなっていうのはちょっと知りたいところですかね。

青木委員:そのときの初期の傾きというのは、よく洪沢委員長が言われてる、最も傾きが高くなるような最小二乗近似を取るだったり、あるいは 0.1、0.4とかそういう、構造分野ではよくそういう単純なやり方をやったりしますが、なんか最適な方法とかはありますか。

洪沢委員長:私が合板なんかの解析で使ってるのは、最小二乗法近似したときの係数が最大になる範囲っていうのを取ってます。傾きが最大になる点っていうのは、荷重変形関係をS字に近似したときの変曲点付近になるので、傾き最大って取ると、だいたい0.4とか、あの辺が妥当になっちゃうんですね。

下端の、なんて言うんですかね、荷重に対しての変形が進んでる部分をどうネグるかっていう話になりますけど、この直線と見なせるところを一番相関係数が高くなるところまで伸ばしていった点っていうような取り方をすると、一番、直線としての近似性が高いところを取れると思うので、そういうような解析を私は普段、しています。

青木委員:ちょっと参考にさせていただきたいと思います。

洪沢委員長:やり方はまた個別にご相談しましょう。

青木委員:はい。

洪沢委員長:ありがとうございます。何より良かったのは、18t で測れたっていうところですかね。

青木委員:そうですね(笑)。

洪沢委員長:ありがとうございます。これを見ても、どうでしょう、60 から 69 と、60 から 89、平均値の差は。

青木委員:なんとなくの印象だと、ちょっとやっぱり60 から 89 のほうが全体的に性能が高いなというような、やっぱり感じましたね。

洪沢委員長:なるほど、そうですね。そうすると、場合によると60 以上、and better としちやっったほうが平均値はもっとぐっと上がるんですかね。

青木委員:そうですね。そうなると思います。

洪沢委員長:ただ、試験体の数をもっと増やしていくと、下限値は下がっちゃうかもしれないですね。

青木委員:そうですね。

洪沢委員長:その辺の議論も少し、このあとできるといいかなと思っております。

青木委員:はい。

洪沢委員長:ありがとうございました。お待ちくださいね。建研の樋本委員、出席いただいているかと思うんですけども、いかがでしょうか。あんまり十分なデータがないんですけど、なんかサジェスションというか、いただければと思いますが、どうでしょうか。

樋本委員:すいません、今日、先約があって10時半からだったので全部、話が聞けてなくて、分かっているんですけど。

洪沢委員長:なるほど。申し訳ありません。

樋本委員:ちょっと思ったのは、マスティンバーを目指しているわけですよね。なので、曲げの試験はもちろん必要じゃないとは言いませんが、そこそこにして、接合部の耐力をどういうふうにするか、取れるか取れないか、ここがやっぱり一番ネックなので、曲げの試験のあと、早く接合部の試験に入ればいいのになと思いつながりながら聞いていました。

複数:(笑)。

青木委員:それは次年度以降やる予定です。

樋本委員:ですね。スケジュールがありますよね。

洪沢委員長:申し訳ありません。

樋本委員:あとは、だからこれ、2次接着してるんですけどっけ？

青木委員:いえ、これはワンショットです。

樋本委員:結局、合板の、そういうことになれば超厚合板の許容応力度っていうのは出さなきゃいけないので、そうしたときにどういう理論式を考えるかっていうと、単板の弾性係数をCLTみたいに比べてやるのか。それともアウトプットコントロールでこの曲げ試験、実際の曲げ試験をやってやるのか、それとも単板の品質と曲げ強度の関係みたいなものを結び付けていくのか、その3つの方法のどれを取ることを念頭に試験をしているのかなというのを思いましたが、どれですか。

洪沢委員長:どこを狙えるのかをこれで見極めていきたいんですけども。

槌本委員:だろうなと思って聞いてました。

洪沢委員長:個人的には、単板選別は超音波でやって、水平せん断で接着の確認をできたら等級みたいなものが決められていくといいなっていうふうに思ってるんですけども、果たしてそれぐらいの、なんて言うんですかね、厳格な線引きができるかっていうのが、ちょっと今のこの試験データを見てると結構ばらつきあるなっていうところで、どうしてこうかっていうところをこれからですね。

槌本委員:ですよ。ラミナのように狭い範囲でコントロールがしにくいのが単板の特徴だと思うんですけど、そうすると曲げ試験はそこそこやって、もうかなり安全を見た下押さえをしておいて、たぶんマスティンバーで曲げがクリティカルになるような設計って基本的にはないんで、そんなに重要じゃないんですよ。梁に使います? まぐさとか。そこに使うんだったらそうなんですけど、まぐさは集成材を入れようかっていう感覚が僕にはありますけど。だとすると、曲げはそんなに根を詰めてやってもしょうがないので、早くせん断とか、材料のせん断試験も必要ですし、接合部のせん断試験とか引張試験とか圧縮試験、こういうものに労力を使ったほうが、資源、経済的資源にも限りがあるでしょうから、効率的かなというふうに思って見ていました。

洪沢委員長:ありがとうございます。

槌本委員:いいですか、そんなので。すいません、全部がつかめてなくて、適当なことを言って申し訳ないです。

洪沢委員長:ありがとうございます。とんでもないです。今のところ単板選別を60から69っていう集成材型と、60から89っていうCLT型で、取りあえず2つやって、その差がどのぐらいあるかなを見ているところなんですけど、思ったよりあったっていう感じです。

槌本委員:そうですね。60~69、今見えてるのが集成材型で、60~89がCLT型。

洪沢委員長:右側です。どちらですか。

青木委員:60~89のほうの単板がどのぐらいのものが入ってるのかっていうのが分からないですよ、その分布とかね。だから意外と高いのばかりが集まってるっていう可能性もあるわけですよ。

樋本委員:これは、だから平行層理論の理論値に対する割合で、だいたい合ってるんじゃないんですか、平行層理論と。いいじゃないですか。もう、これで僕はオッケーだと思いますけど。

洪沢委員長:思いのほか、せん断の影響はなかったかっていう感じですね。

樋本委員:そうですね、裏割れがあるわりにね、直交層のね。

洪沢委員長:ですから、この前に水平せん断試験について宮城の大西様からご説明をいただいたんですけども、そちらは意外と曲げが卓越してるっていう結果が出てたんですけども、この試験で見ると、まあまあ18tで測れてるなっていう感じがちょっとしています。このあと試験体をもっと増やしていくと、どういうものが出てくるか分かんないんですけども、なんとなく18tでいいのかなっていう感じではあります。

樋本委員:これ、スギでしたっけ？

洪沢委員長:そうです。

樋本委員:スギね。やっぱりスギで、なんて言うのかな、やっぱり品種によって差があるので、スギで押さえていくのは大変だろうな。理論の検証はスギじゃなくてもいいような気がするな。難しいな、これは。

洪沢委員長:このあと、今、追加で製作をお願いしてるのがヒノキ、カラマツがあって、そちらのほう。ただ、スギをメインでやらないと、林野庁さんの事業でもありますし、まず入り口はここでさせていただいていると。

樋本委員:当然、それはそうですね。

洪沢委員長:確かに将来、規格とかを考えたときに品種の差をどう考えようかっていうのはなかなか悩ましいところで。アウトプットコントロールにしてしまえば考えなくてよくなりますよね。ただ、それを品質管理の手法としてできるかっていうところを考えていくと、どこかで折り合いをつけなきゃいけないなと思っておりまして。この先にはきっと外層ヒノキ、外層スギとか、やっぱりそういうものも出てくると考えると道のり遠いなっていうところですけども、だんだん検討していきたいと思っております。

樋本委員:外層ヒノキもあるかもしれないですけど、スギでもいいので、たぶん30層20プライとか、そんなのが出てくるんじゃないかなと思うんだけど。

洪沢委員長:そうですね。

樋本委員:逆か、10層30プライか、20層30プライ。逆だ。

洪沢委員長:そうですね。

樋本委員:そういう感じがしますけどね。

洪沢委員長:おっしゃるとおりですね。構成をどれぐらい考えるかですね。

樋本委員:あとは品質というか、品種のばらつきは、集成材とかの場合にはやっぱり全部、全数検査、弾性係数を全部測ってやってるので、メリガードの全数単板検査っていうのはありうるのかどうかのような気がしますね。それができるのであればそれでやればいいのかなど。ただ、コストはむちゃくちゃ掛かりますよね。ラミナを走らせるグレーディングマシンよりも高いですよ。高いっていうか、手間が掛かりますよね。そうでもない？

洪沢委員長:そうですね。これは、0度方向単板は全部グレーディングしていただいて通してるので、作ることはできると思います。

樋本委員:それは恒常的にやってコストがっていうことを考えると、どうなんですか、分からないんだけど、まだじゃあ。

洪沢委員長:そうですね。それはセイホクさんに振っちゃうとかかわいそうなので、私の思惑で言うと、やはり生産量との兼ね合いという部分と、はねた単板を何に使えるかっていうところもあると思いますので、例えば2級の構造用に使うとかってというようなイメージでいくと、それなりに今後、コスト的な部分っていうのは検討ができていくんじゃないかとは思っています。

樋本委員:あとはだから、製造方法になっちゃいますけど、内層と外層の弾性係数を分けるとか、そういうことも可能なんですかね、ライン的に。結構それは合板の場合には難しいですよ。

洪沢委員長:そうですね。

樋本委員:そこでいくと、そのはねられたのが内層に使えるかなと思うんですけどね。

洪沢委員長:そうですね。現状は層数がすごく多いので、スタックするところの分け方とかっていうのは非常に難しいと思うんですが、その辺りは、だんだんこういう製品がメインになっていけばそれ

用のラインの設計っていうことも出てくるでしょうから、現状は、あれもある、これもあるの中で1個ずつちょっと影響因子をつぶしていきたいなと思ってまして、現状のこの2つの分け方の差異が見られるようになったならば、単板選別はこの次元でいくということを固定化していったら、それに対して接合部性能であるとか、めり込みのようなものもだんだんそろえていってってというようなイメージかなと思います。

ほぼ CLT のときと同じような進み方になりますけれども、やっぱり仕様を決めて総当たりでやっていって、この仕様については使えるようにして、と、こうしていくのかなっていうふうに思います。

榎本委員:遠い将来かどうか分かりませんが、CLT パネル工法の構造方法の技術基準、という名前にしてしまったことを後悔しています。集成材パネルとか LVL パネルも使えるはずなので、データがあればですけどね。それをどうやって呼ぶかという検討を国交省指導課にしてくださいというふうに申し入れたのが先週、うん？ 先月ぐらいかな。なので、僕の腹案としては、マスティンバー工法の構造方法の技術基準っていうふうにして、材料のところでは CLT が筆頭にあるんでしょうけれども、次に集成材とか LVL とか、それから DLT とかそういうものもありますよね。その中に、間に合うようであれば合板も入れられれば。

ただ、そのときに接合部のデータとかそういうのがないと突っ込みにくっていうのがあるので、何年後になるかは分かりませんが、それに合わせていただけると話が早いかなという感じはしますけどね。どうなるかは分かりませんが、私の腹案ですからね、今のマスティンバー工法の技術基準っていうのは、指導課が材料ごとに作るって言うかもしれないし、よく分かりません。

複数:(笑)。

榎本委員:そんなことやったらパニックになるぞと思ってのんですけど。CLT パネル工法、という名前を後悔していますというご報告です。

渋沢委員長:ありがとうございます。材料ごとは非常によくある方向だと思うんですけども。とにかく設計に載せるところまでの必要なデータをまずは一本道で出していく方向で、そこから製造方法を広げたいと思っています。このあとまた来年度など、引き続き検討させていただきたいと思っていますので、またご助言のほうをよろしく願いいたします。

榎本委員:よろしく願いいたします。

渋沢委員長:ありがとうございます。そうしましたら、今、青木委員のほうからデータのご説明をいただきました実験関係はこんなところですかね。お願いしてる範囲はこの辺だと思いますので、また引き続き、データが出てまいりましたらご報告をさせていただくということになるかと思っています。

試験体については、スギのあと、ヒノキ、カラマツも試作をお願いしております。まずは作るところがどうなんだっていうところを押さえるところが本当の入り口だと考えておりますので、この試作をするということ自体が研究であると。特に、カラマツとかヒノキとか樹種が変わったときの、例えば接着剤の浸透性が違っていけば可使時間というか、アッセンブリータイムが違ってくるということもありうるというようなところで、樹種が違った場合にどうなるってというようなところを、今年は製造のところまでの範囲をきちっと押さえたいというふうに思っているところです。

このあとデータに関しましては、先ほど榎本委員からもご指摘がございましたとおり、だんだん蓄えていく方向で進めていきたいと思っておりますのでよろしくお願いいたします。今の実験のほうですね、まだデータが出てる部分が少ないんですけども、ほかにご質問等はいかがでしょうか。ごさいましょか。よろしいですか。ありがとうございます。そうしましたら、超厚合板の関係のほうは、以上となります。

8.1.3. 第3回委員会 令和3年2月15日

事務局:定刻になりましたので、第3回技術開発委員会を開催いたします。本日は今年度最後の委員会になります。コロナ禍の中、前回同様Web会議形式で開催いたします。先日東北地方で大きな地震がありました、皆さんご無事でしたでしょうか。さて、資料はすでに皆様のお手元にお届けしてあります。出席者名簿のうち、キーテック・李委員は欠席となっておりますが、本日ご出席いただけることとなりました。その他の資料確認は割愛させていただきます。さっそく、進行を渋沢委員長をお願いしたいと存じます。よろしくお願いいたします。

渋沢委員長:よろしくお願いいたします。先日の東北地方での地震につきまして、被災された皆様に御見舞い申し上げます。議事次第に基づき、議事を進行いたします。最初に超厚合板に関してですが、それぞれの試験実施機関での現時点での状況についてご報告願います。最初に東京大学青木委員の説明を求めます。

青木委員:第2回委員会で概略をご報告した後、その際に報告したものを少し細かく分析しているところということで、追加の実験はその後しておりません。今ちょうど学生が卒論を発表するところなので、新しい試験をやっている余裕がなく、それが終わって一段落したらその他の試験の検討を始めようかなという、そういう状況になります。以上です。

渋沢委員長:ありがとうございます。引き続きご検討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。後ほど事務局からご案内があると思いますが、事業の履行期限までになんらかの形で取りまとめをお願いすることになりますので、具体的な中身についてはまたあらためてご相談させていただきます。

青木委員:了解です。

渋沢委員長:ありがとうございます。続きまして、森林総研宮本委員から概略のご報告お願いいたします。

宮本委員:超厚合板の接着試験を合板検査会さんに依頼して、進めているところです。簡単ですが途中経過をまとめましたので、資料を共有いたします。

接着試験経過報告と書きました。試験体が1月21日に弊所に届きまして、その後、弊所で加工して先月末、検査会さんにお送りしました。接着試験の内容ですが、単板積層材のJASに書いてありますけど、CLTや集成材と同じような試験のイメージです。冷水浸漬剥離試験、煮沸剥離試験、減圧加圧剥離試験の3種類ですね。これらは、処理を行って、接着層が剥がれたかどうか剥離の率を見るというような試験であります。それぞれの試験はいずれも処理を2回繰り返して、LVL、CLTもそうですけど、使用環境Aという評価になるイメージです。比較対象として2次接着品も試験を行っています。

試験体の採取位置ですが、お送りいただいたワンショットの3×10判の中から、水色のところは青木委員の曲げ試験体となるんですけども、この赤い印が付いたところですね、この1枚目ですと端っこの部分、それから2枚目ですとやや中通り、真ん中辺りというように、採取位置をばらすような形で接着試験体を採りました。

この黄色の両脇は前回の委員会のお話でありました、宮城県林業技術総合センターさんで行っていただいた、水平せん断試験に回っているというようなマッチングの状況です。それで、赤いサイズが200mm×900mm×厚さという寸法なんですけど、それがこの真ん中の写真のような形です。その中から接着試験片を採ります。接着試験片のサイズは75mm×75mm×厚さということで、今回、時間の関係等で試験体の数は限ったんですけども、この左にあるような、6カ所で試験3種類、かける片というようなところで、各枚から採るような形としました。

煮沸剥離試験は済んでいて、減圧加圧、それから浸漬試験を進めているところがそうです。試験の様子がこのような状況で、煮沸を行って、煮沸処理後はこのような試験片の状態。浸漬処理、あと乾燥処理を行ったということで、この乾燥処理が終わったあとに接着層の剥離を見るというような状況になります。今回、41層ありますので、判断も大変だったんじゃないかなというふうに思っております。

試験の結果について、生データですけども、試験片が全部で16あります。上の8個が、1Lとありますけれども、これが単板選別の60から69のグレードになります。それからHというのが60から89のグレードの製品となります。

ここでは剥離率を見るんですが、まず、同一接着層の剥離長さというのがありまして、列が5列です。見えていると思いますが、これが、列の数が層の数ということで、実際は41列分、判断されているということです。その中で、例えば一番上は41層とも剥離がなかったので0となります。それからこ

の赤い印が付いているところは4層分、剥離だろうというのが見られたので、その剥離長さが書いてあります。

結論から申し上げますと、単板積層材の判断基準をそのまま適用すると、まず同一接着層で接着長さの4分の1、というのが判断基準になるんですけれども、そこに1つ剥離があるようなところがあったということですね。ただ、全体の剥離率は、右から2列目に示したとおり、極めて低いということで、ここで今回の接着が良かったかっていう判断が1つできるのと、これからこの評価方法を当てはめていっていいのかどうかというようなところですね。使用環境Aということになりますし、今までの合板であれば特類という判断をどういうふうに併せて考えていくかというようなところも踏まえて今回の結果を検証していく必要があるかなと思います。

実際にこのピンクの部分ですね、ちょっと剥離があったかなというところの試験片の写真なんですけれども、ちょっとお分かりいただけますでしょうか。この印が付いているところだった層なんですけれども、全部直交していますので、単板の端っこの剥落がそもそもの試験片の状態でも起きやすかったということと、試験の最中に落ちてしまったということで、本当に接着層の剥離と見分けが付きにくいところが結構あったそうなんです。ですので、その辺りも踏まえて、今後、評価をするときの注意点といいますか、課題までいきませんが、そのようなことが起きるといようなことが分かったということになります。

同様に、参考までに、2次接着品も同じように試験を進めています。同じように全体の剥離率はそんなに高いものではなくて、今のLVLのJASでいけばいずれもオーケーだったといようなことになります。この赤い印の同一接着層のところは、今申し上げたように、このように、もともとの剥落もあったのかなということが多くて、一応、今回は剥離とカウントした、ということになります。

途中報告ですけど、以上になります。

渋沢委員長:ありがとうございます。いかがでしょうか、今ご報告いただきました内容に関してご質問等ございますでしょうか、いかがでしょう。

黄委員:LVLの場合、当然、接着層は多いので、剥離試験をやりますけれども、例えば普通は合板という定義になると、引張試験しかやらないですね。今後、引張試験は考えておられますか。

宮本委員:今回は試験体と時間の都合もあったので、引張せん断はやっていません。しかし、いずれ一度は試して、どういうふうにこれから評価していったらいいのかというのは判断したほうがいいかなと思っています。

これは以前もお話したかもしれませんが、水分の影響で接着が剥がれるということと、もう1つはその状態で、接着強さ、強度的な部分で見たいという、その両方の側面が接着としてはあるものですから、その辺りを今後、超厚合板でもどうしたらいいかというのを検討する必要があるかなと思っています。

黄委員:分かりました、以上です。

洪沢委員長:ありがとうございます。そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。私からちょっとご質問をお願いしたいんですが。ざっくり考えると、今回、いわゆるワンショットも2次接着も、それから単板選別にもよらず、おおむね良好な接着は得られていたという判断でよろしいですかね。

宮本委員:そうですね。おっしゃるとおりです。

洪沢委員長:ありがとうございます。あとは、この良好な接着が今回の剥離試験の結果、得られていたということ、要求性能と結び付けていっていかってというところ。それからもう1つは、品質管理の試験ですので、基準値をどう置いていくかというところが次のステップとして考えなければいけないというふうに思います。やはりその過程では、合板なので、できれば接着せん断試験を行って従来の合板との比較ということもしたいんですが、層数が多くて大変なものですから、その辺りをどう考えていくかということと、あとは、そもそも試験体の大きさを幅 25mmに刻んでしまっただけの意味があるのかとか、いろいろと検討をしなければいけないのかな、と思っています。その辺りいかがでしょうか。もし今後、こんな感じで進めたいというような方向性みたいなことがありましたらご教示いただきたいんですが、いかがでしょうか。

宮本委員:そうですね、やっぱりあそこから小さい引張せん断試験を取るのはかなり大変だと思います。ですから一度は検証するとしても、なんか別の手段がないかとかですね。実際、JAS に取り入れるかどうかは別ですけども、例えば CLT の実験なんかでは、ねじりせん断といって、同じような試験体をぐるっと上と下でつかまえてひねったりとか、強度までいかないですね、強さ的な指標みたいなものがあるといいなと考えています。幾つか試してみる必要があるかなというふうに思っています。

洪沢委員長:ありがとうございます。ねじりせん断は、試験体をどうつかんでどう回すというのが難しいですが、理論的には、ねじりせん断は、層内せん断を表現できる試験方法ですので、いい試験方法かなと思いますね。棒状にするのか、平たいものをねじってもいいのかとか、そういうようなところもあるのかなという気がします。

先々の話ですけども、ほかの材料と同じ試験方法を使った場合に、合格の基準値が、直交層が入っていることで低くなる可能性があるわけですね。そのことが、何か要求性能に対する保証性能の水準が低く見えてしまうのは嫌だなって気持ちもありまして、そうすると少し違う試験方法で何か担保してみるようなイメージも技術開発の中では検討してもいいのかなと、個人的には思っております。今後ともどうぞよろしく願いいたします。

この試験は、合板検査会さん、大変お世話になりました。尾方さん、どうもありがとうございました。

尾方オブザーバー:なかなか試験の進捗が進まず大変ご迷惑をお掛けしております。私も直接試験の状況を見に行くこともできなくて、大したコメントもできなかったんですけど、1つだけ、最後に宮本委員からご提示のあった、2次接着で剥離が多く出ていた試験体なんですけれども、2次接着の試験体で剥離が出やすい場所として、2次接着をした平行層に接するクロス単板のところで剥離が起きる例が多いみたいです。クロス単板、要するに直交単板の品質でかなり出やすい・出にくいというのが大きく出ているような感じがあったというふうに、試験をやった担当者と今朝打ち合わせしたところ、言っておりました。

やっぱり特に直交単板の品質をある程度上げるということになると、かなり厳しいことになるんだろうな、製造する上では厳しいことになるんだろうなと思いますが、1つのヒントにはなるのかなと思いました。以上です。

渋沢委員長:ありがとうございます。直交単板は特段、通常と変えた選別みたいなことはしないで製造をいただいたと思いますので、実際はワンショットと2次接着で、直交単板の品質は同じと考えていいかなと思います。今日は畑中委員、出ていらっしやいますでしょうか。もし何かコメントがございましたらお願いしたいと思いますが、いかがでしょうか。

畑中委員:直交層の品質に関しては特段選別したわけでもなく、ほぼ共通だと考えております。

渋沢委員長:ありがとうございます。そうすると2次接着品は、平行層が入ってくることでそもそもの寸法変化みたいなことが抑えられて、それに隣接する直交層が剥がれやすくなったということも、予測としては考えられるのでしょうか。

尾方オブザーバー:数がこれだけしかありませんので、断定的なことが言えるような話ではないんですが、そういった点は、見受けられたような気が少しする、というぐらいかなと思います。

渋沢委員長:ありがとうございます。そうしましたら、今のご指摘を念頭に置きながら、もう少しデータを蓄えていきたいというふうに思いますので、引き続きどうぞよろしくお願いいたします。

それでは、あと、実験的な部分といたしましては、ワンショットの対照になります2次接着のほうの曲げ試験、こちらについてはまだ着手ができておりませんので、このあと着手をいたします。今年度中にどこまでご報告できるか分からないですけれども、次回、次年度の技術開発委員会ではまとめた形でのご報告ができると思いますので、引き続きよろしくお願いいたします。

というところで、超厚合板、そのほかいかがでしょうか。

堀委員: 今回の試験体は全て同じ接着剤で作られたと思うのですが、2次接着になると接着剤が変わる可能性というのがあると思います。その辺りは、今回の結果もあると思いますが、違う接着剤で試してみるとか、そういったこともお考えなんでしょうか。

洪沢委員長: ご指摘ありがとうございます。今回は無理をお願いして、接着剤の違いを排除しようということで非常に試作にはご負担をいただきました。今後は、可使時間が長いとかハンドルがしやすいというようなことを考えていくと、異なる接着剤を検討する必要があるのかなと思っております。

できましたら次年度も引き続き超厚合板の検討は進めたいと思ってございますので、その折にはぜひこんな接着剤とかこんな樹種とかございましたらご提案をいただいて、試験体の幅を広げて実施したいと思っておりますので、ご協力どうぞよろしく願いいたします。

堀委員: はい、分かりました。ありがとうございます。

洪沢委員長: そのほかいかがでしょうか。来年度になりますと森林総研で大きな曲げ試験ができる装置が整備されますので、世の中がどうなっているかということはあるんですけども、できましたら実験の風景なんかも公開をさせていただいて、直接見ていただけないようであれば、動画のようなもので皆さんに見ていただけるようなことも考えたいと思っておりますので、どうぞよろしく願いいたします。

では、超厚合板のご報告、以上でよろしいでしょうか。ありがとうございます。

8.2. 荷重変形関係等生データ、測定風景・破壊形態等写真

8.2.1 超厚合板の曲げ試験データ

試験を実施した2つの仕様、全16体分の試験体の実験データを掲載する。掲載しているデータは、各試験体の物性値と、曲げ試験により得られた荷重変位曲線および破壊性状についての結果である。1つの試験体につき4頁の構成となっている。各頁に掲載されているデータは以下のとおりである。

1頁目は、各試験体の物性値である。加力前に測定した重量、寸法、含水率、縦ヤング係数および重量と寸法のデータから算出した密度の結果と、曲げ強度、見かけの曲げヤング係数および真の曲げヤング係数の実験値をまとめている。寸法は、試験体の幅、厚さ、長さをそれぞれ測定した。幅と厚さは試験体の中央と両端の3点の測定結果の平均値を示す。含水率は、高周波式水分計を用いて測定を行い、試験体の中央と両端の3点の測定結果の平均値を示す。縦ヤング係数は、縦振動法を用いて1次振動数から算出した結果を示す。曲げ強度および曲げヤング係数は、実験で得られた荷重と変位の結果より計算をした値を示す。

2頁目は、中央と加力点の荷重変位曲線の結果である。中央の変位は、図8.2.1-1に示すように破壊までの変位を測定するための巻込型変位計 DP-5000E (No.4) と弾性域の変位を測定するための高感度変位計 CDP-100 (No.1) の2つの変位計を用いて測定を行った。巻込型変位計は、試験体の厚さ方向の中央に取り付けたビスにワイヤーの先端を繋いだ。高感度変位計は、試験体下面に測定点の先端を当てて測定した。巻込型変位計の結果を『中央ワイヤー』に、高感度変位計の結果を『中央』にそれぞれ示す。加力点の変位は、高感度変位計 CDP-100 (No.2, 3) を試験体下面に測定点の先端を当てて測定を行った。測定の結果は、『右加力点』と『左加力点』に示す。

3頁目は、支点のめり込みと中央部分の表層単板のひずみの荷重変位曲線およびひずみの結果から算出した中立軸の位置の結果である。支点のめり込みは、左右の各支点につき試験体の表面と裏面の2箇所 (No.5~8) で測定を行い、表裏の変位の平均値を示している。測定の結果は、『右支点めり込み』と『左支点めり込み』に示す。試験体中央部分の表層単板のひずみは、図8.2.1-2に示すように、試験体の上面と下面に1対取り付けたひずみゲージ (No.20, 21) によりそれぞれ圧縮ひずみと引張ひずみを測定した。圧縮ひずみを負の値、引張ひずみを正の値として表している。また、圧縮と引張のひずみのどちらが強くなるかを検討する指標として、両者の絶対値の差を取った値をひずみ差として算出した。圧縮ひずみ、引張ひずみ、ひずみ差の結果を『中央ひずみ』に示す。さらに、ひずみを応力に置き換え、圧縮応力と引張応力が線形に分布している仮定のもとで、圧縮ひずみと引張ひずみの結果から中立軸の位置を算出した。中立軸の位置は、試験体の厚さ方向の中心からの距離で表し、中心と中立軸が一致する場合を0、中立軸が中心より上面側に位置する場合を正の値、下面側に位置する場合を負の値として表している。結果は『中立軸』に示す。

4頁目は、試験体の破壊性状の写真データである。各試験体の破壊部分について試験体の表側面、裏側面、下面、上面の写真を示す。各面について、破壊部分の全体を写した写真と詳細を写した写真を示す。破壊部分の全体を写した写真には、破壊した場所を明示するために中央と加力点の位置を表す赤い三角印を記入している。

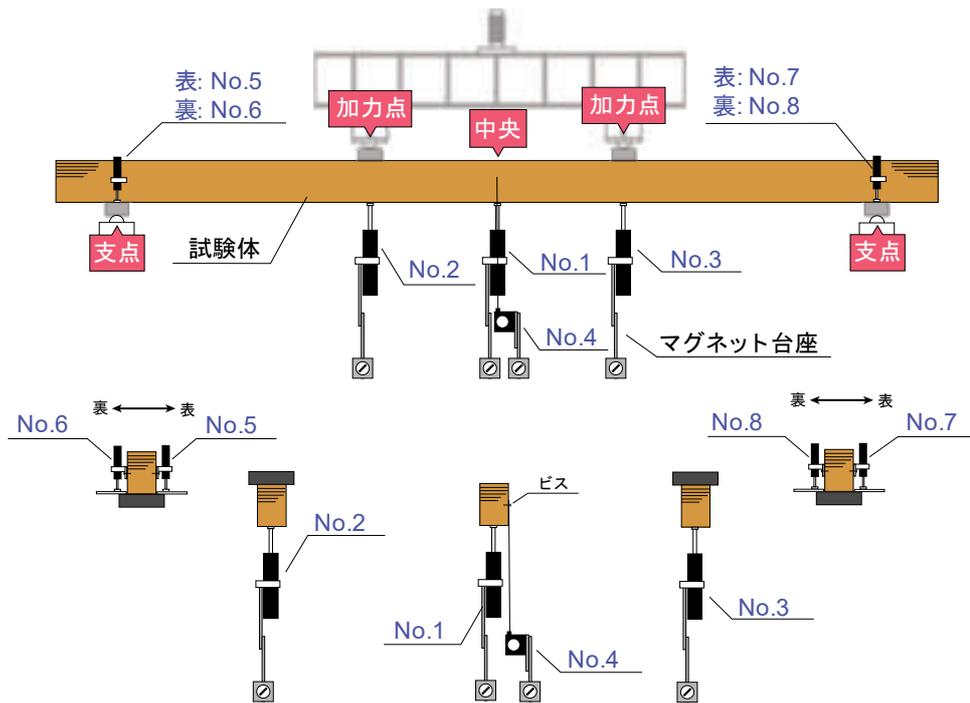


図 8.2.1-1 変位計の取り付け位置（側面からの図と、各測定点での断面図）

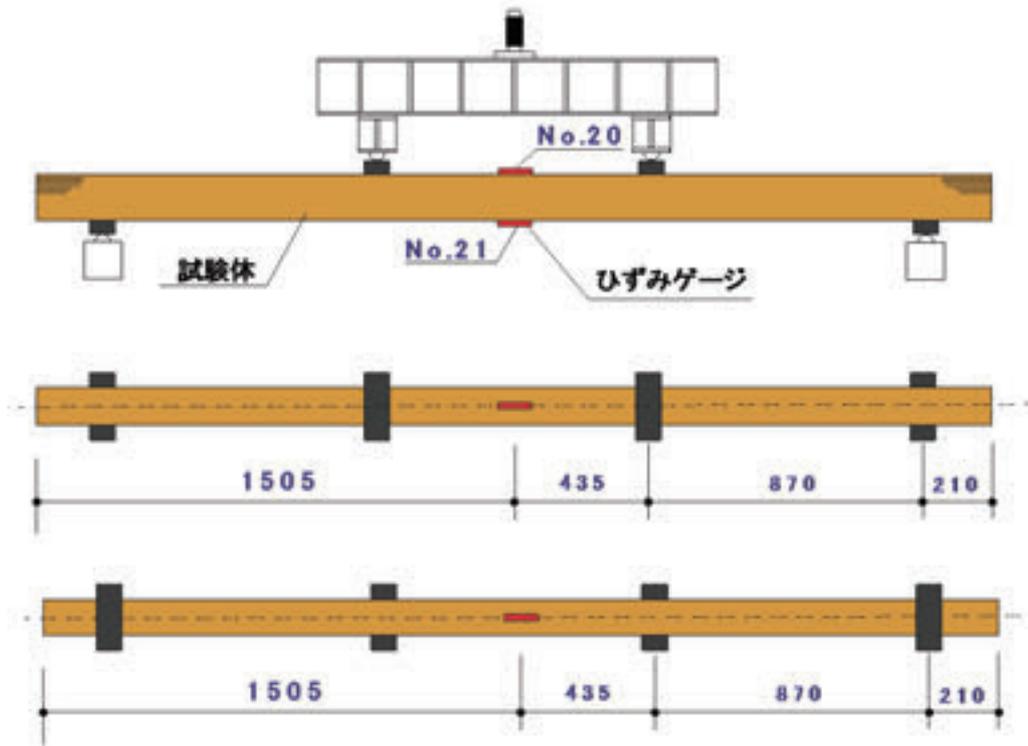


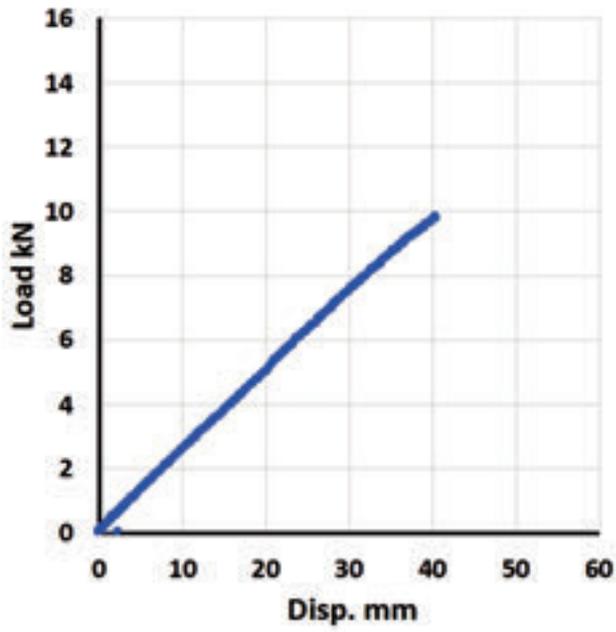
図 8.2.1-2 ひずみゲージの取り付け位置（上から順に、側面、上面、下面からの図）

(1) TB-02 60-69 試験体

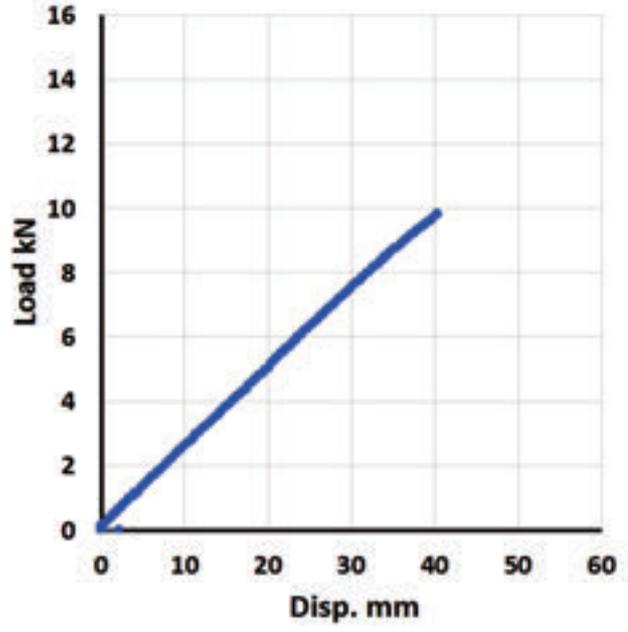
試験体の物性値データ

重量		18200	g
寸法	幅	101.24	mm
	厚さ	146.01	mm
	長さ	3031	mm
密度		0.406	g/cm ³
含水率		4.87	%
縦ヤング係数		3.74	kN/mm ²
曲げ強度		11.797	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		2.932	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		3.505	kN/mm ²

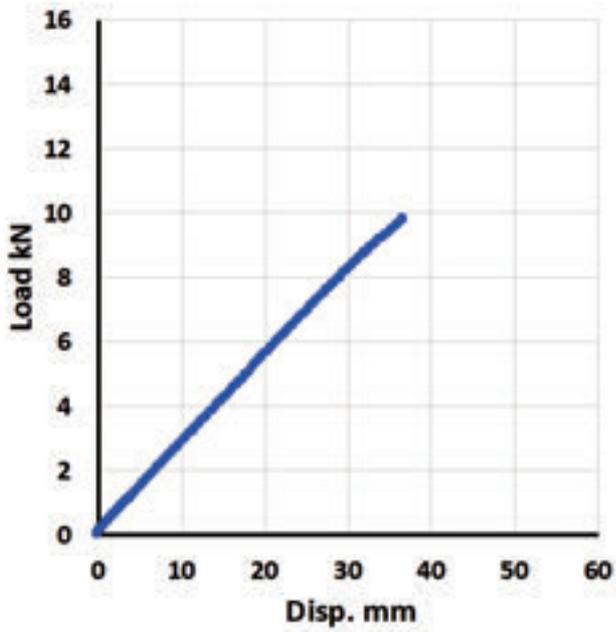
TB-02 60-69 中央ワイヤー



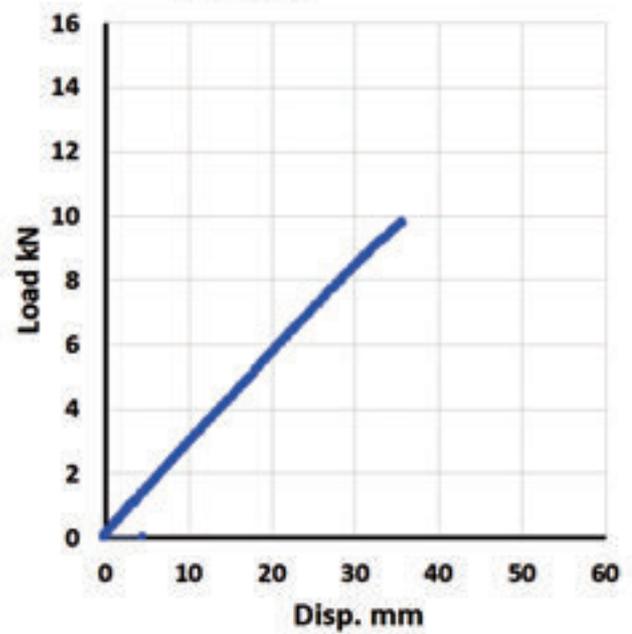
TB-02 60-69 中央



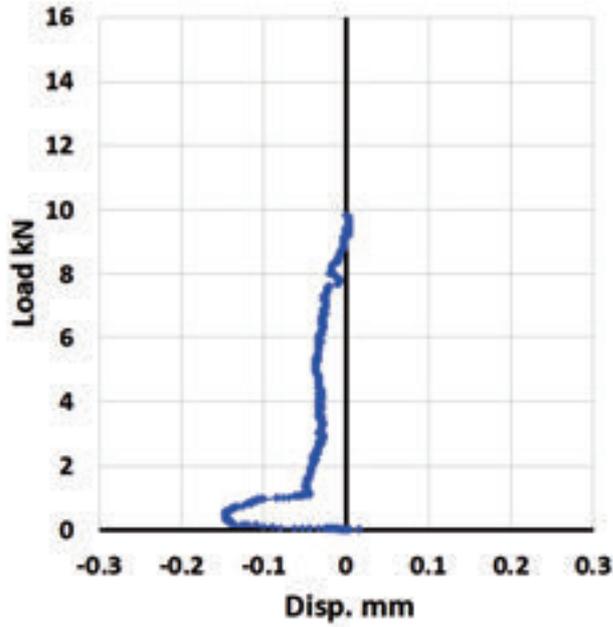
TB-02 60-69 右加力点



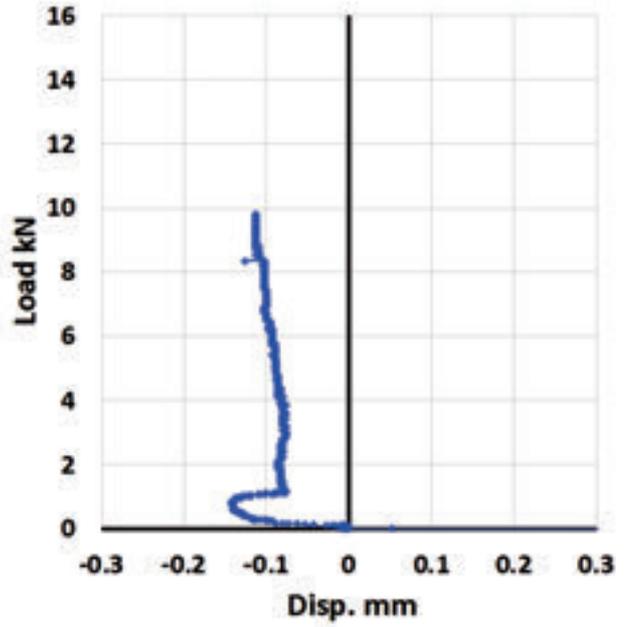
TB-02 60-69 左加力点



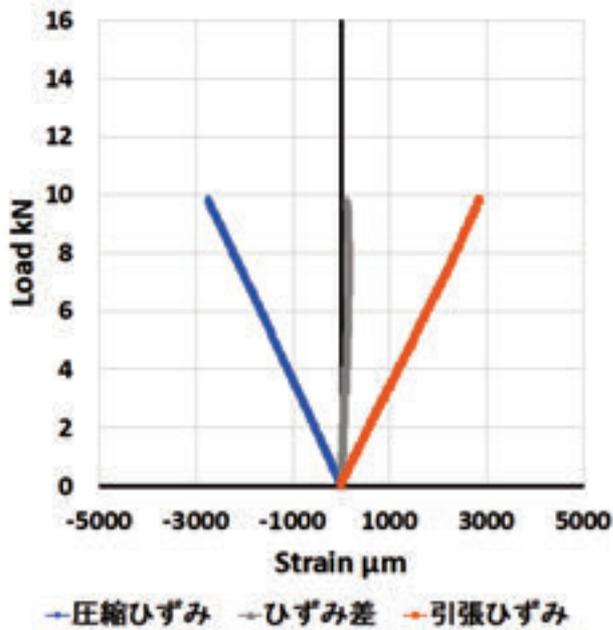
TB-02 60-69 右支点めり込み



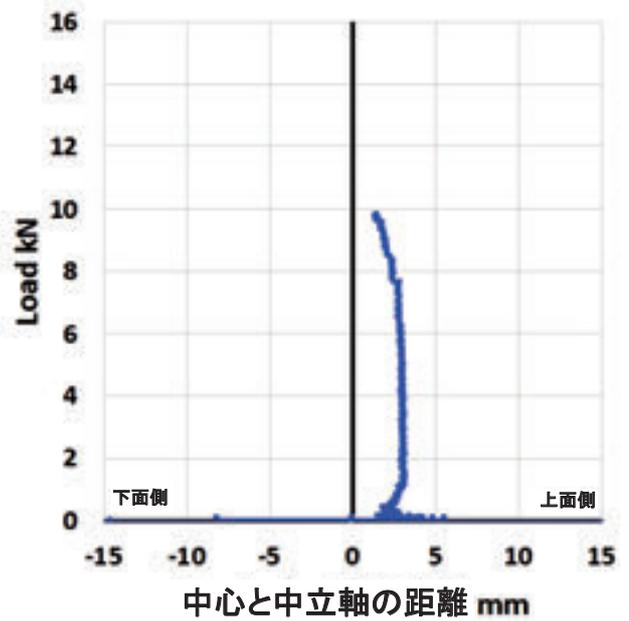
TB-02 60-69 左支点めり込み



TB-02 60-69 中央ひずみ



TB-02 60-69 中立軸

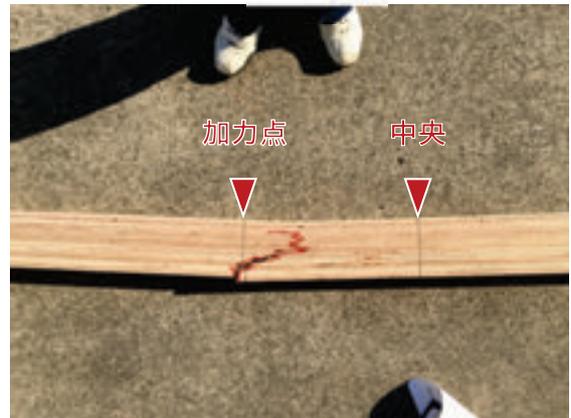


破壊性状 (TB-02 60-69)

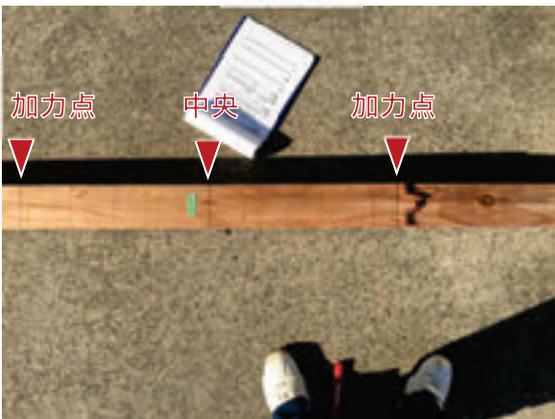
表側面



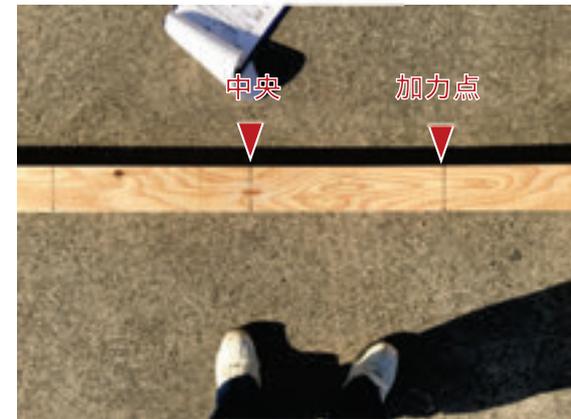
裏側面



下面



上面

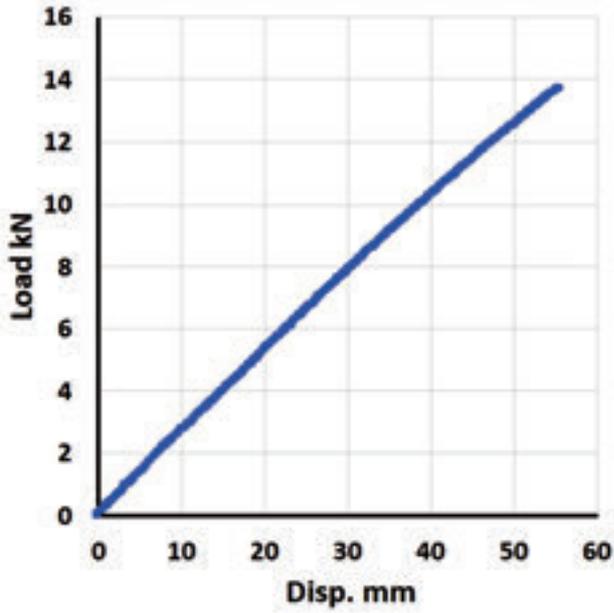


(2) TB-04 60-69 試験体

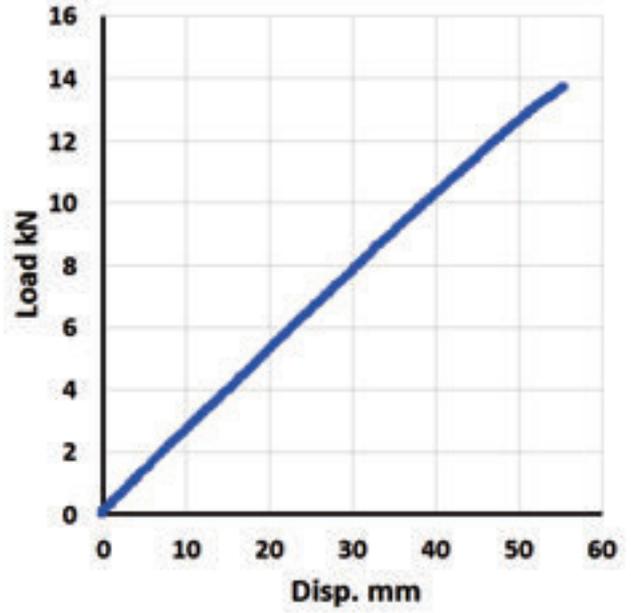
試験体の物性値データ

重量		17800	g
寸法	幅	100.75	mm
	厚さ	145.56	mm
	長さ	3031	mm
密度		0.400	g/cm ³
含水率		4.7	%
縦ヤング係数		3.93	kN/mm ²
曲げ強度		16.735	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.127	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		3.757	kN/mm ²

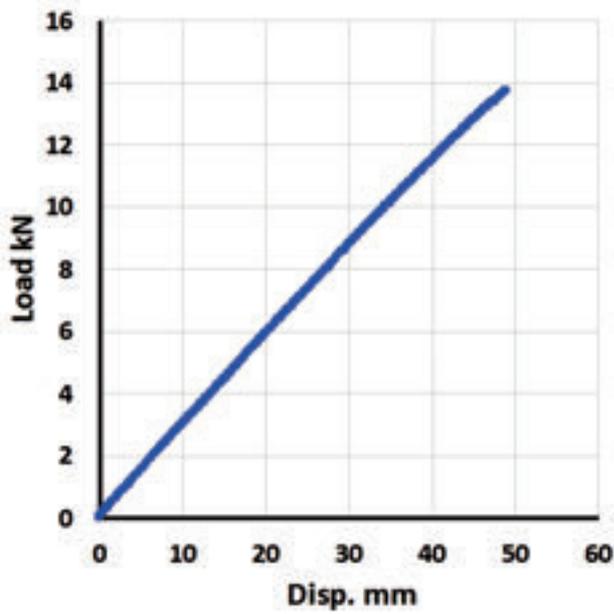
TB-04 60-69 中央ワイヤー



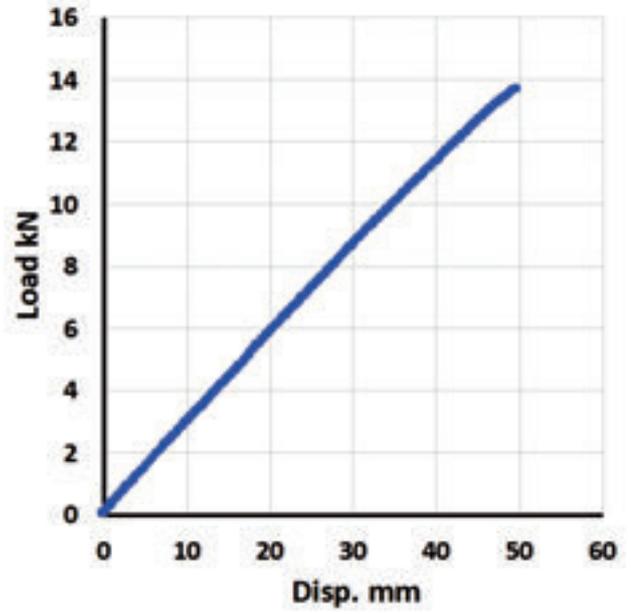
TB-04 60-69 中央



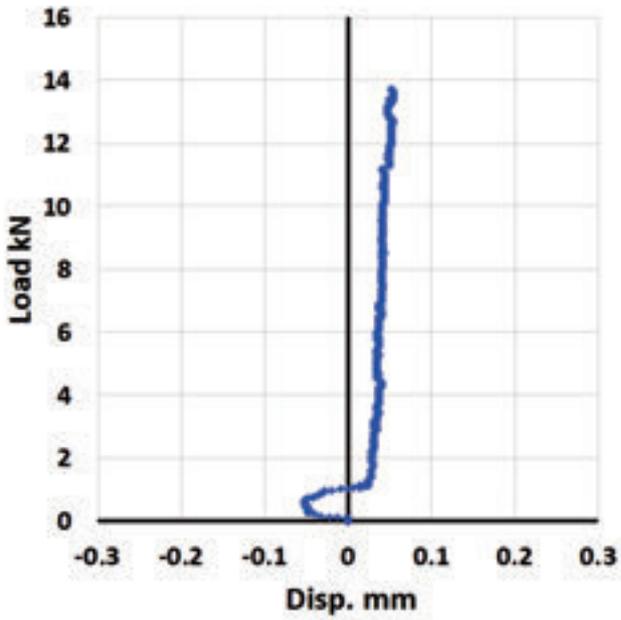
TB-04 60-69 右加力点



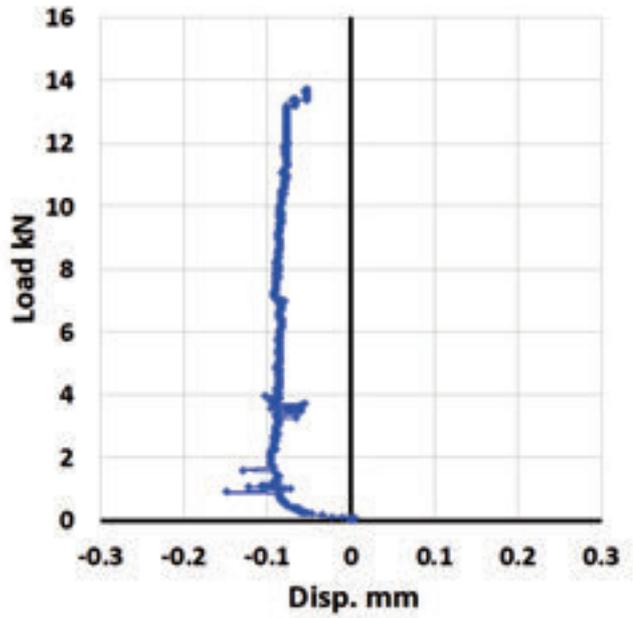
TB-04 60-69 左加力点



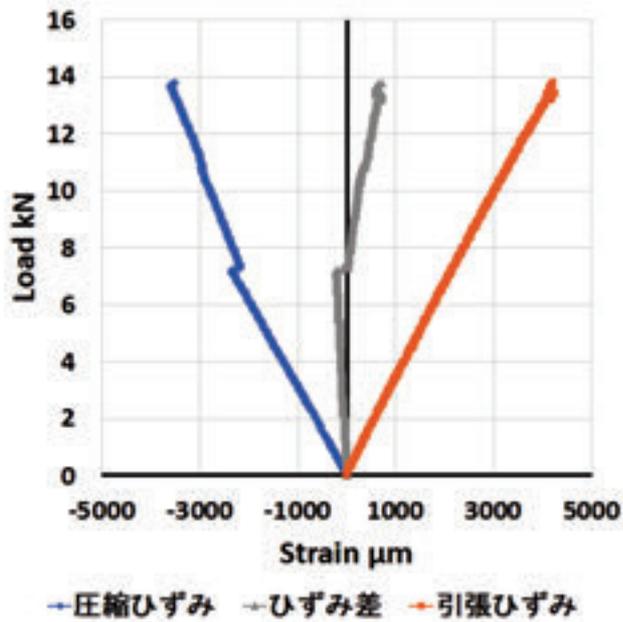
TB-04 60-69 右支点めり込み



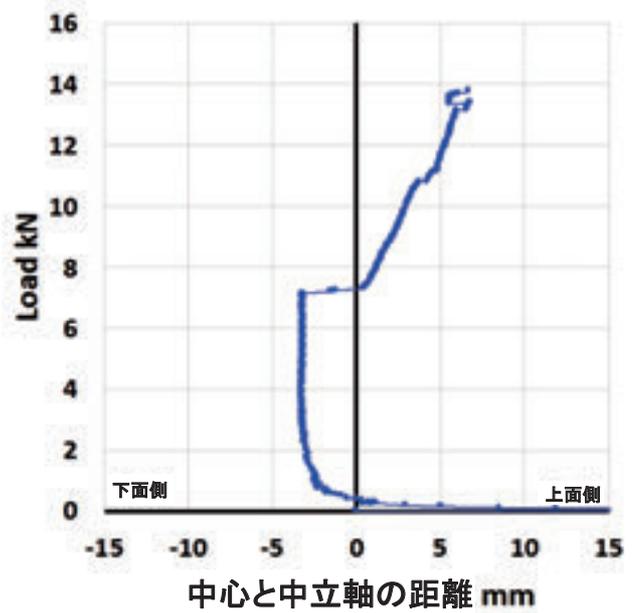
TB-04 60-69 左支点めり込み



TB-04 60-69 中央ひずみ

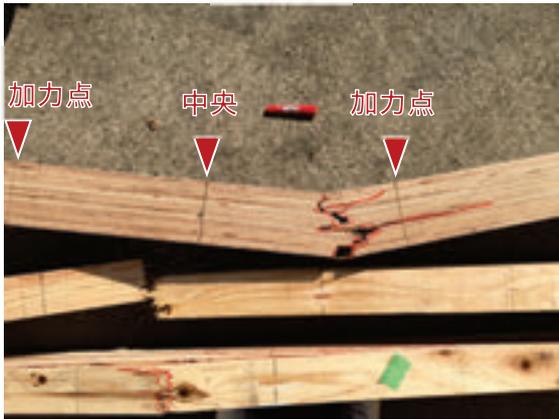


TB-04 60-69 中立軸



破壊性状 (TB-04 60-69)

表側面



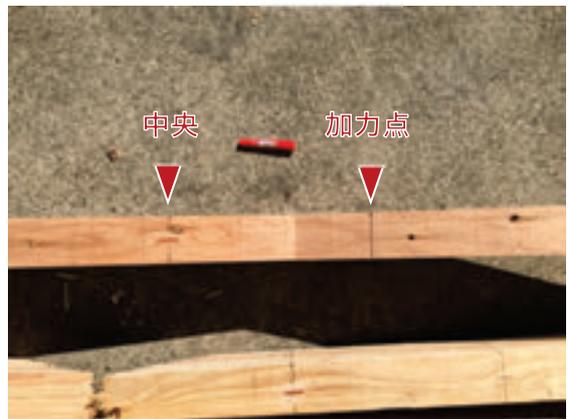
下面



裏側面



上面

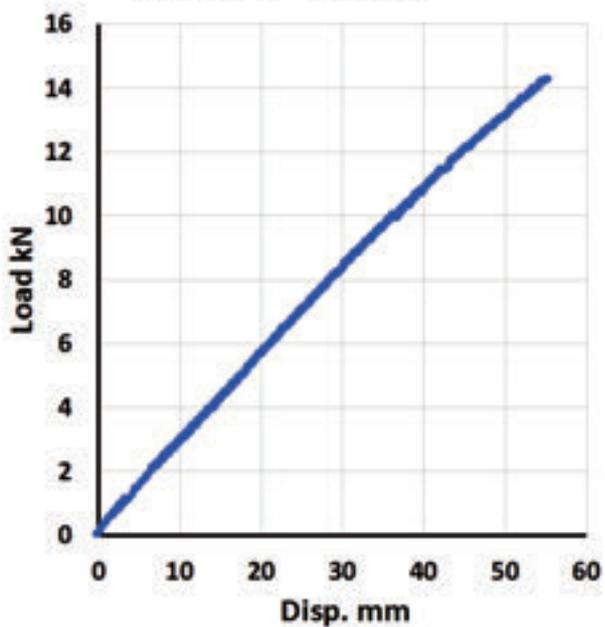


(3) TB-06 60-69 試験体

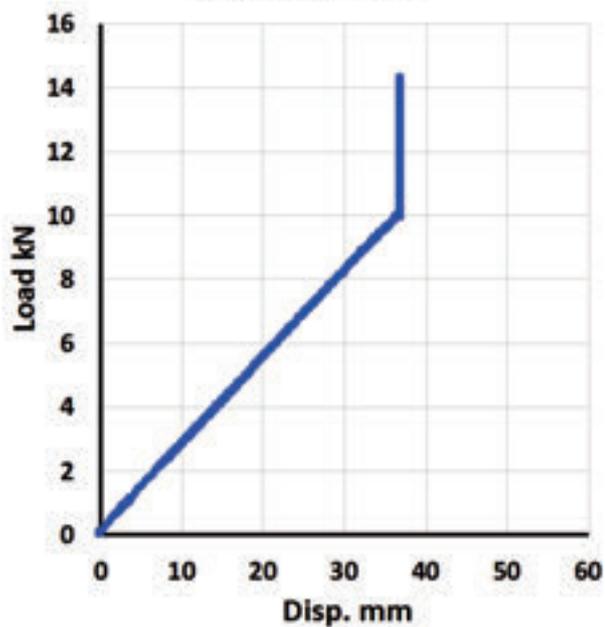
試験体の物性値データ

重量		182400	g
寸法	幅	100.57	mm
	厚さ	146.20	mm
	長さ	3030	mm
密度		0.409	g/cm ³
含水率		5.13	%
縦ヤング係数		4.185	kN/mm ²
曲げ強度		17.222	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.256	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		3.900	kN/mm ²

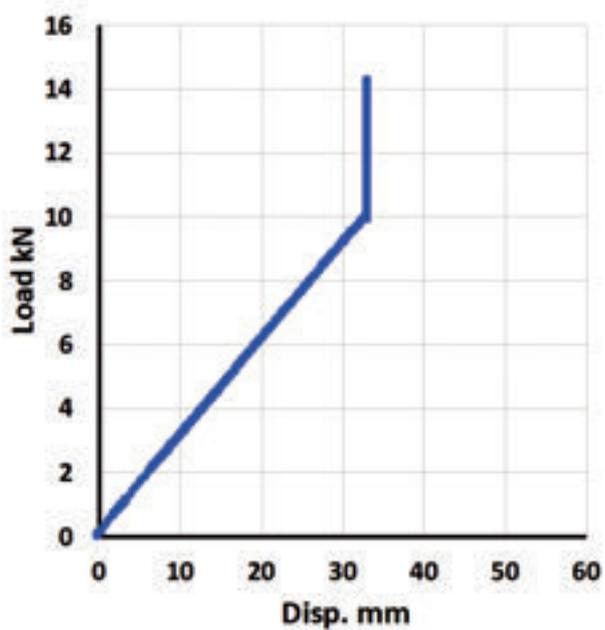
TB-06 60-69 中央ワイヤー



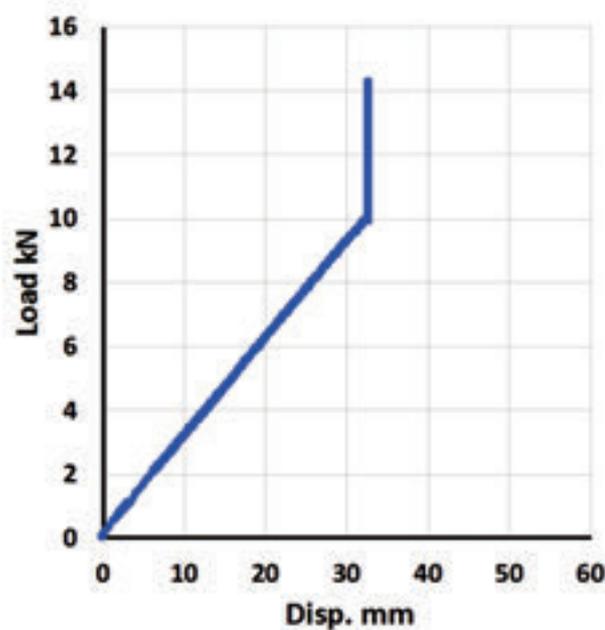
TB-06 60-69 中央



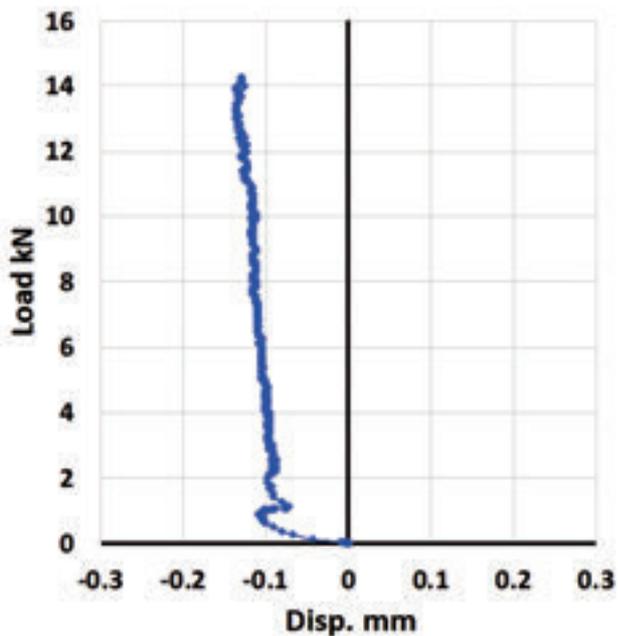
TB-06 60-69 右加力点



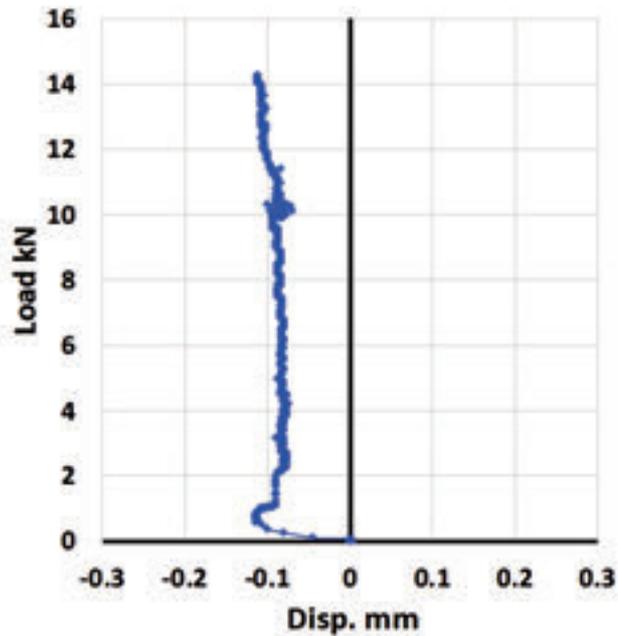
TB-06 60-69 左加力点



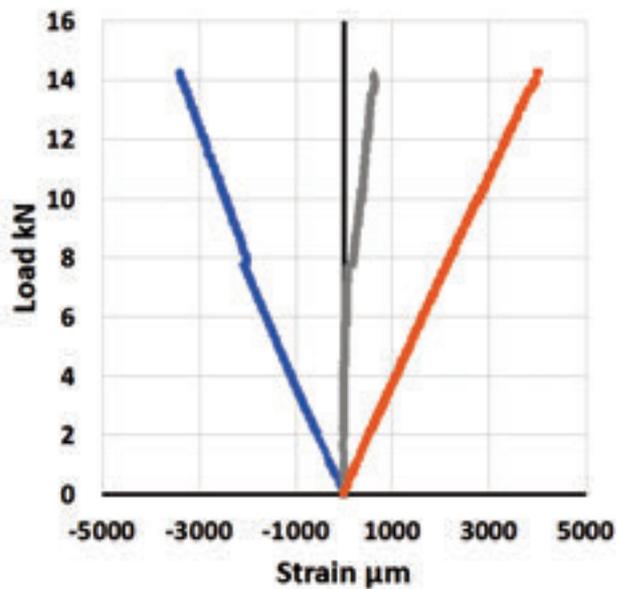
TB-06 60-69 右支点めり込み



TB-06 60-69 左支点めり込み

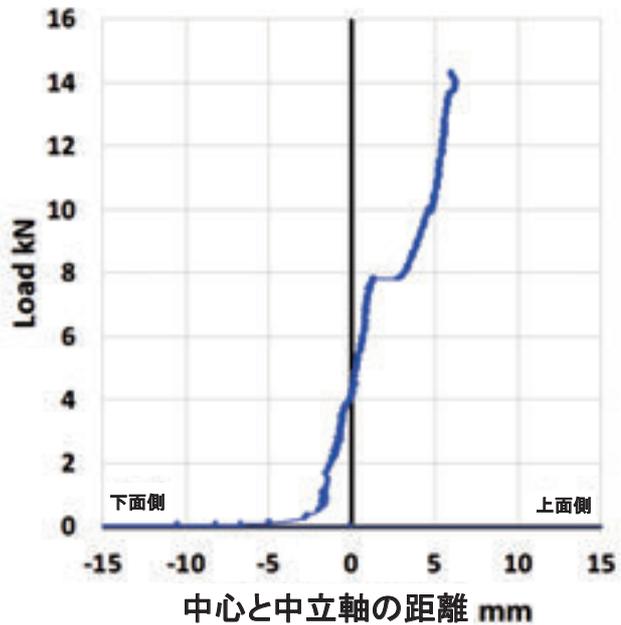


TB-06 60-69 中央ひずみ

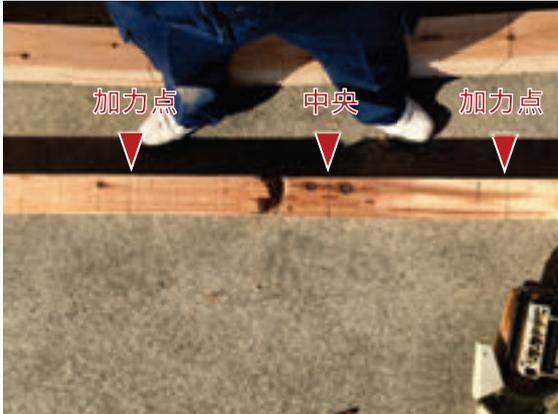
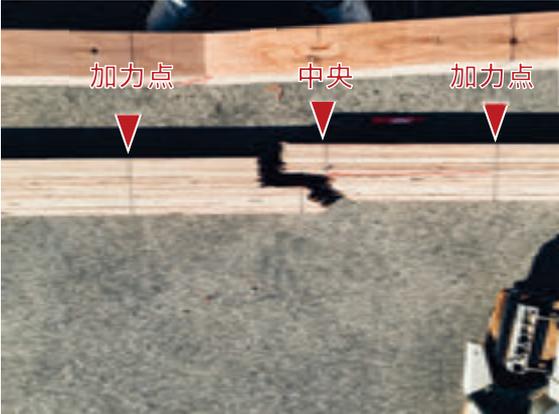


— 圧縮ひずみ — ひずみ差 — 引張ひずみ

TB-06 60-69 中立軸



破壊性状 (TB-06 60-69)

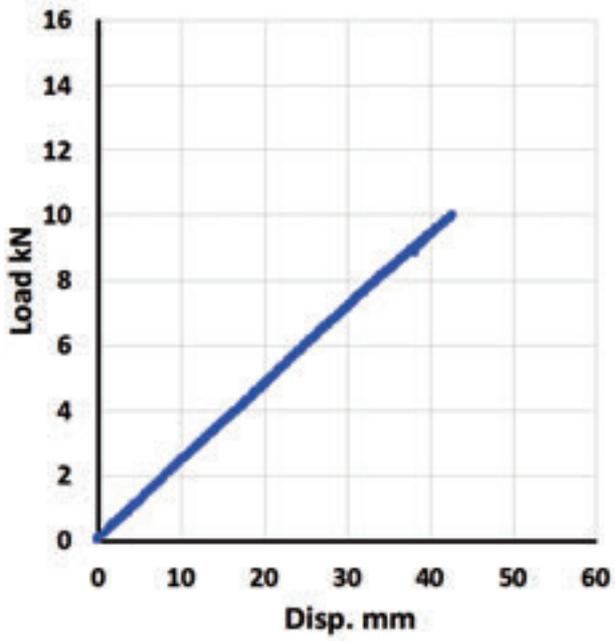


(4) TB-08 60-69 試験体

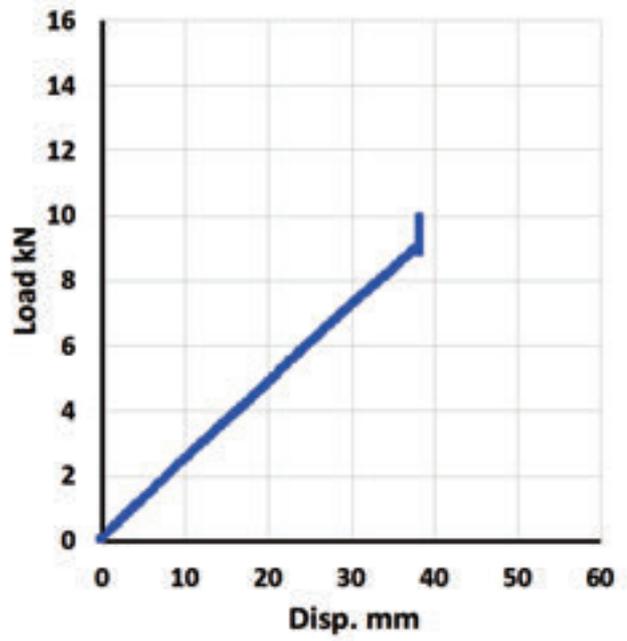
試験体の物性値データ

重量		18050	g
寸法	幅	100.50	mm
	厚さ	146.65	mm
	長さ	3030	mm
密度		0.404	g/cm ³
含水率		5.23	%
縦ヤング係数		3.80	kN/mm ²
曲げ強度		12.019	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		2.857	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		3.446	kN/mm ²

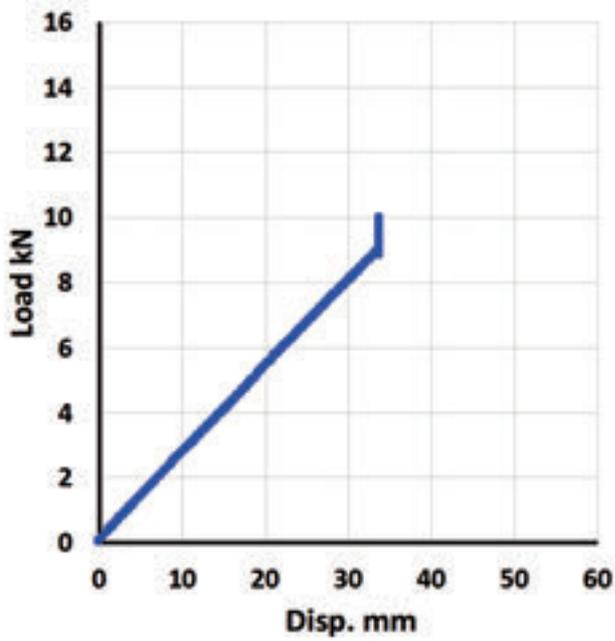
TB-08 60-69 中央ワイヤー



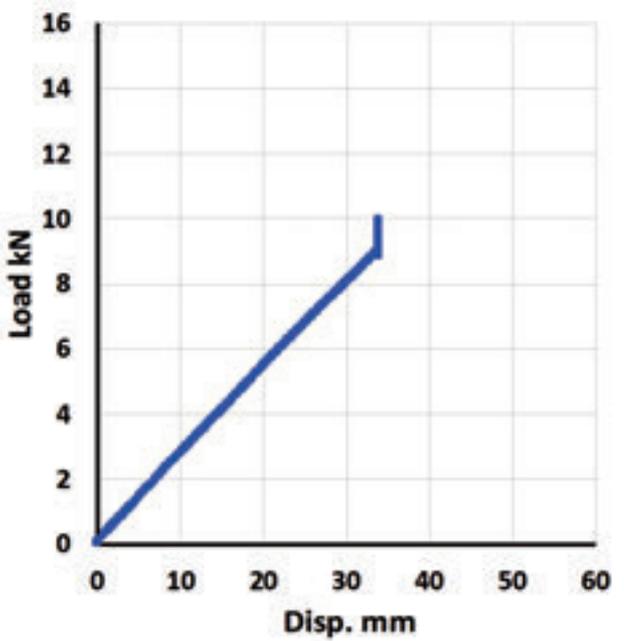
TB-08 60-69 中央



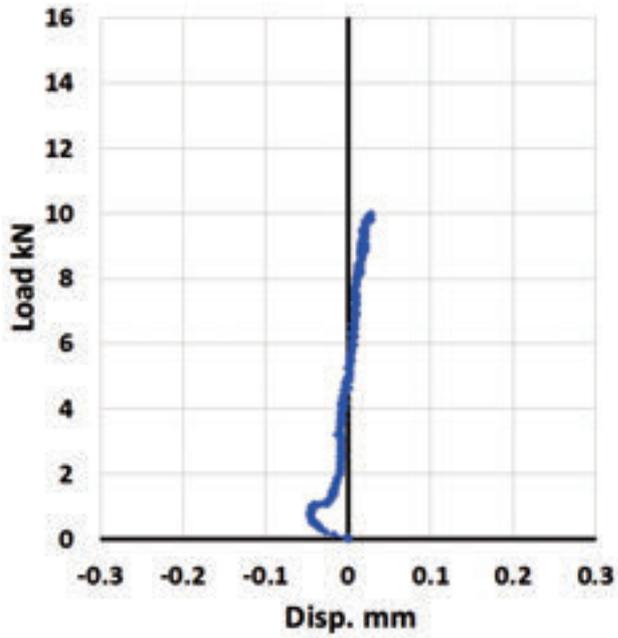
TB-08 60-69 右加力点



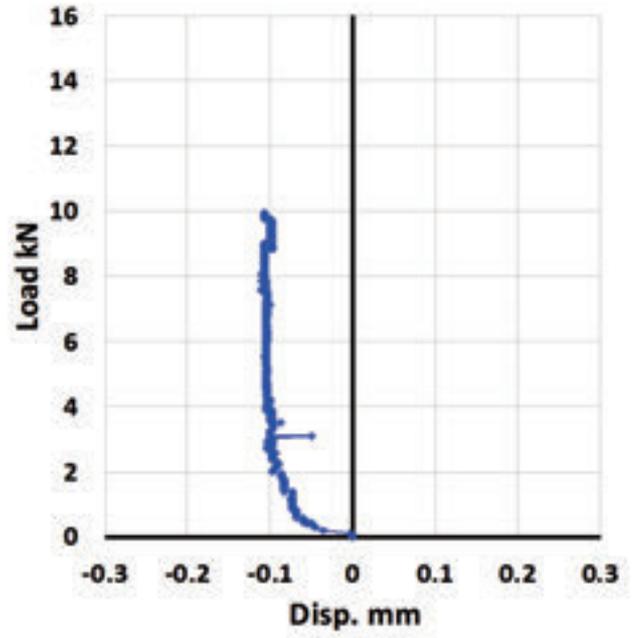
TB-08 60-69 左加力点



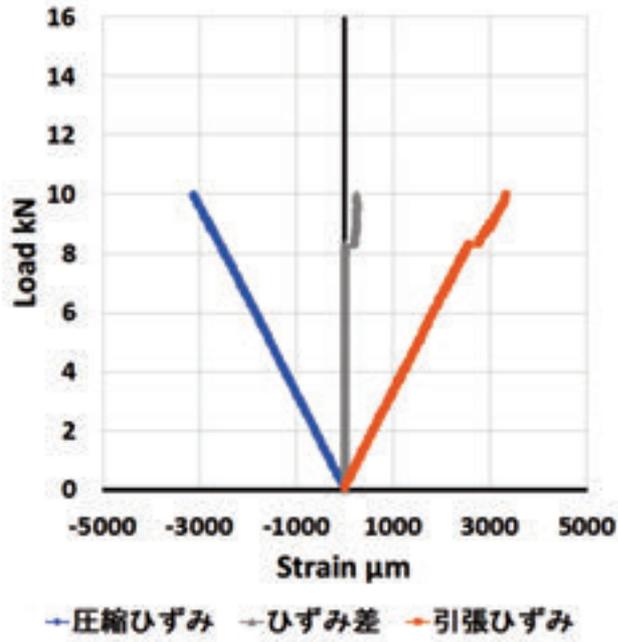
TB-08 60-69 右支点めり込み



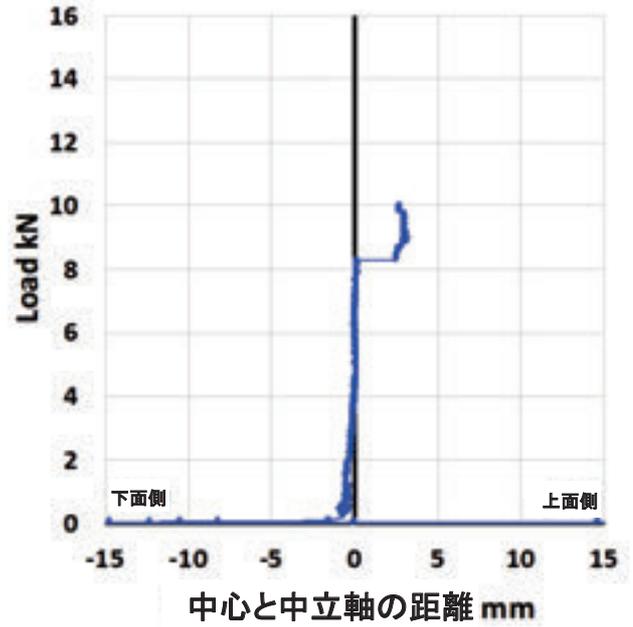
TB-08 60-69 左支点めり込み



TB-08 60-69 中央ひずみ

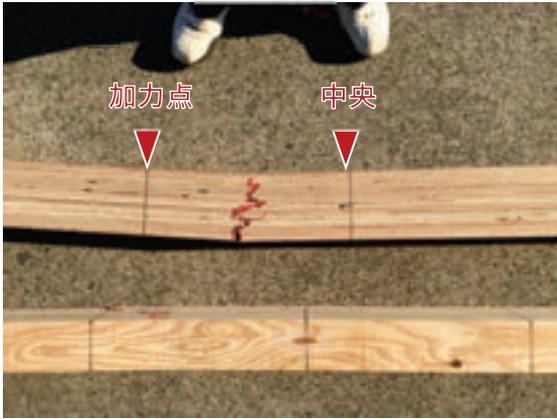


TB-08 60-69 中立軸

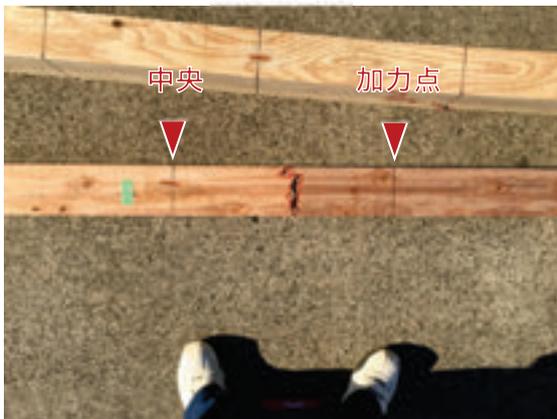


破壊性状 (TB-08 60-69)

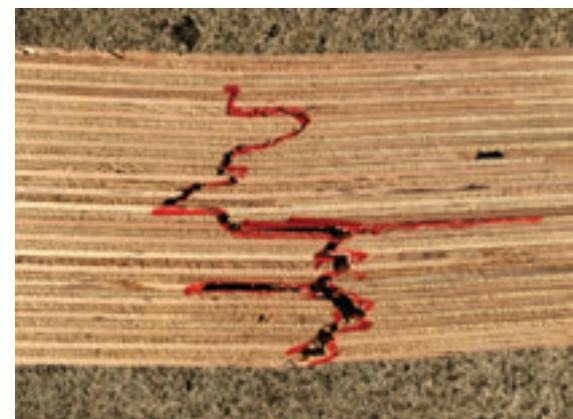
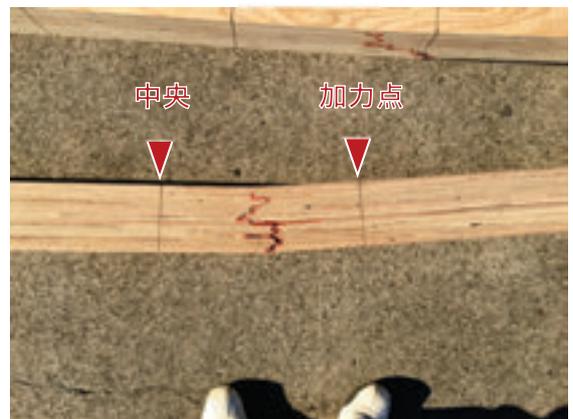
表側面



下面



裏側面



上面

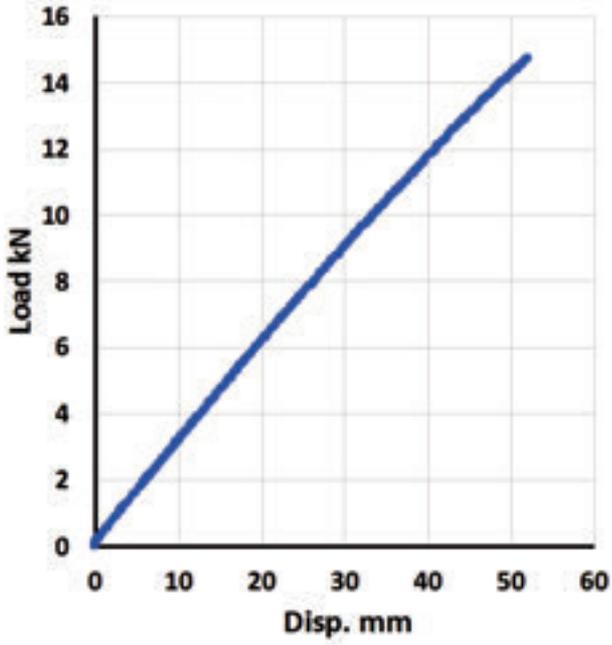


(5) TB-10 60-69 試験体

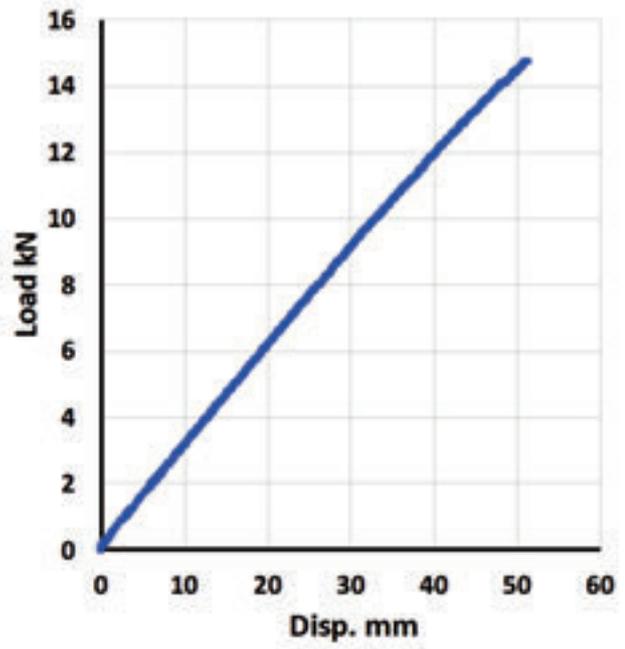
試験体の物性値データ

重量		18020	g
寸法	幅	101.07	mm
	厚さ	144.67	mm
	長さ	3030	mm
密度		0.407	g/cm^3
含水率		4.50	%
縦ヤング係数		4.42	kN/mm^2
曲げ強度		18.056	N/mm^2
見かけの曲げヤング係数		3.718	kN/mm^2
真の曲げヤング係数		5.212	kN/mm^2

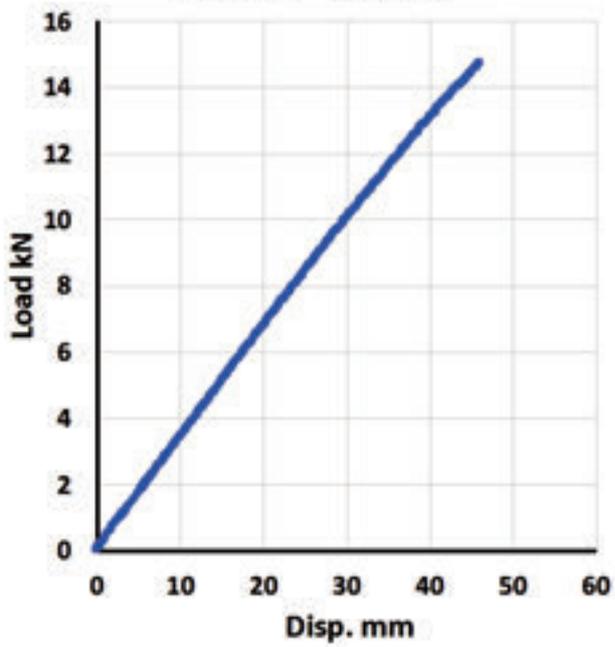
TB-10 60-69 中央ワイヤー



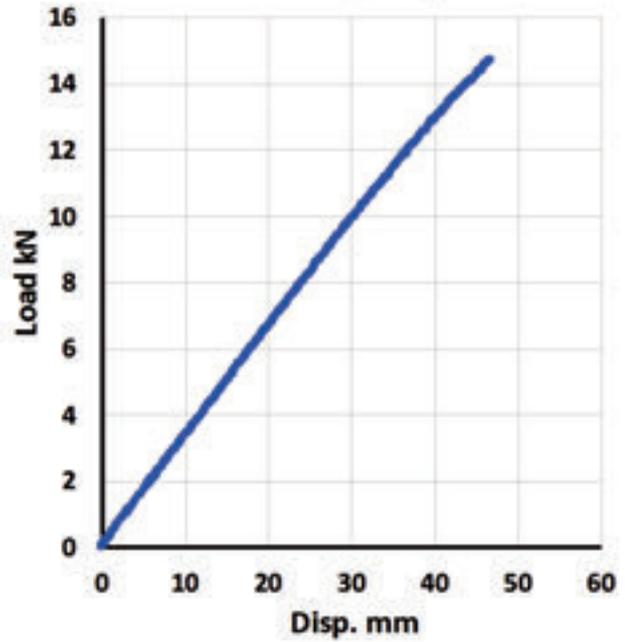
TB-10 60-69 中央



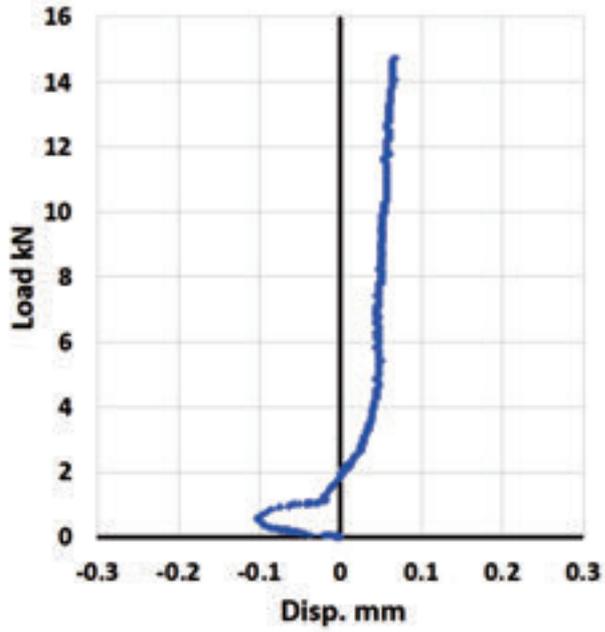
TB-10 60-69 右加力点



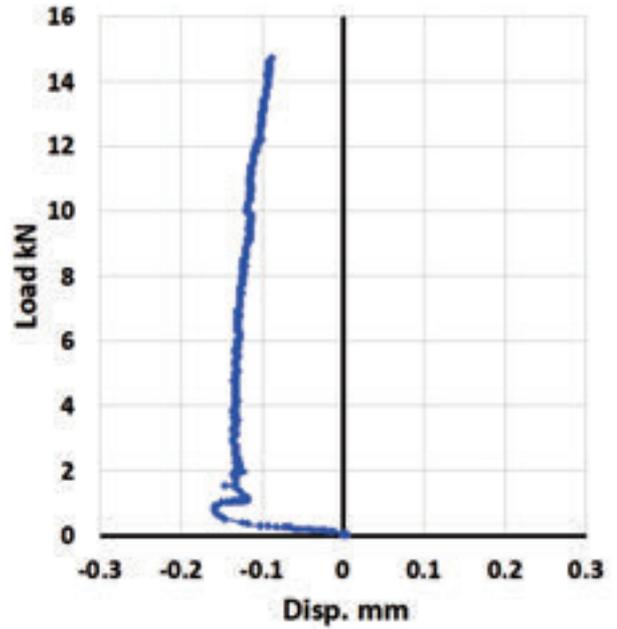
TB-10 60-69 左加力点



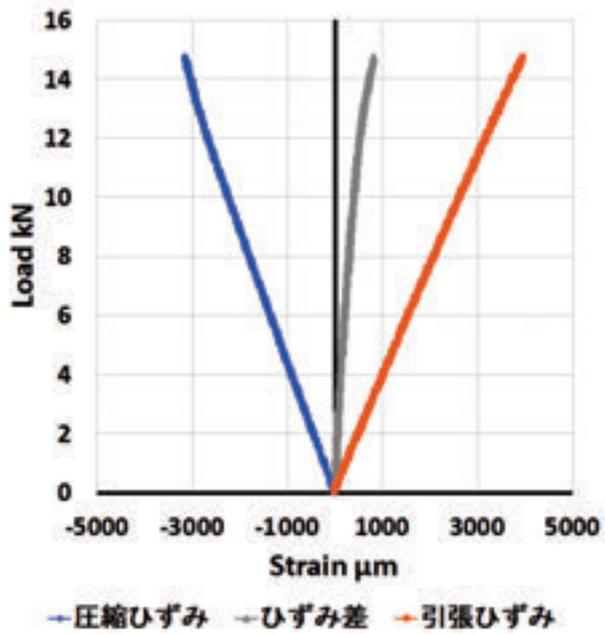
TB-10 60-69 右支点めり込み



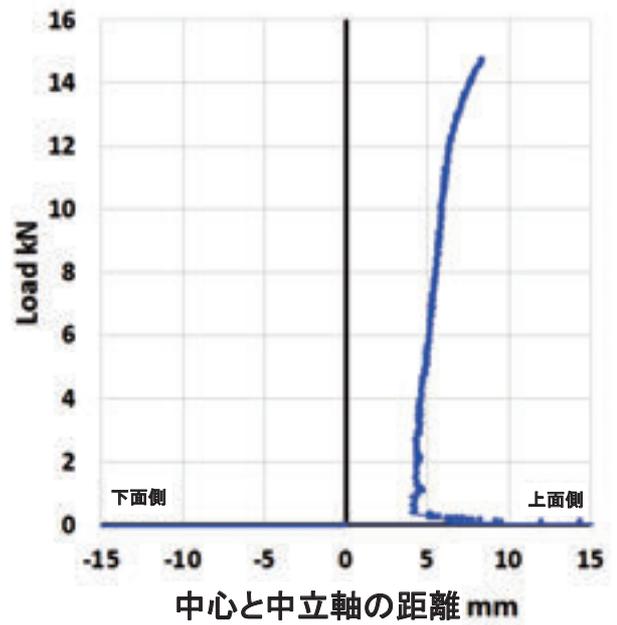
TB-10 60-69 左支点めり込み



TB-10 60-69 中央ひずみ

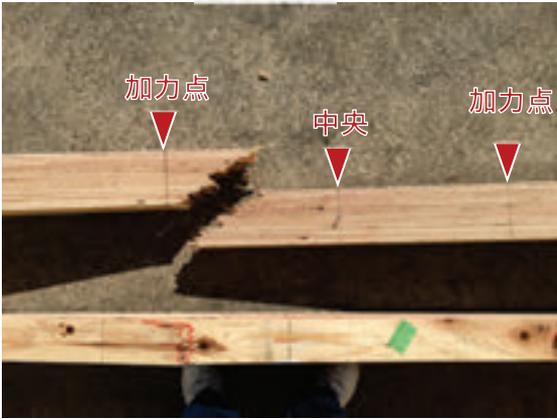


TB-10 60-69 中立軸



破壊性状 (TB-10 60-69)

表側面



下面



裏側面



上面

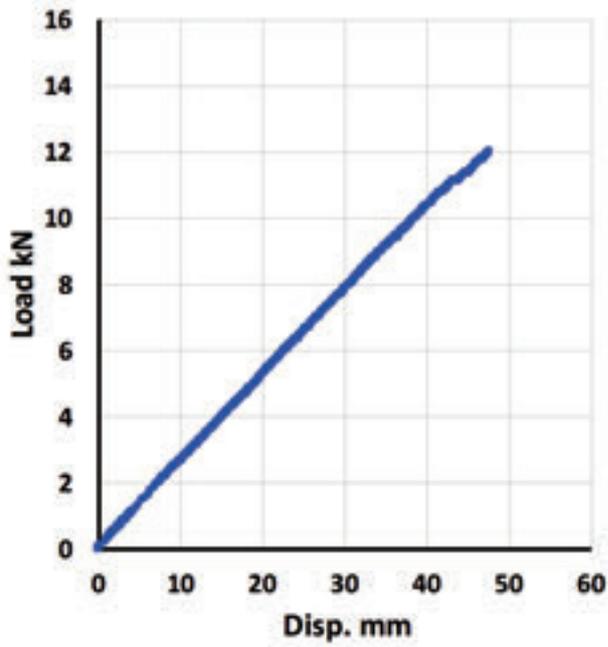


(6) TB-12 60-69 試験体

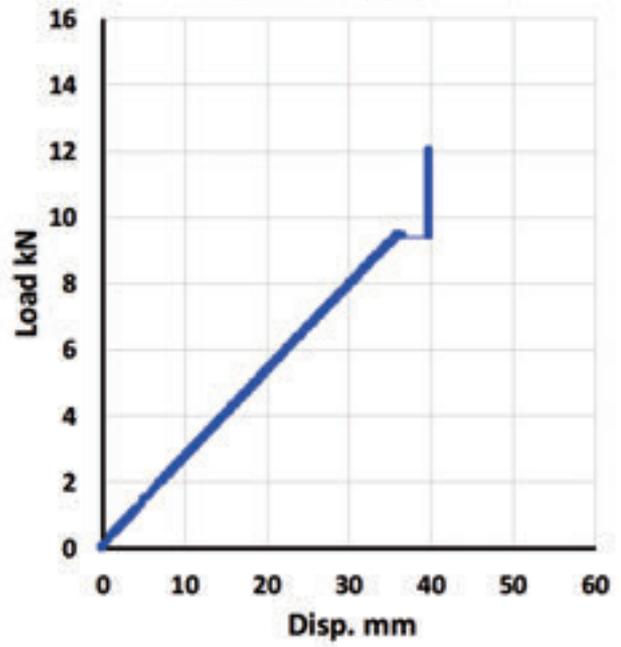
試験体の物性値データ

重量		17810	g
寸法	幅	100.63	mm
	厚さ	144.00	mm
	長さ	3030	mm
密度		0.406	g/cm ³
含水率		5.00	%
縦ヤング係数		3.98	kN/mm ²
曲げ強度		14.941	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.320	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		3.726	kN/mm ²

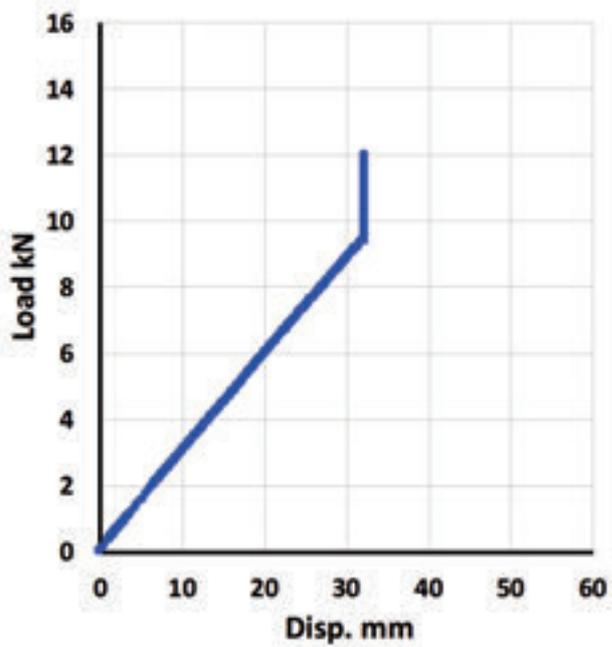
TB-12 60-69 中央ワイヤー



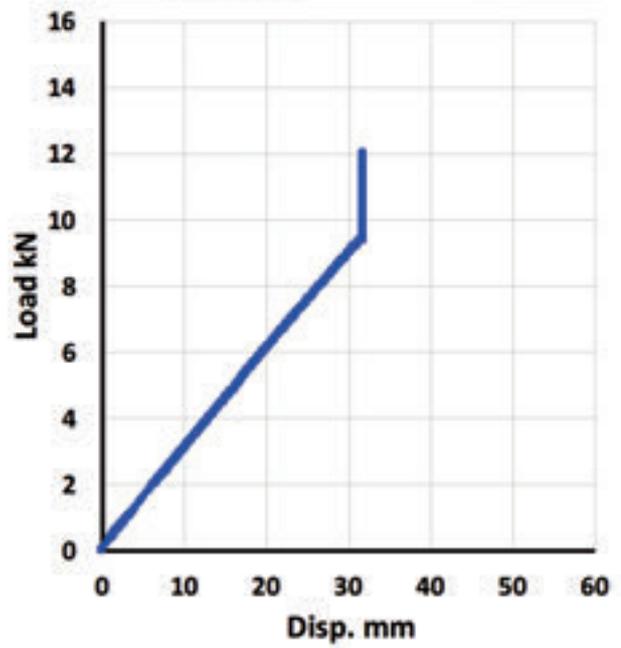
TB-12 60-69 中央



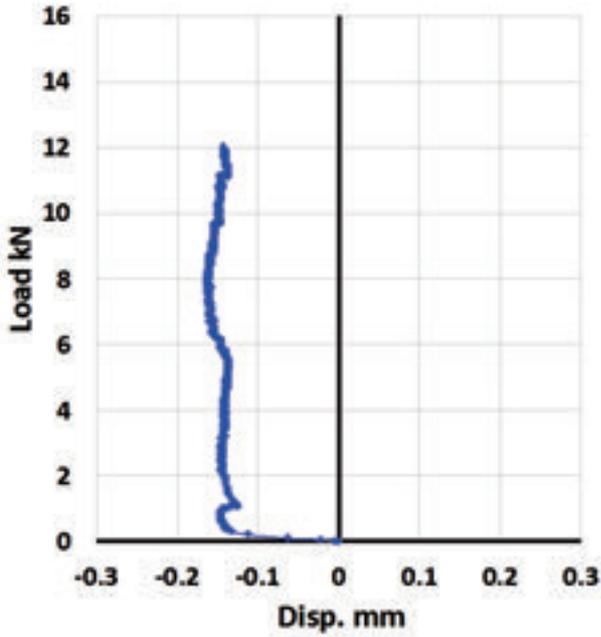
TB-12 60-69 右加力点



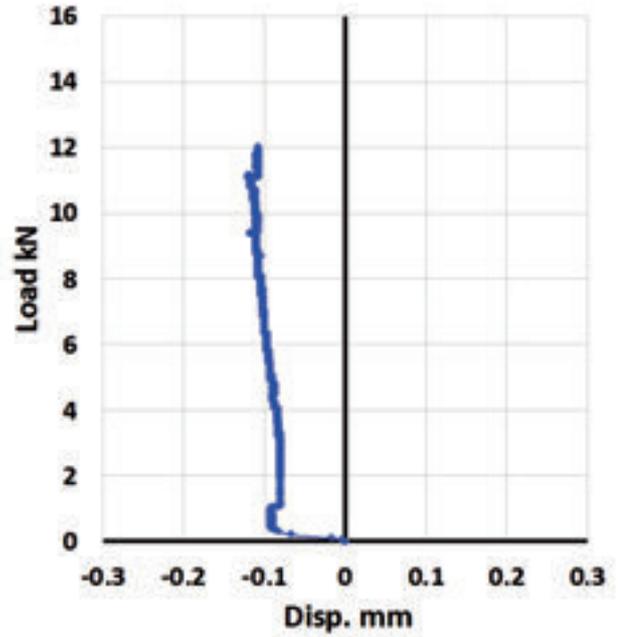
TB-12 60-69 左加力点



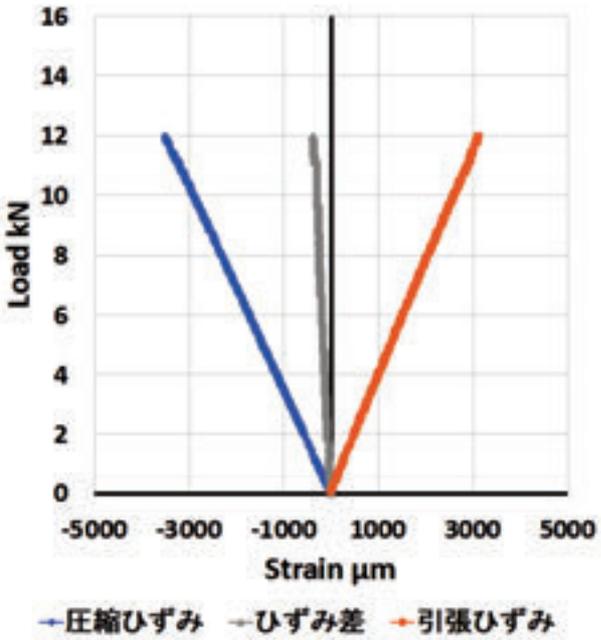
TB-12 60-69 右支点めり込み



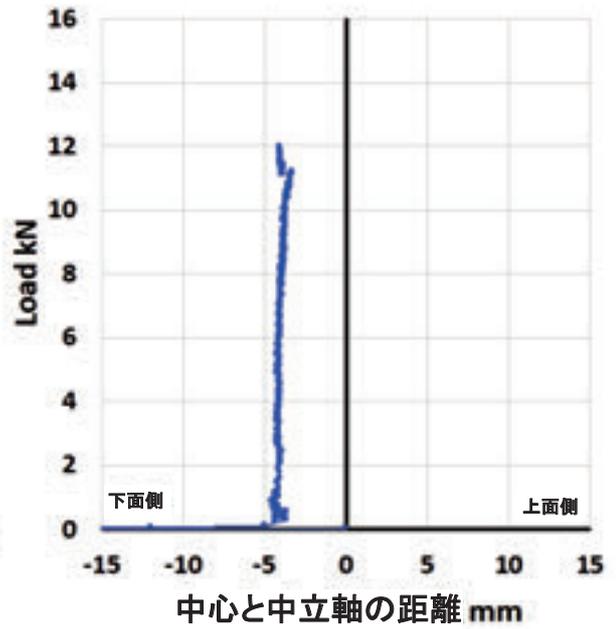
TB-12 60-69 左支点めり込み



TB-12 60-69 中央ひずみ

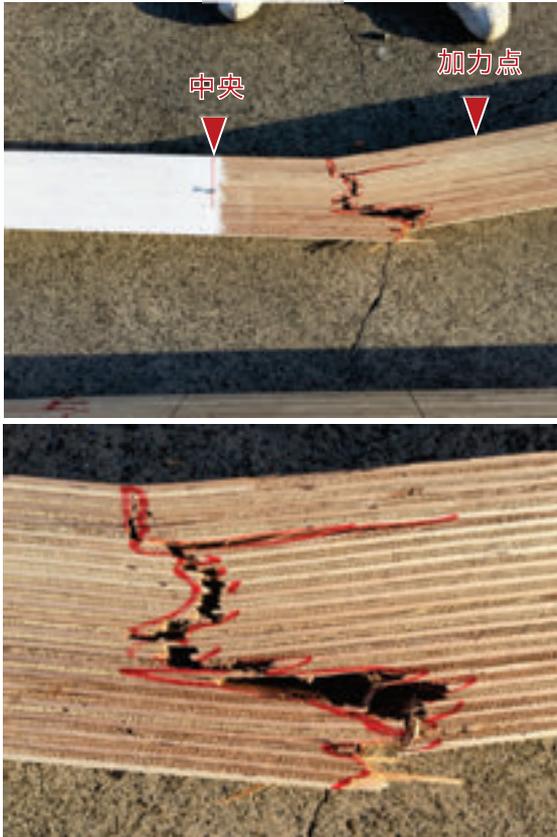


TB-12 60-69 中立軸



破壊性状 (TB-12 60-69)

表側面



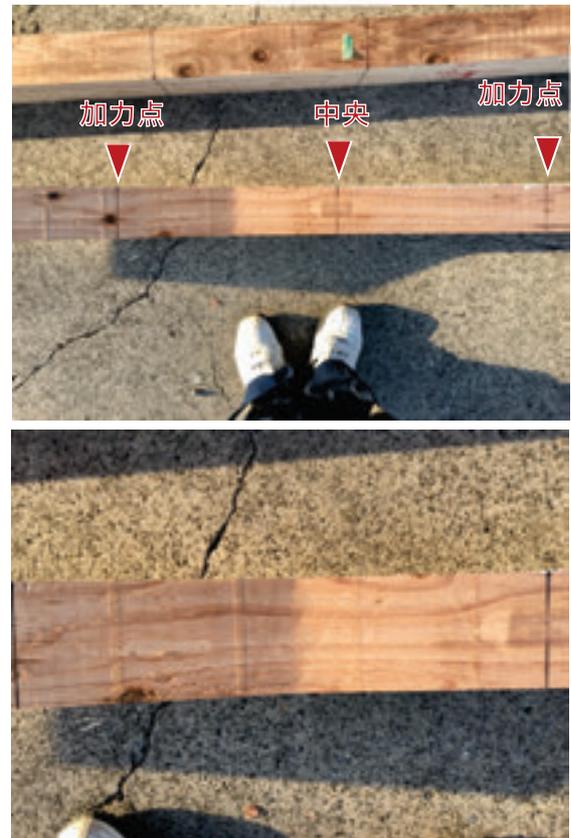
裏側面



下面



上面

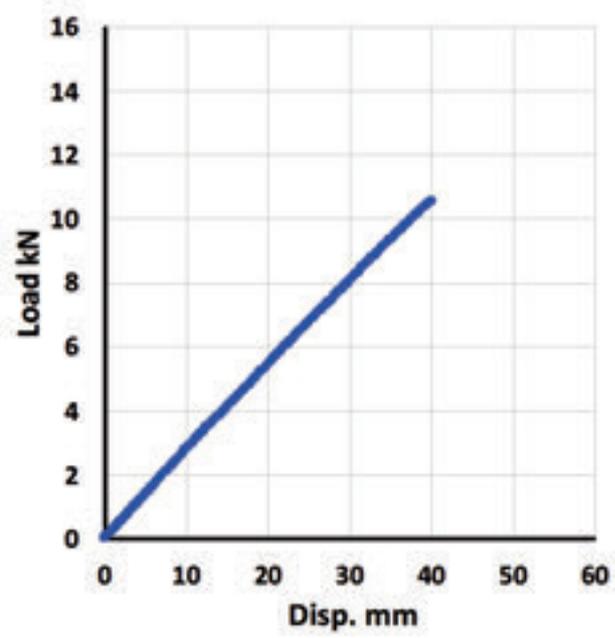


(7) TB-14 60-69 試験体

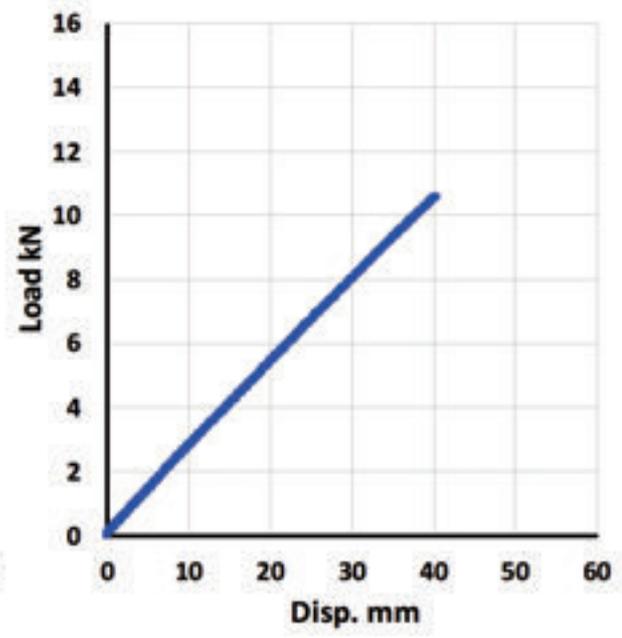
試験体の物性値データ

重量		17900	g
寸法	幅	100.23	mm
	厚さ	145.45	mm
	長さ	3032	mm
密度		0.405	g/cm ³
含水率		5.60	%
縦ヤング係数		3.89	kN/mm ²
曲げ強度		12.926	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.302	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		4.042	kN/mm ²

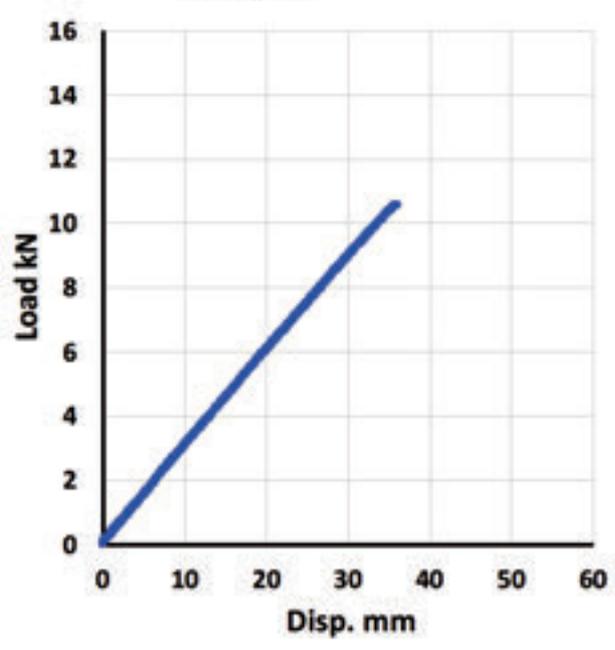
TB-14 60-69 中央ワイヤー



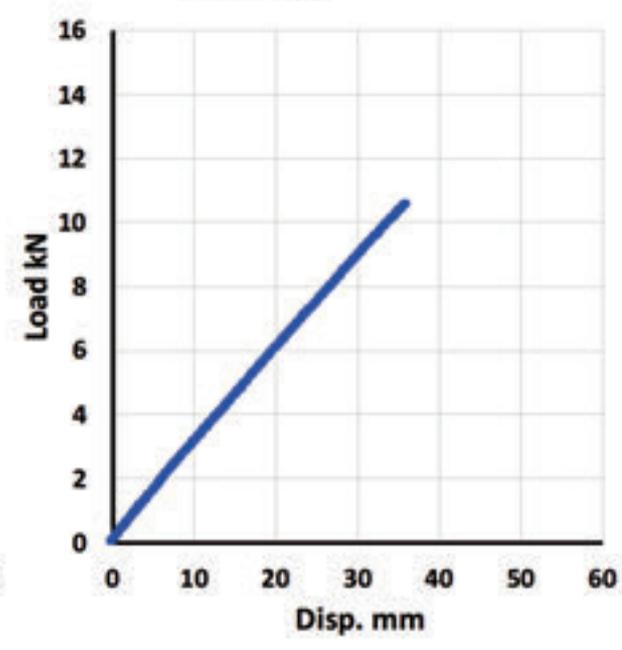
TB-14 60-69 中央



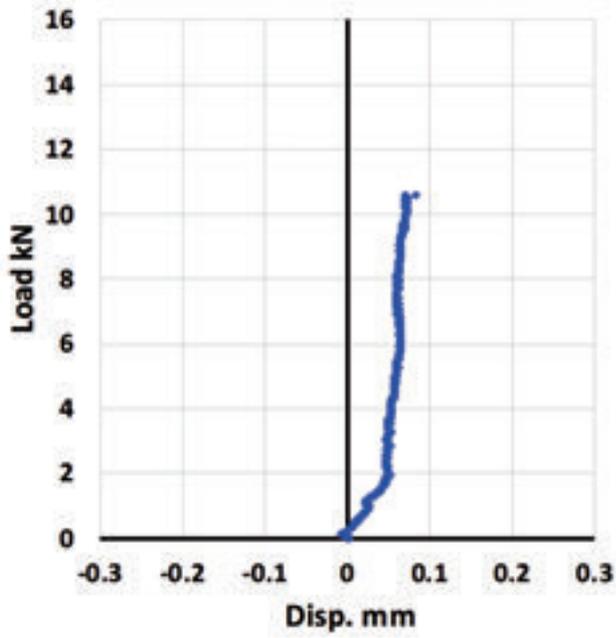
TB-14 60-69 右加力点



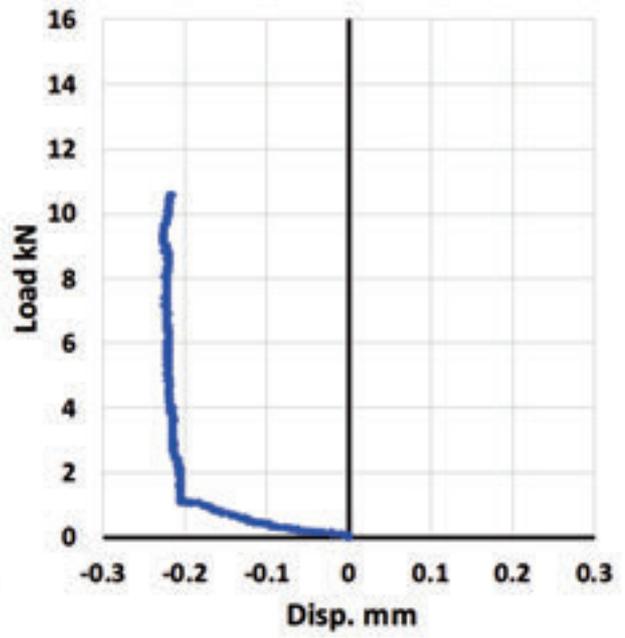
TB-14 60-69 左加力点



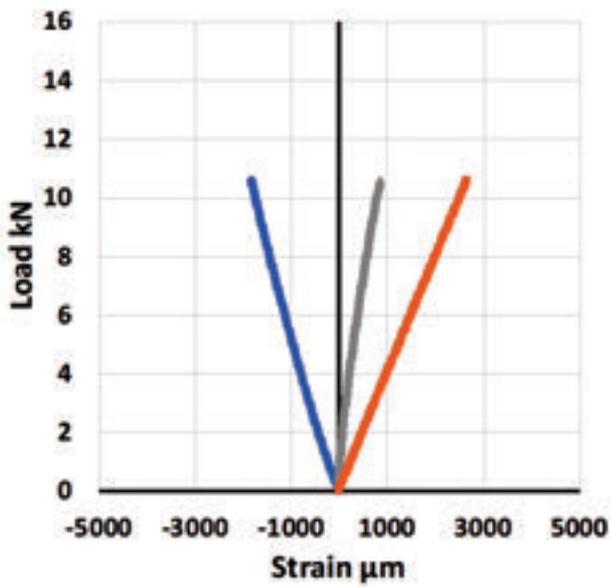
TB-14 60-69 右支点めり込み



TB-14 60-69 左支点めり込み

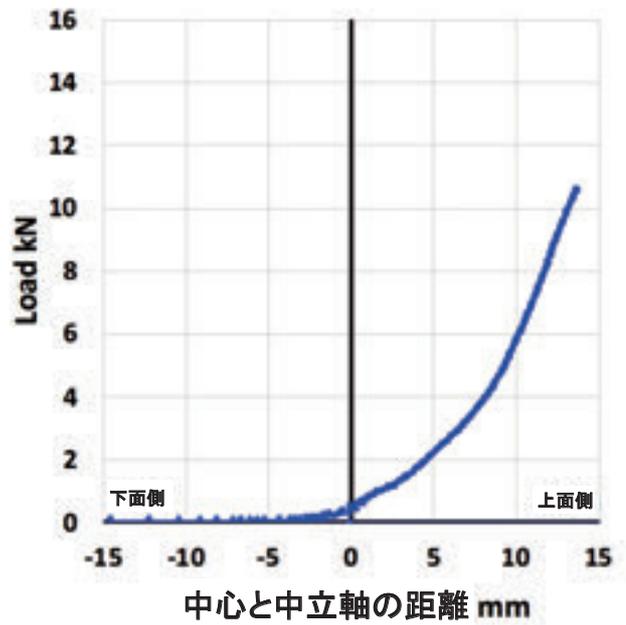


TB-14 60-69 中央ひずみ



→ 圧縮ひずみ → ひずみ差 → 引張ひずみ

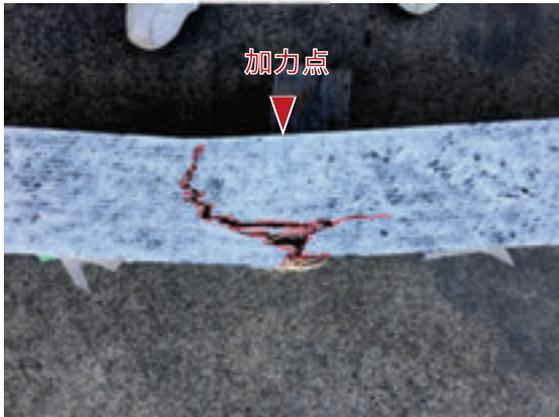
TB-14 60-69 中立軸



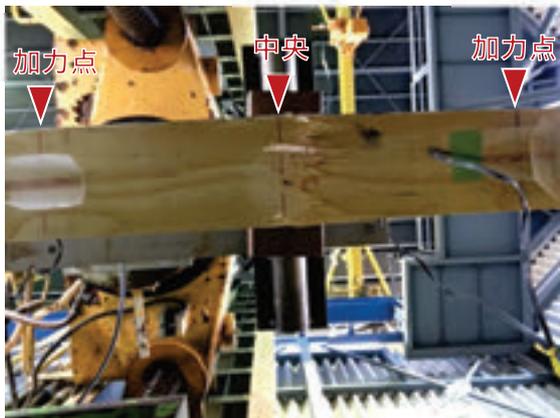
中心と中立軸の距離 mm

破壊性状 (TB-14 60-69)

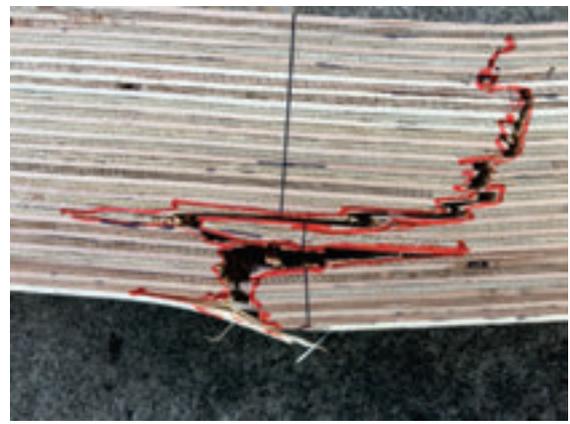
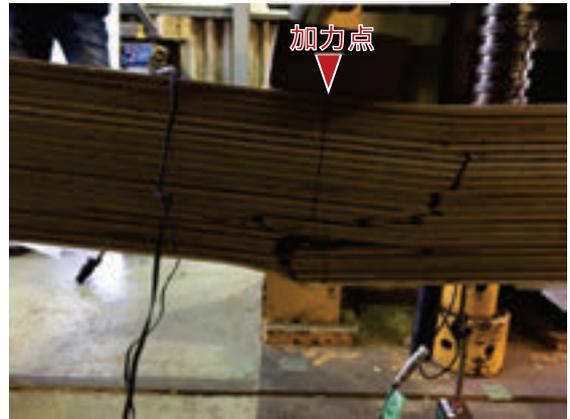
表側面



下面



裏側面



上面

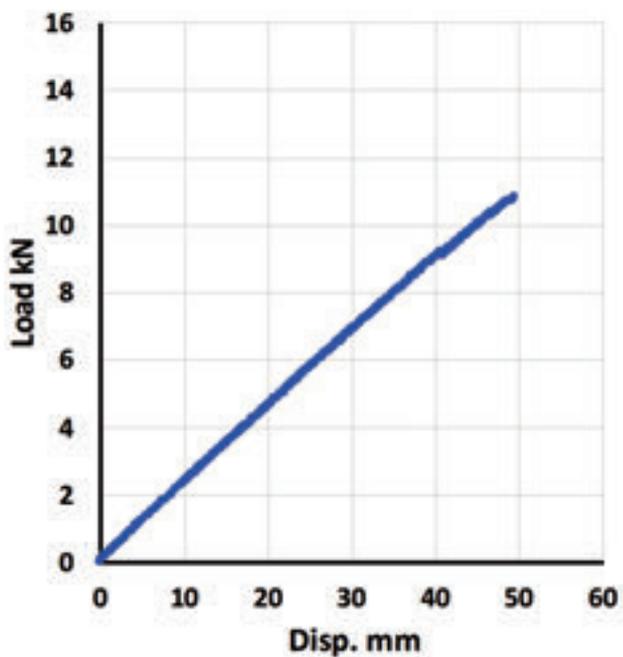


(8) TB-16 60-69 試験体

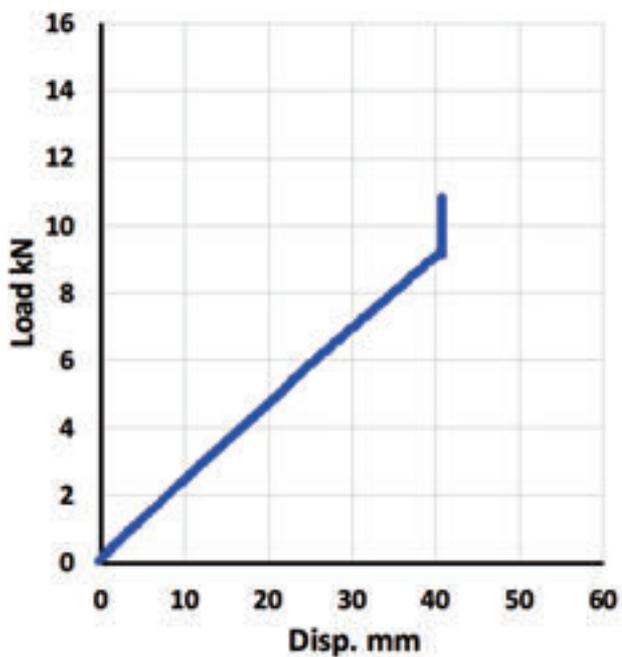
試験体の物性値データ

重量	17500	g	
寸法	幅	100.24	mm
	厚さ	143.59	mm
	長さ	3030	mm
密度	0.401	g/cm^3	
含水率	6.20	%	
縦ヤング係数	3.61	kN/mm^2	
曲げ強度	13.575	N/mm^2	
見かけの曲げヤング係数	2.899	kN/mm^2	
真の曲げヤング係数	3.649	kN/mm^2	

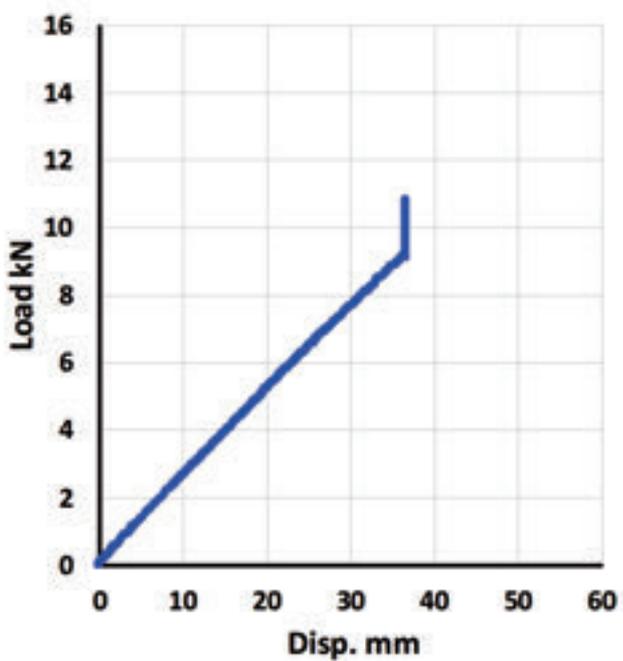
TB-16 60-69 中央ワイヤー



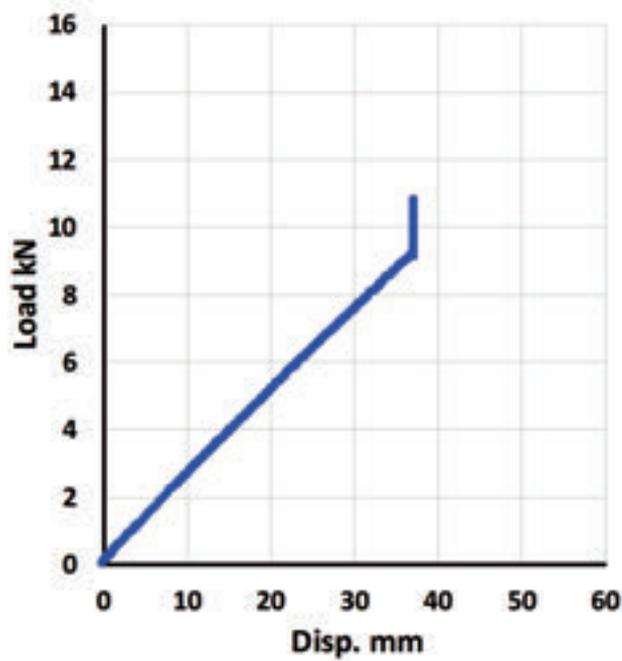
TB-16 60-69 中央



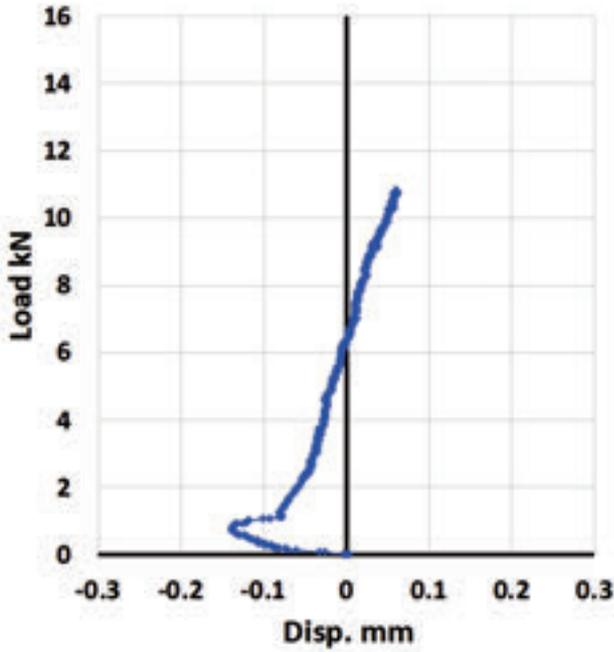
TB-16 60-69 右加力点



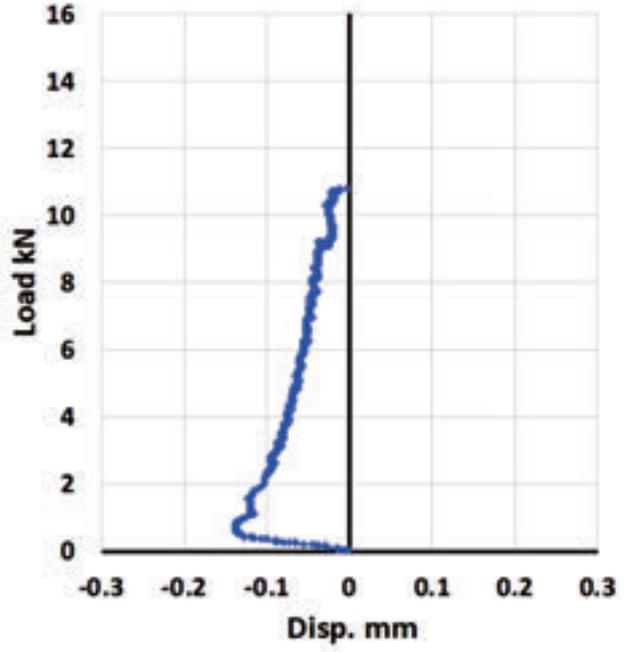
TB-16 60-69 左加力点



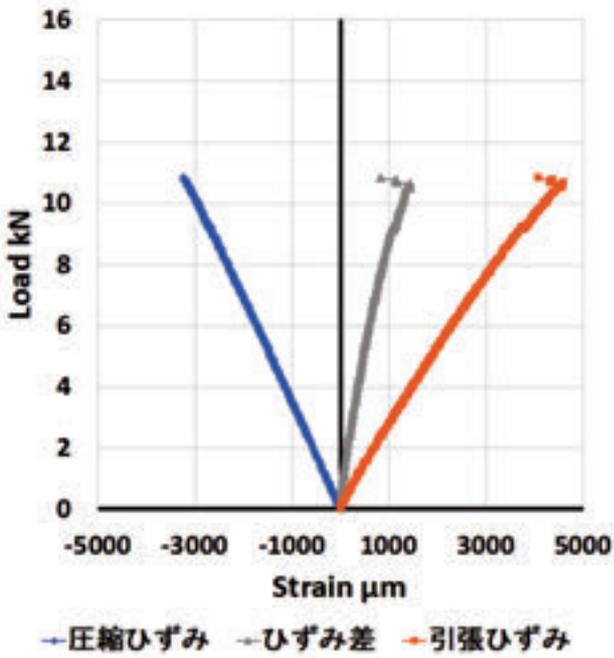
TB-16 60-69 右支点めり込み



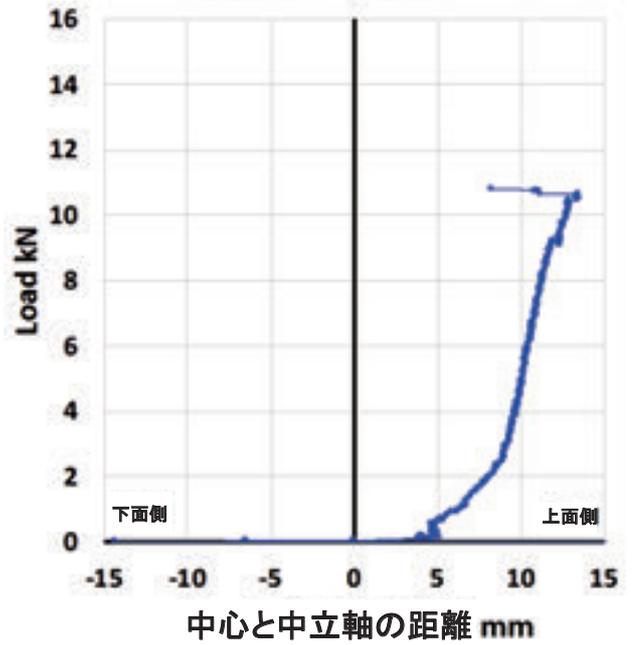
TB-16 60-69 左支点めり込み



TB-16 60-69 中央ひずみ



TB-16 60-69 中立軸



破壊性状 (TB-16 60-69)

表側面



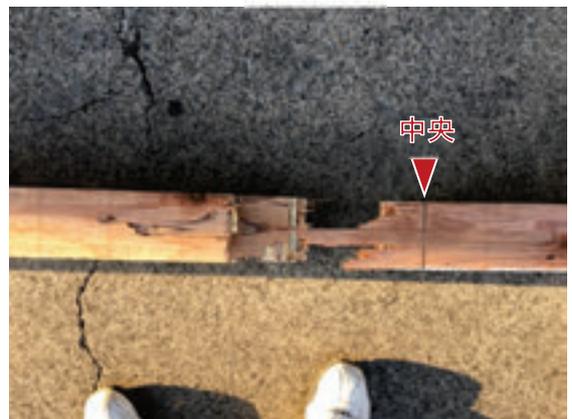
下面



裏側面



上面

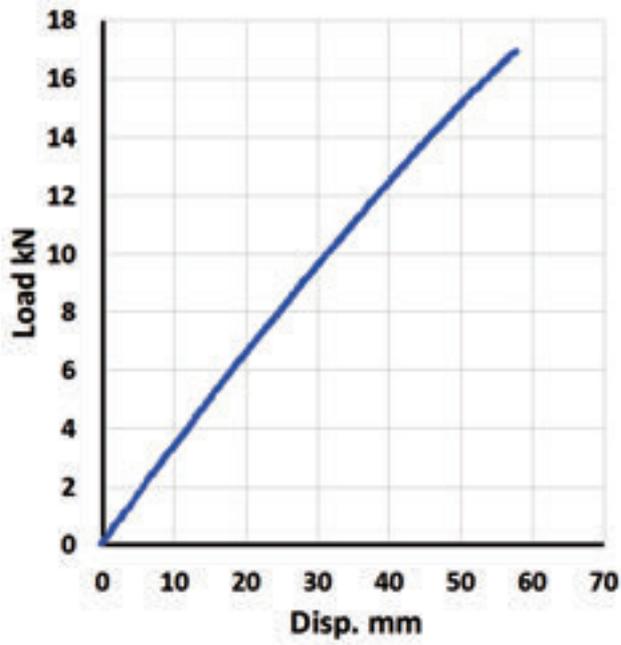


(9) TB-02 60-89 試験体

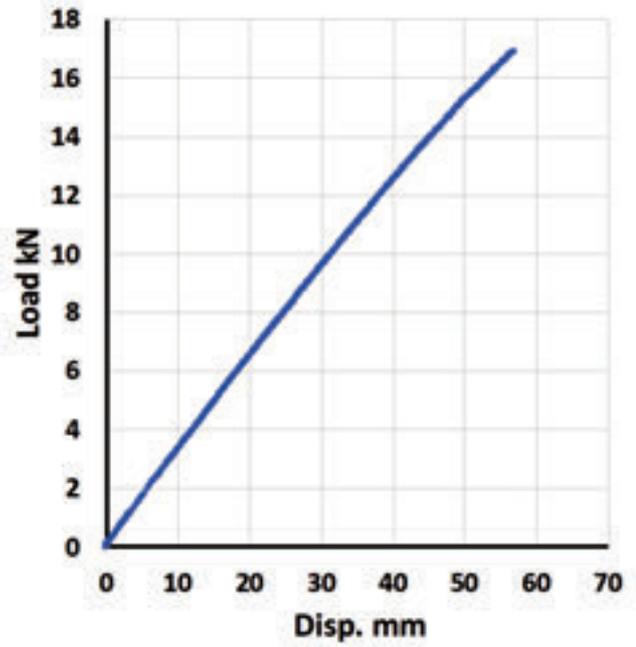
試験体の物性値データ

重量		18800	g
寸法	幅	100.76	mm
	厚さ	146.67	mm
	長さ	3030	mm
密度		0.420	g/cm^3
含水率		6.30	%
縦ヤング係数		4.82	kN/mm^2
曲げ強度		20.258	N/mm^2
見かけの曲げヤング係数		3.811	kN/mm^2
真の曲げヤング係数		4.949	kN/mm^2

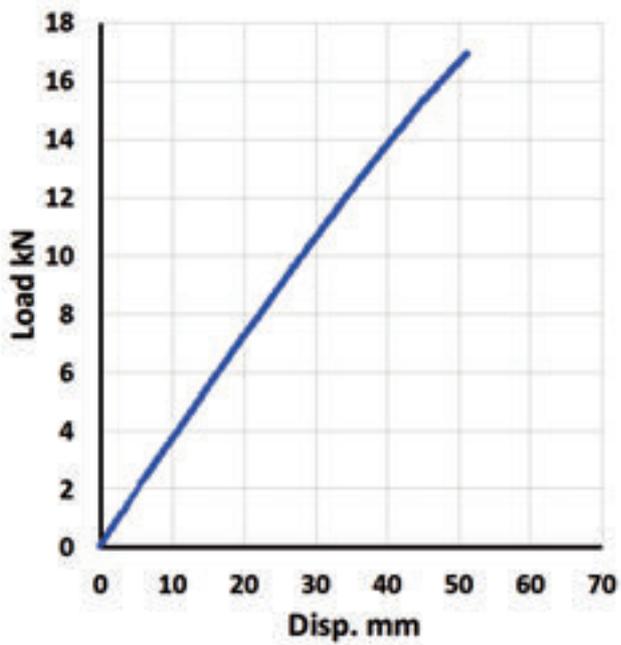
TB-02 60-89 中央ワイヤー



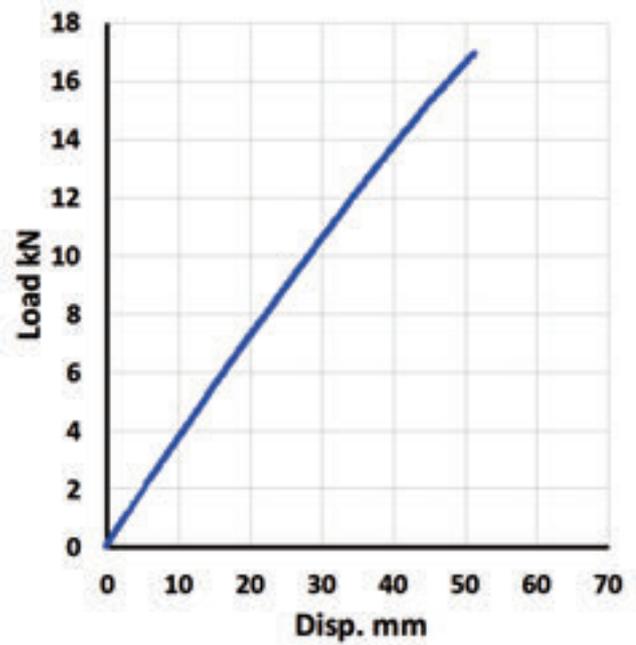
TB-02 60-89 中央



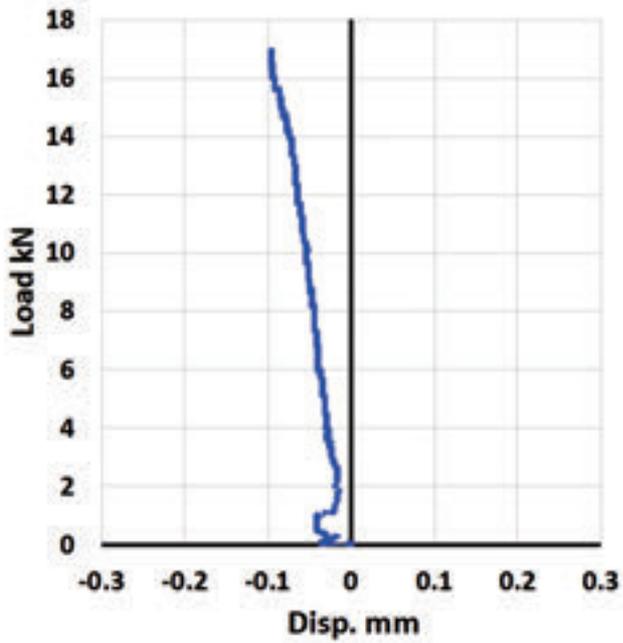
TB-02 60-89 右加力点



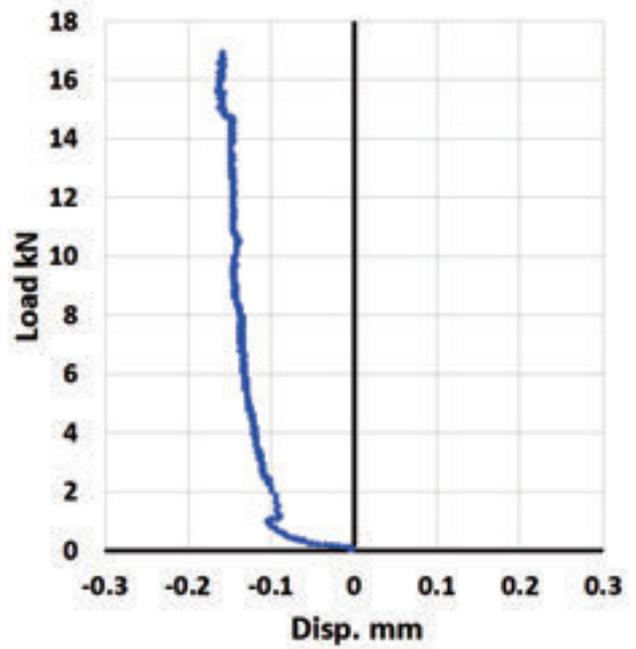
TB-02 60-89 左加力点



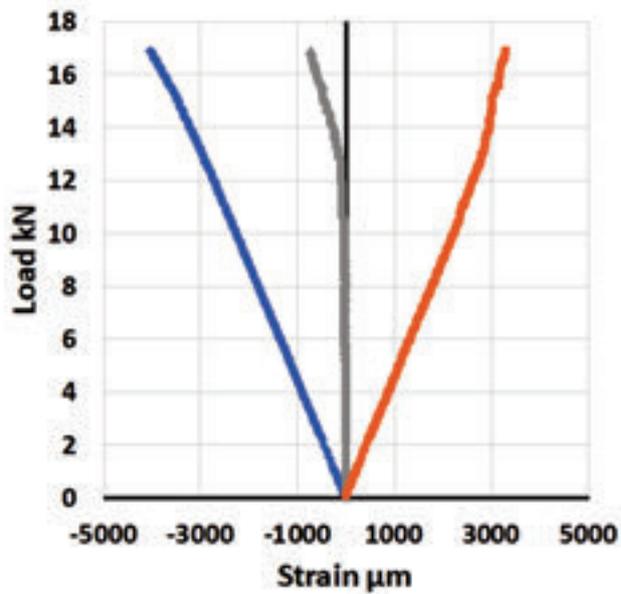
TB-02 60-89 右支点めり込み



TB-02 60-89 左支点めり込み

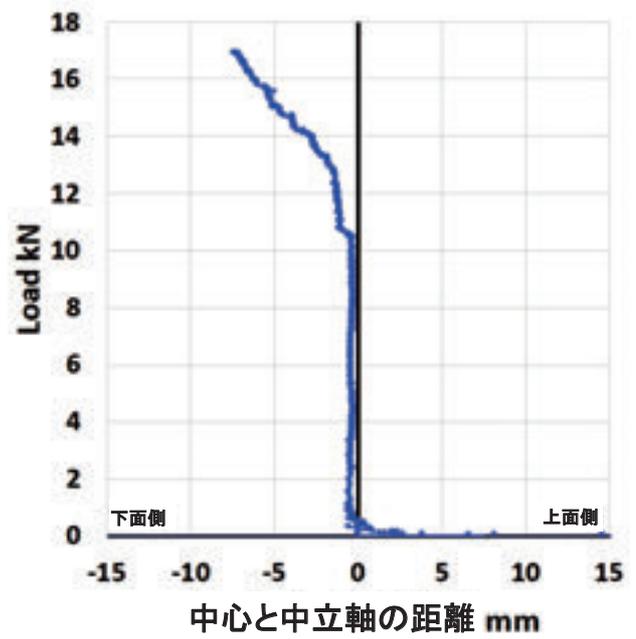


TB-02 60-89 中央ひずみ



→ 圧縮ひずみ ← ひずみ差 → 引張りひずみ

TB-02 60-89 中立軸

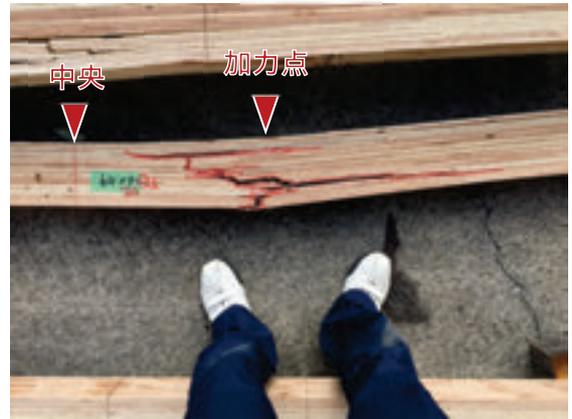


破壊性状 (TB-02 60-89)

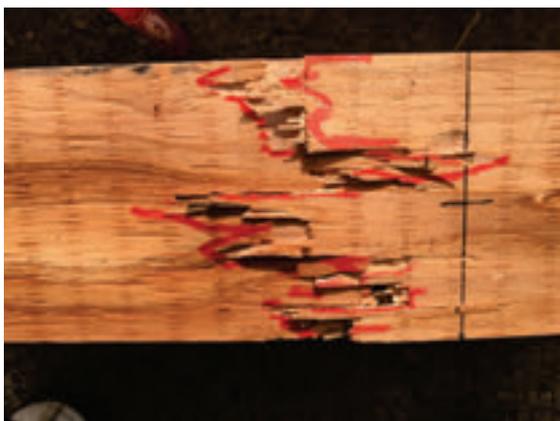
表側面



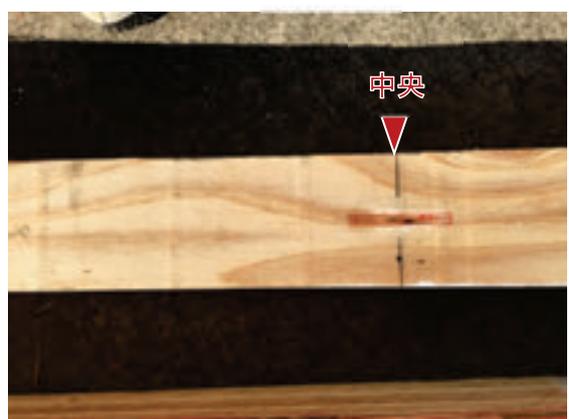
裏側面



下面



上面

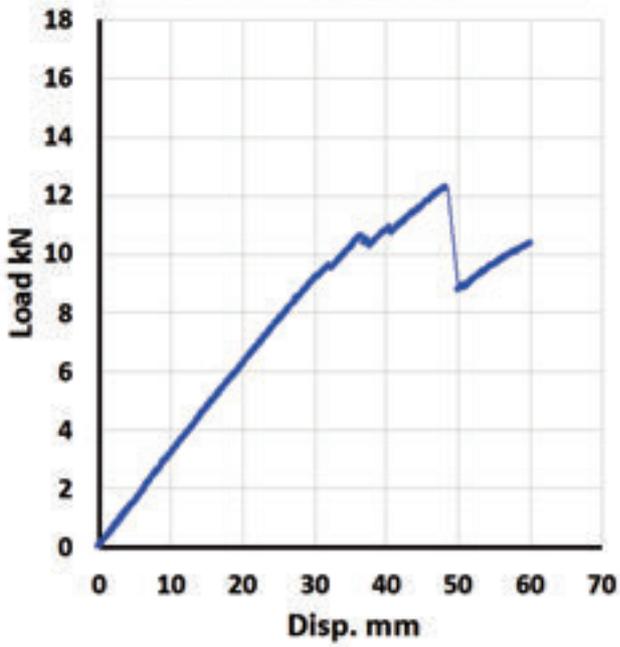


(10) TB-04 60-89 試験体

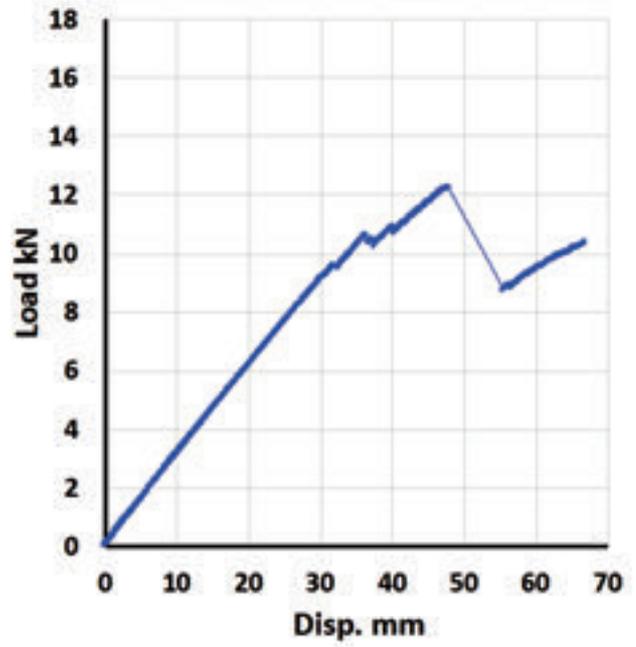
試験体の物性値データ

重量	18810	g	
寸法	幅	100.51	mm
	厚さ	147.67	mm
	長さ	3031	mm
密度	0.418	g/cm^3	
含水率	5.70	%	
縦ヤング係数	4.82	kN/mm^2	
曲げ強度	14.522	N/mm^2	
見かけの曲げヤング係数	3.605	kN/mm^2	
真の曲げヤング係数	4.635	kN/mm^2	

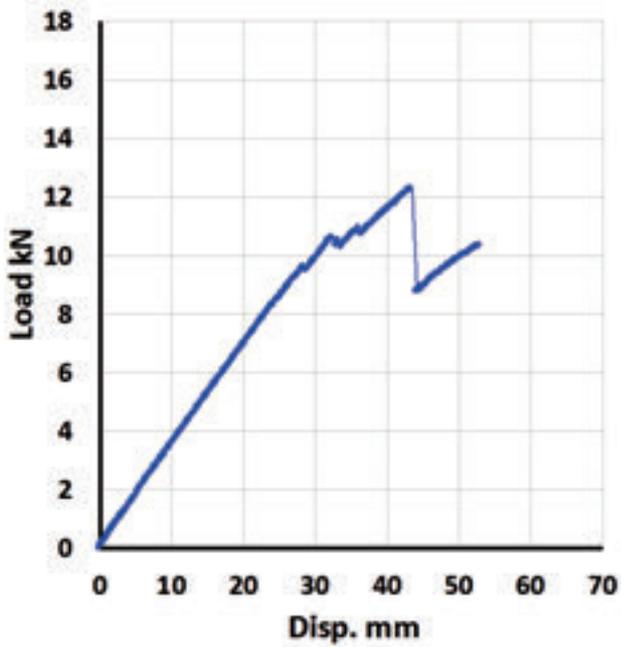
TB-04 60-89 中央ワイヤー



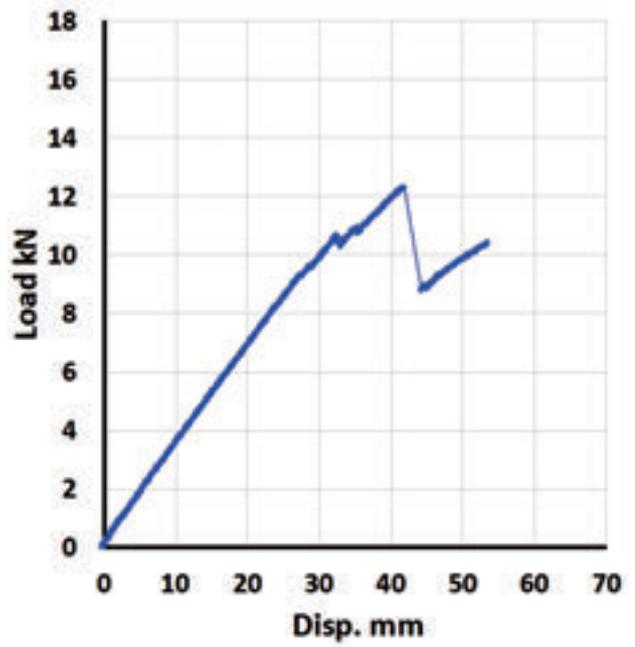
TB-04 60-89 中央



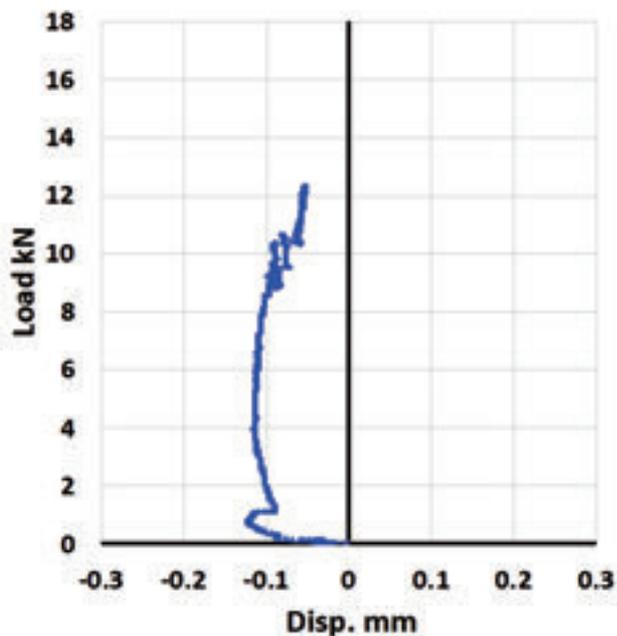
TB-04 60-89 右加力点



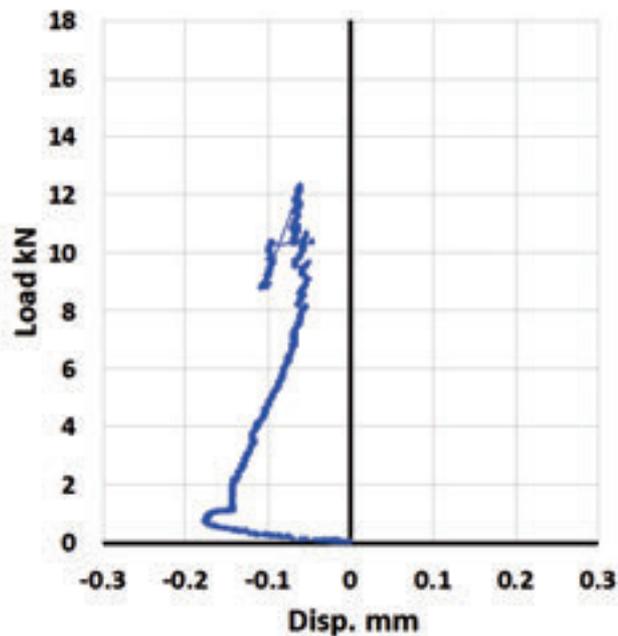
TB-04 60-89 左加力点



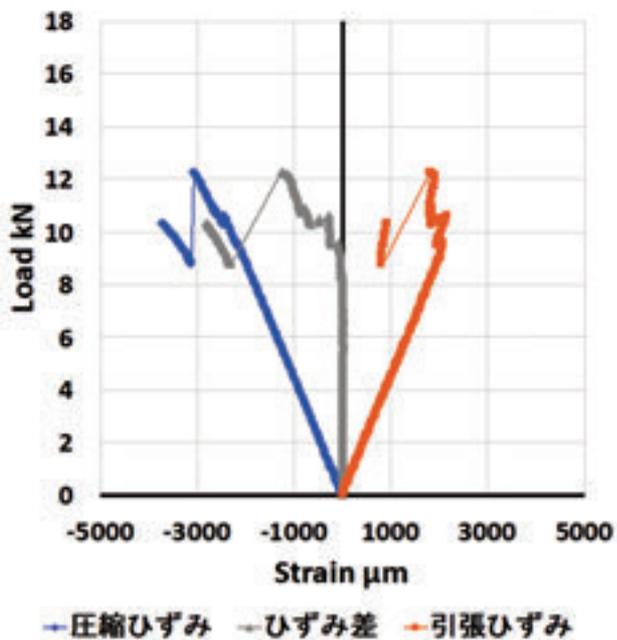
TB-04 60-89 右支点めり込み



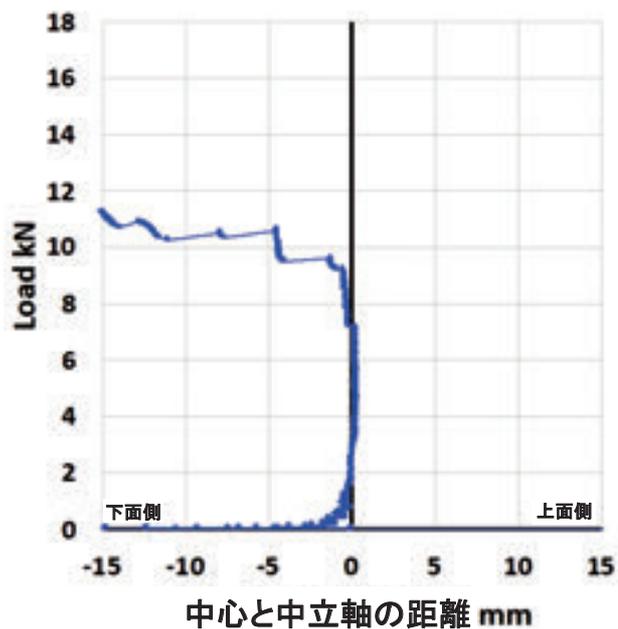
TB-04 60-89 左支点めり込み



TB-04 60-89 中央ひずみ

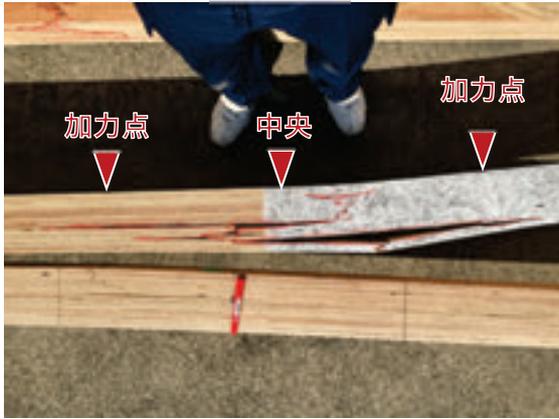


TB-04 60-89 中立軸



破壊性状 (TB-04 60-89)

表側面



下面



裏側面



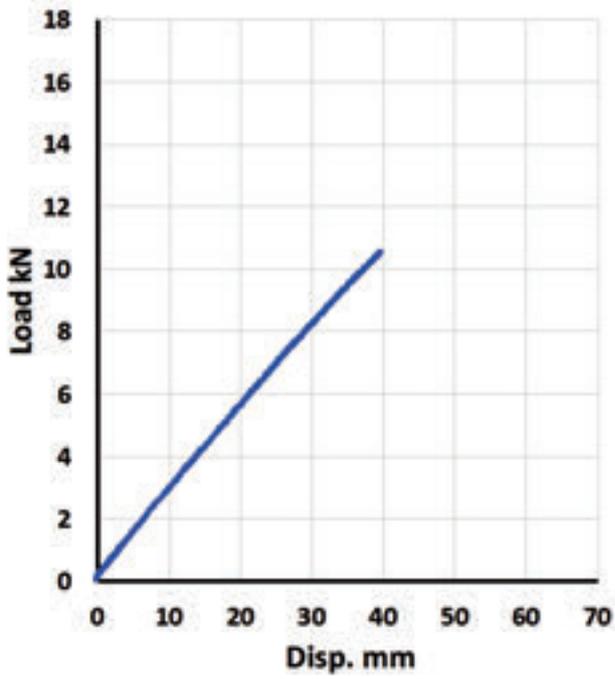
上面

(11) TB-06 60-89 試験体

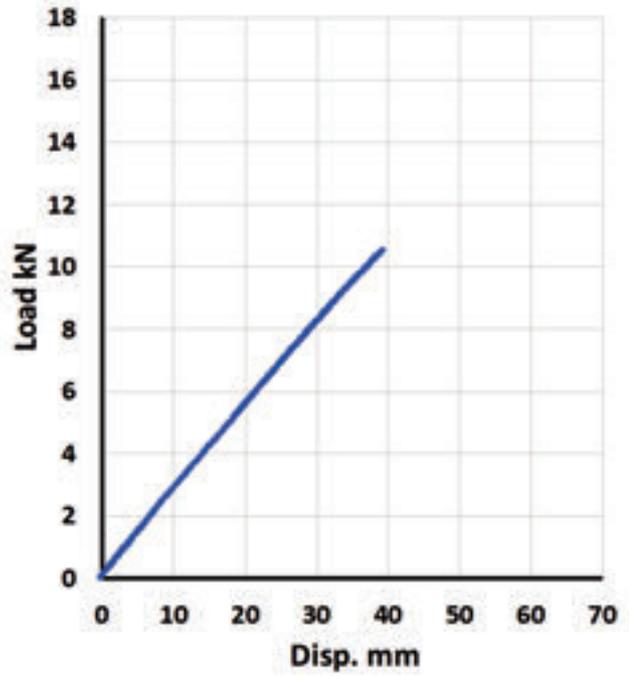
試験体の物性値データ

重量		18390	g
寸法	幅	100.66	mm
	厚さ	147.00	mm
	長さ	3032	mm
密度		0.410	g/cm ³
含水率		6.23	%
縦ヤング係数		4.37	kN/mm ²
曲げ強度		12.542	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.258	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		4.051	kN/mm ²

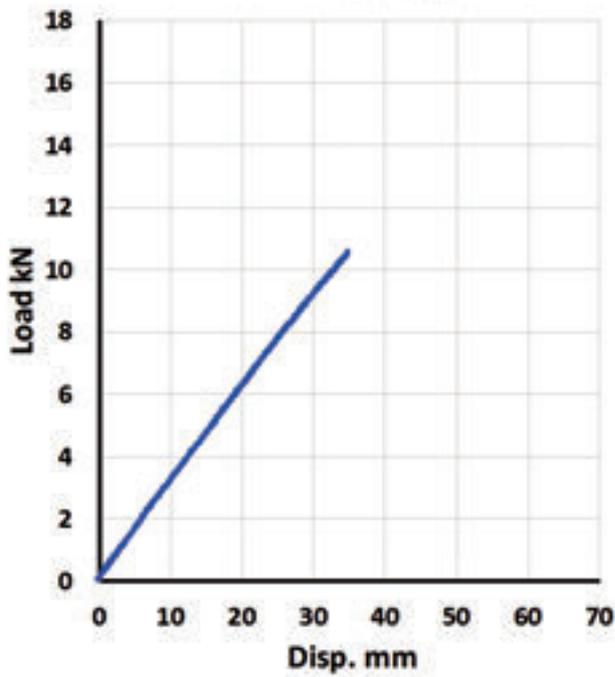
TB-06 60-89 中央ワイヤー



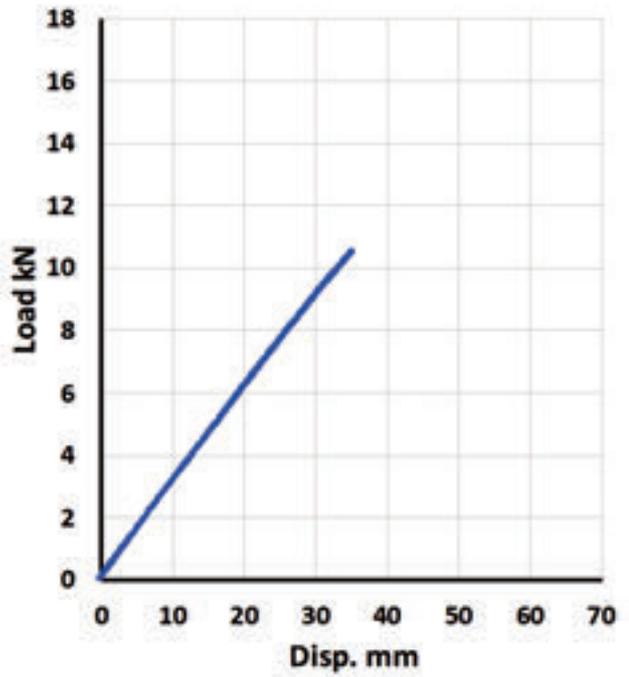
TB-06 60-89 中央



TB-06 60-89 右加力点

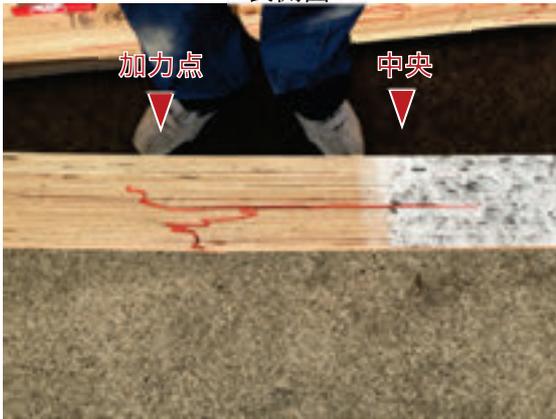


TB-06 60-89 左加力点



破壊性状 (TB-06 60-89)

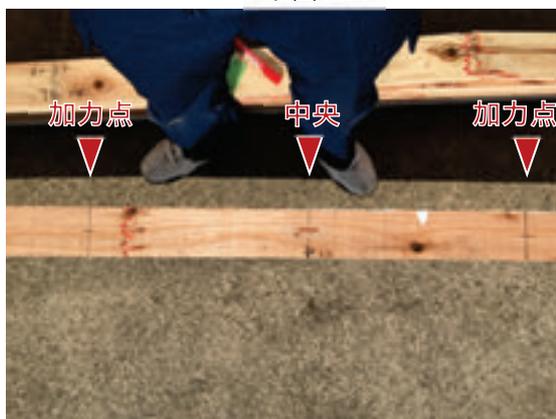
表側面



裏側面



下面



上面

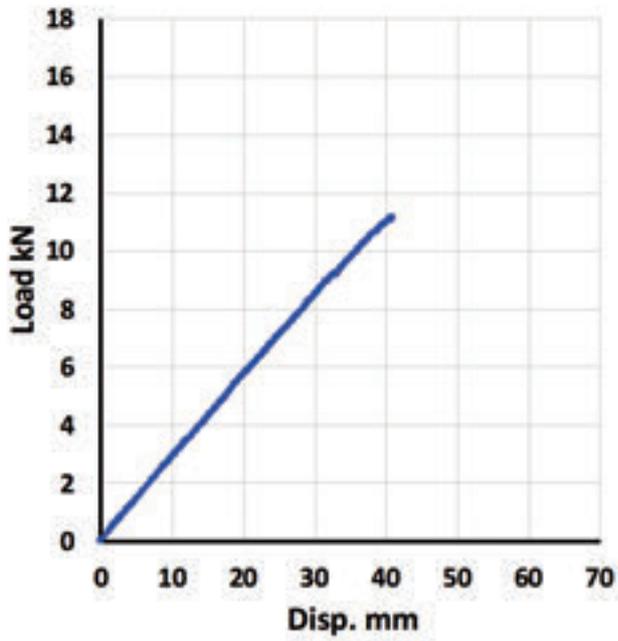


(12) TB-08 60-89 試験体

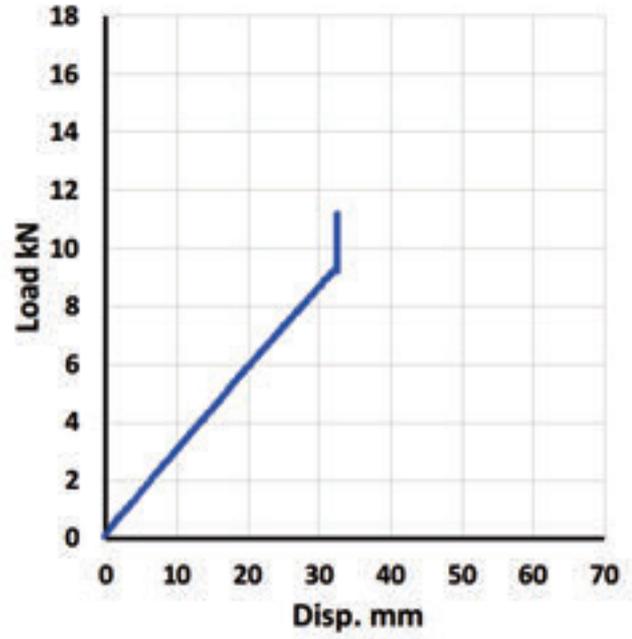
試験体の物性値データ

重量		18180	g
寸法	幅	100.63	mm
	厚さ	146.67	mm
	長さ	3030	mm
密度		0.407	g/cm ³
含水率		3.50	%
縦ヤング係数		4.50	kN/mm ²
曲げ強度		13.383	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.420	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		4.645	kN/mm ²

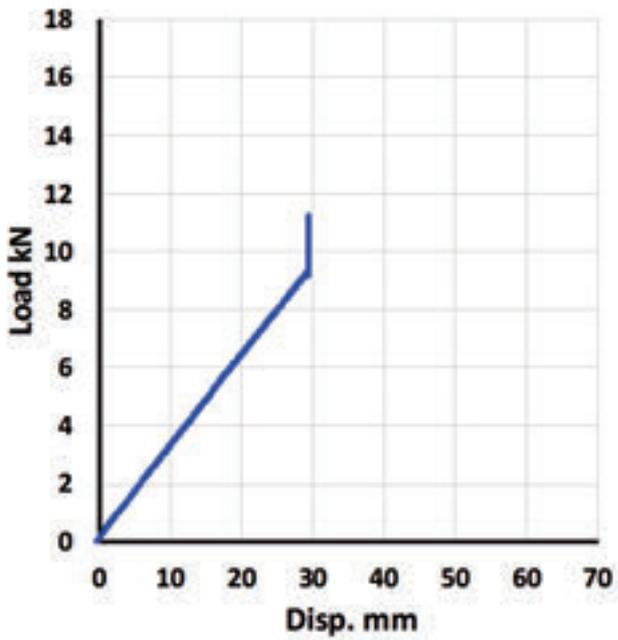
TB-08 60-89 中央ワイヤー



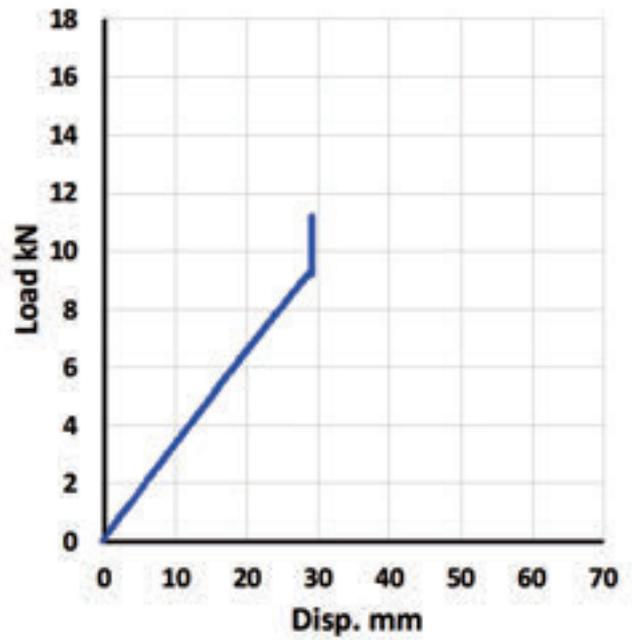
TB-08 60-89 中央



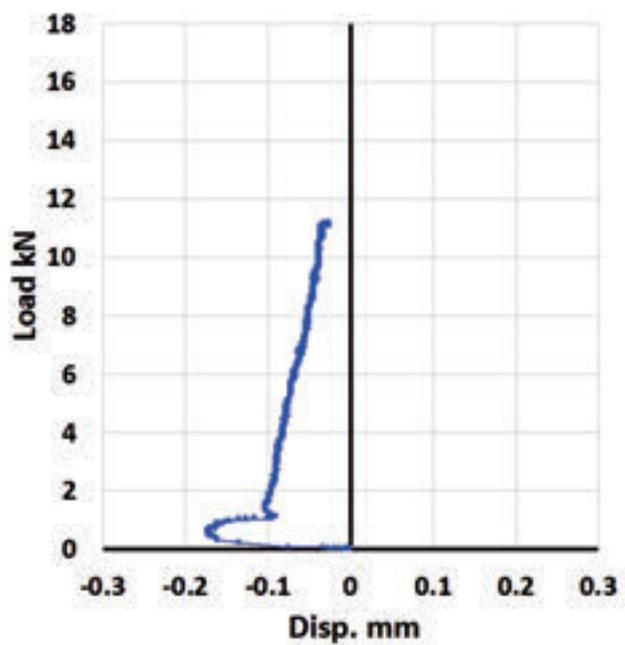
TB-08 60-89 右加力点



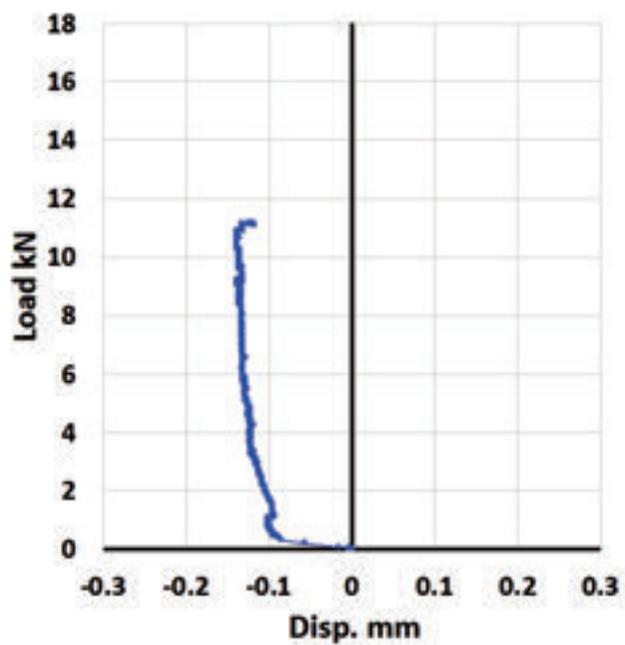
TB-08 60-89 左加力点



TB-08 60-89 右支点めり込み



TB-08 60-89 左支点めり込み

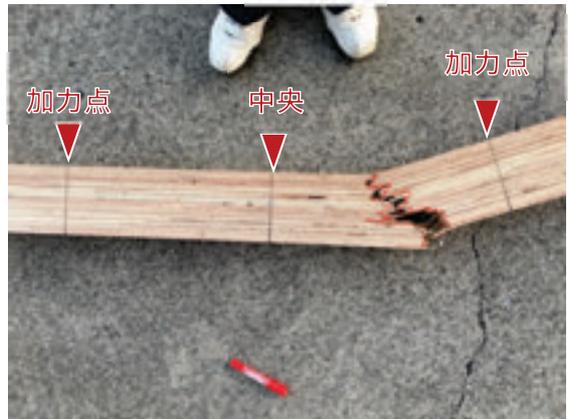


破壊性状 (TB-08 60-89)

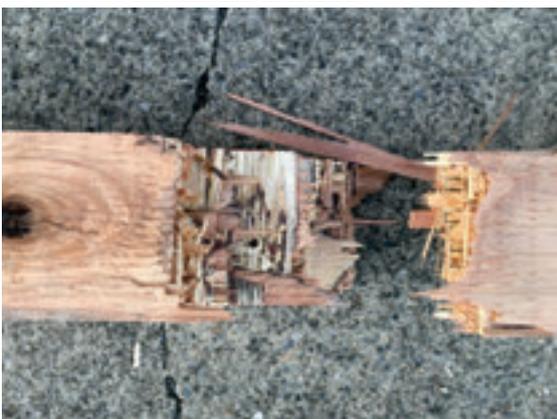
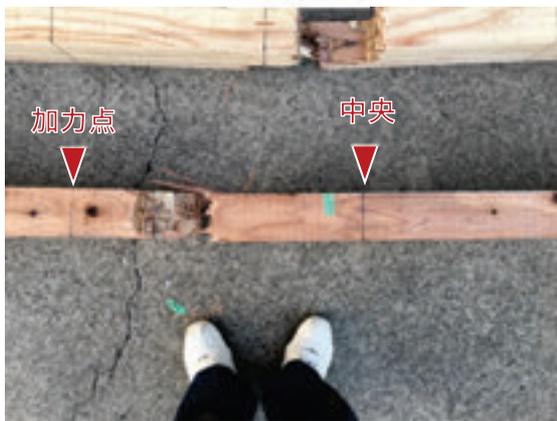
表側面



裏側面



下面



上面

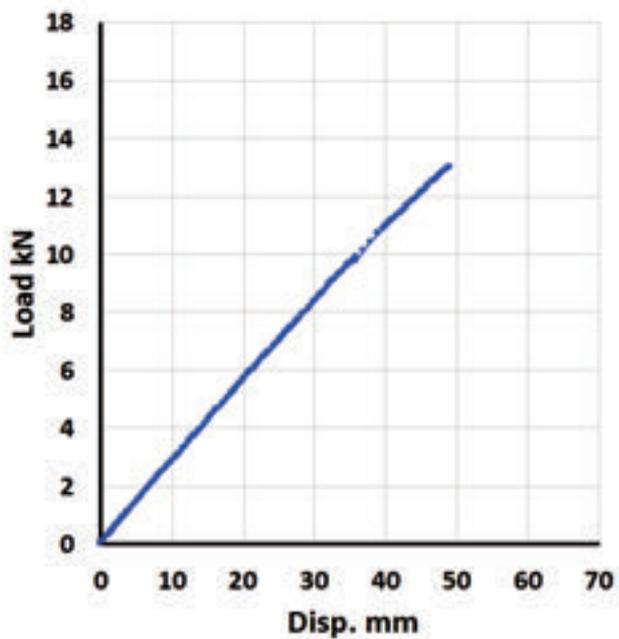


(13) TB-10 60-89 試験体

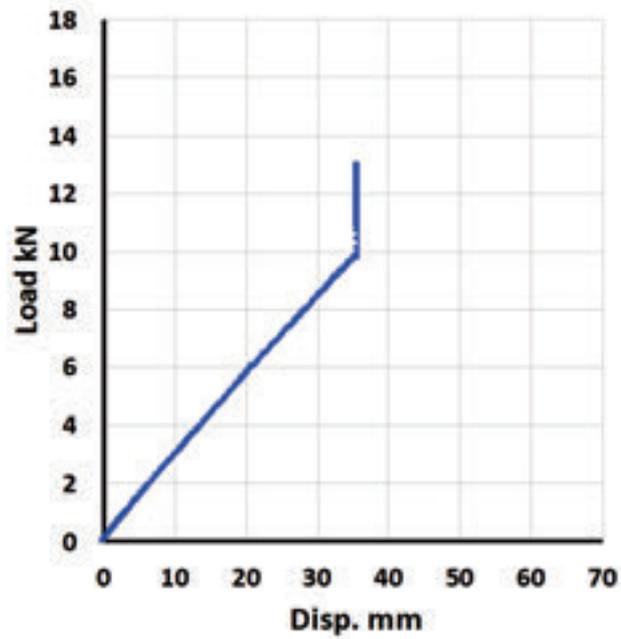
試験体の物性値データ

重量		17930	g
寸法	幅	100.99	mm
	厚さ	146.52	mm
	長さ	3030	mm
密度		0.400	g/cm ³
含水率		4.70	%
縦ヤング係数		4.69	kN/mm ²
曲げ強度		15.579	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.357	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		4.137	kN/mm ²

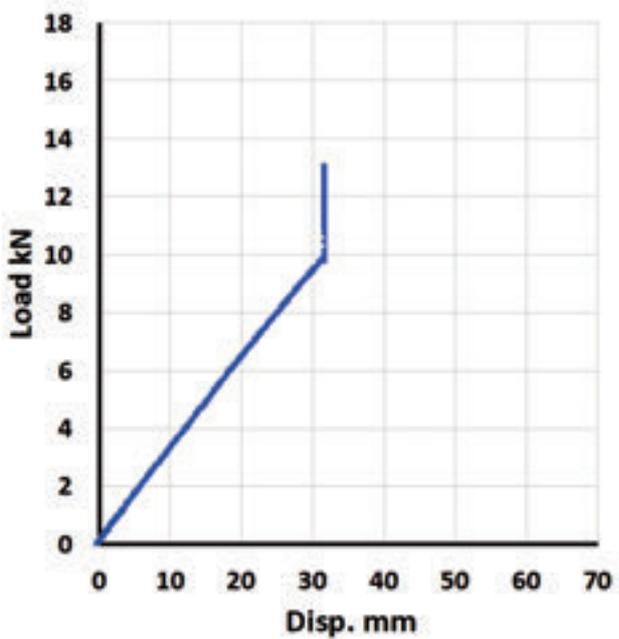
TB-10 60-89 中央ワイヤー



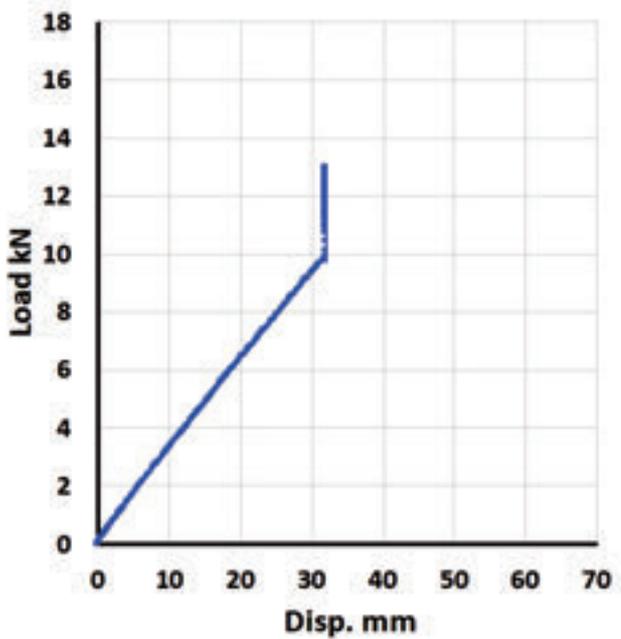
TB-10 60-89 中央



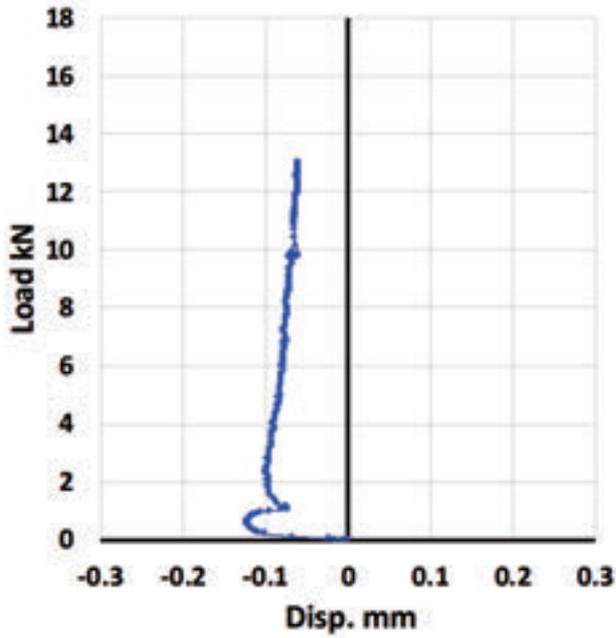
TB-10 60-89 右加力点



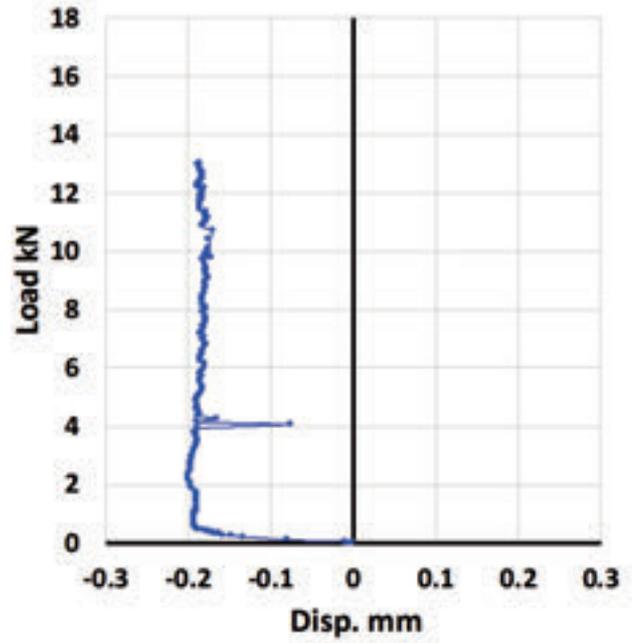
TB-10 60-89 左加力点



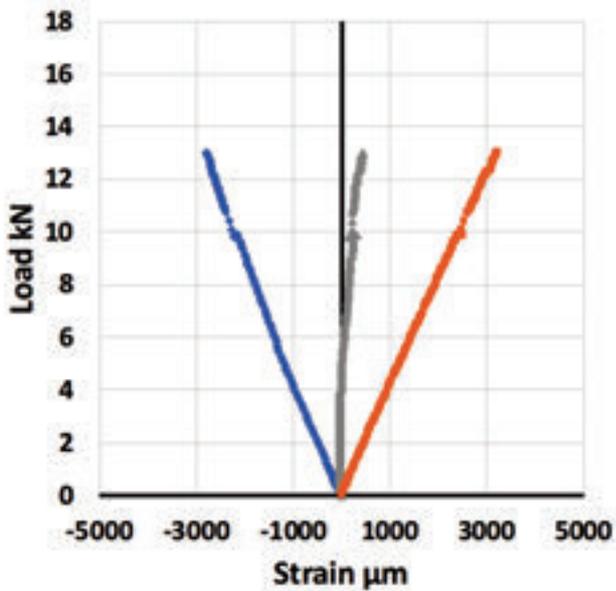
TB-10 60-89 右支点めり込み



TB-10 60-89 左支点めり込み

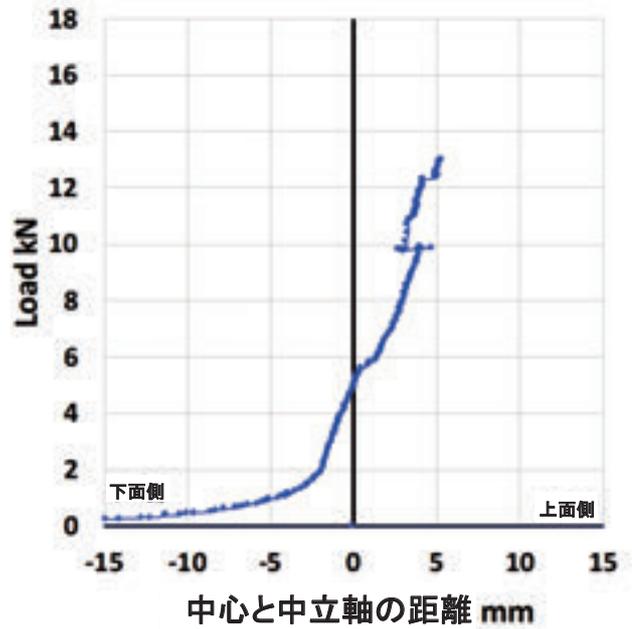


TB-10 60-89 中央ひずみ



← 圧縮ひずみ → ひずみ差 → 引張ひずみ

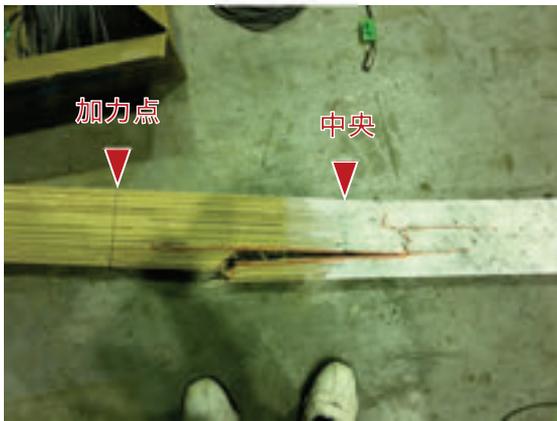
TB-10 60-89 中立軸



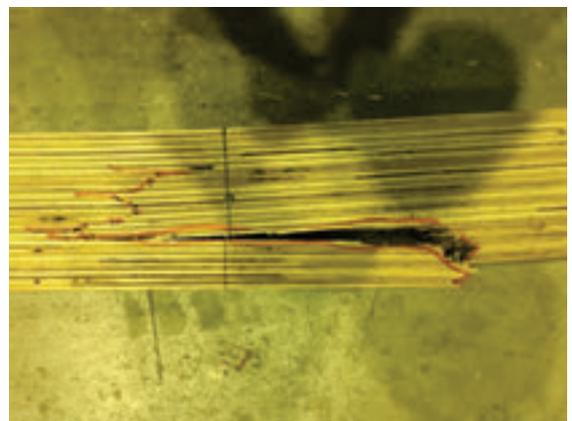
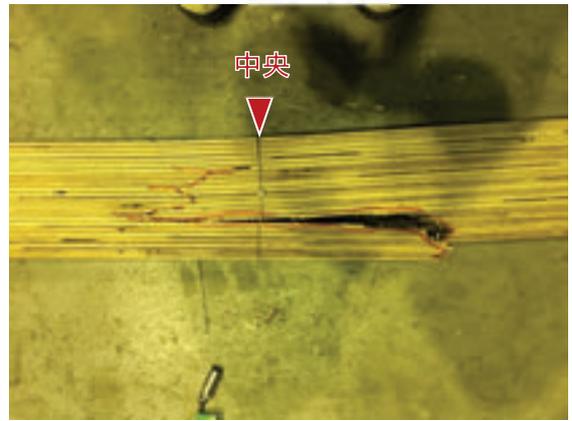
中心と中立軸の距離 mm

破壊性状 (TB-10 60-89)

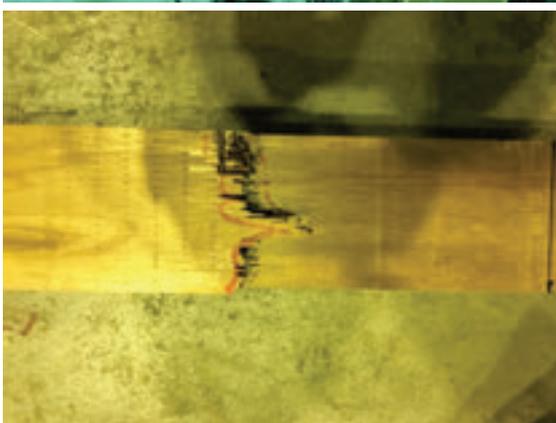
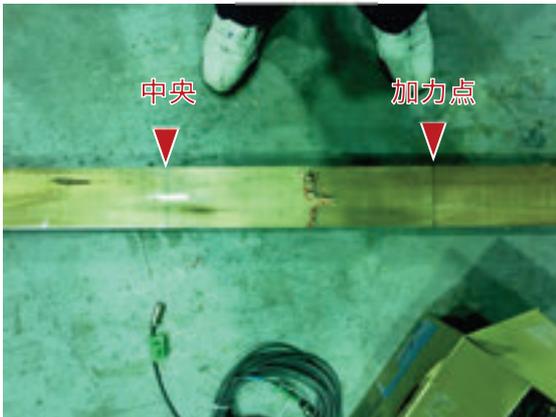
表側面



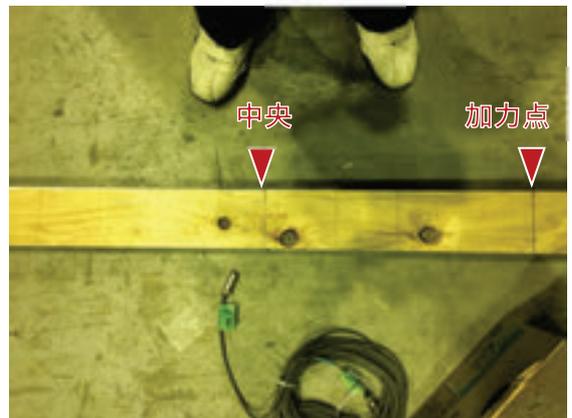
裏側面



下面



上面

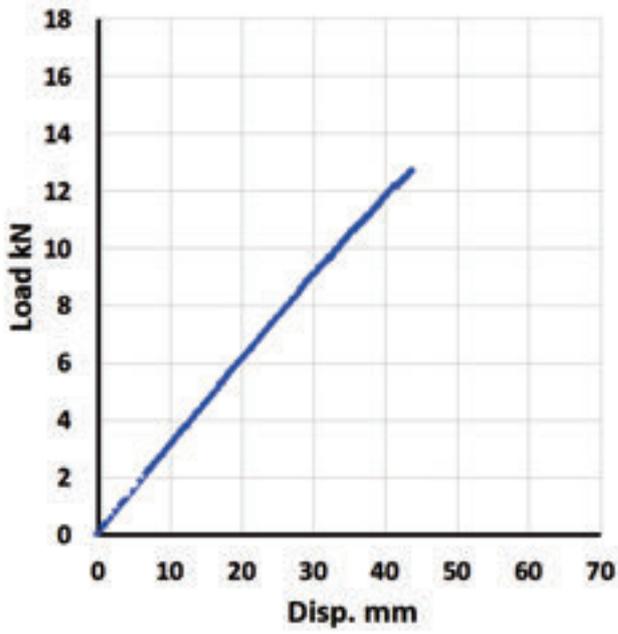


(14) TB-12 60-89 試験体

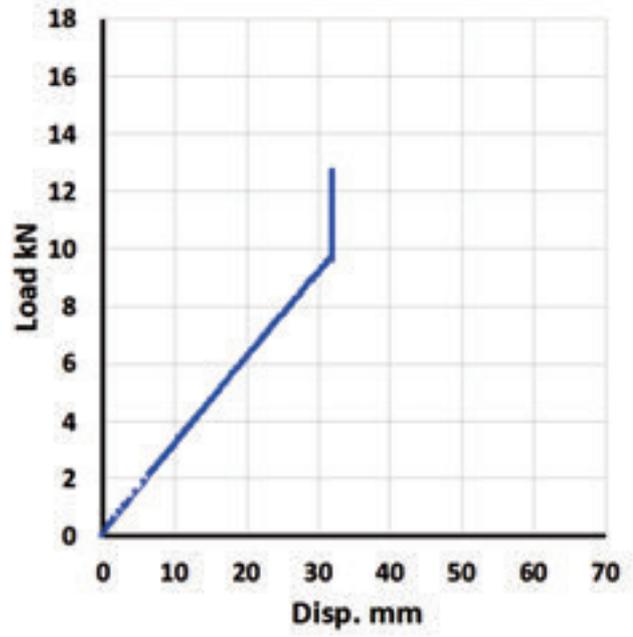
試験体の物性値データ

重量		18540	g
寸法	幅	100.53	mm
	厚さ	145.67	mm
	長さ	3030	mm
密度		0.418	g/cm ³
含水率		5.87	%
縦ヤング係数		5.09	kN/mm ²
曲げ強度		15.468	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.686	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		4.665	kN/mm ²

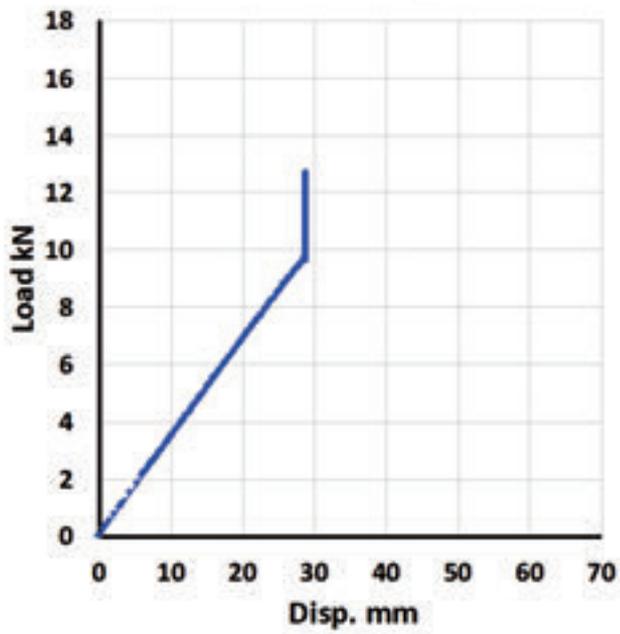
TB-12 60-89 中央ワイヤー



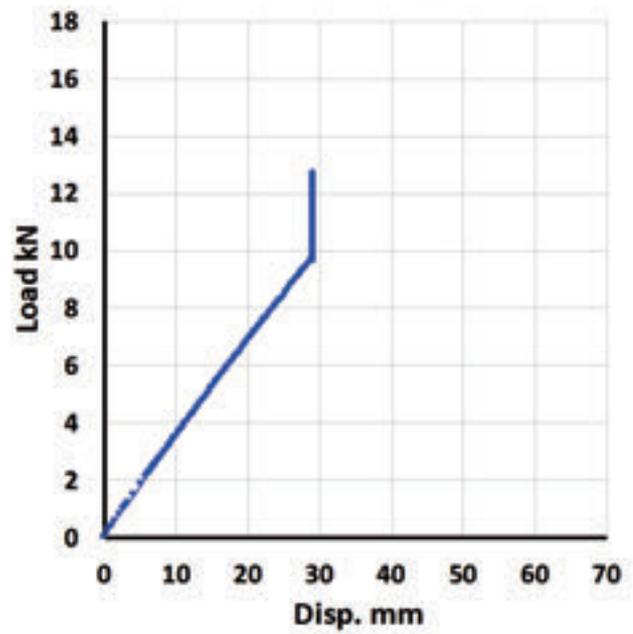
TB-12 60-89 中央



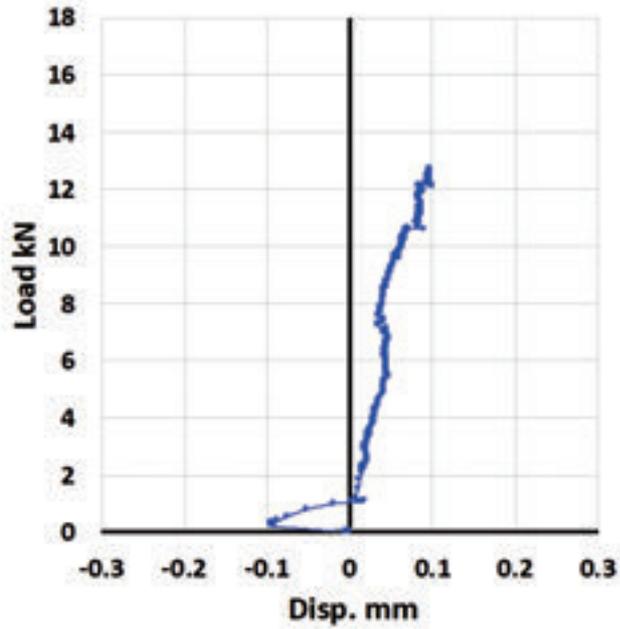
TB-12 60-89 右加力点



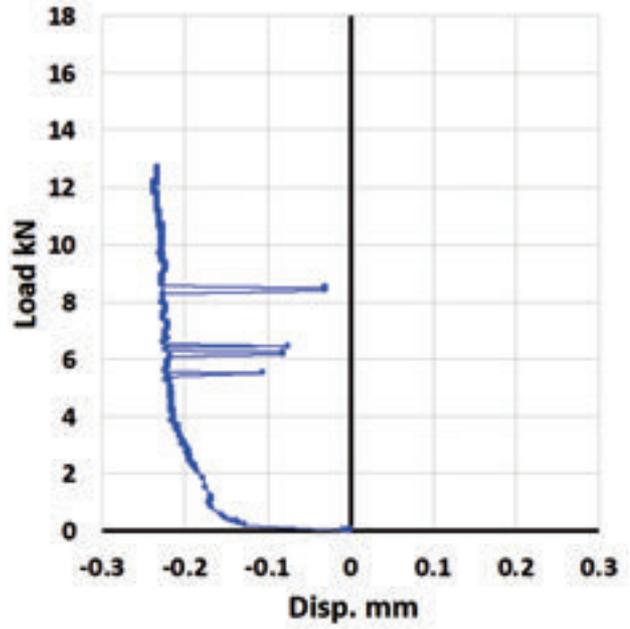
TB-12 60-89 左加力点



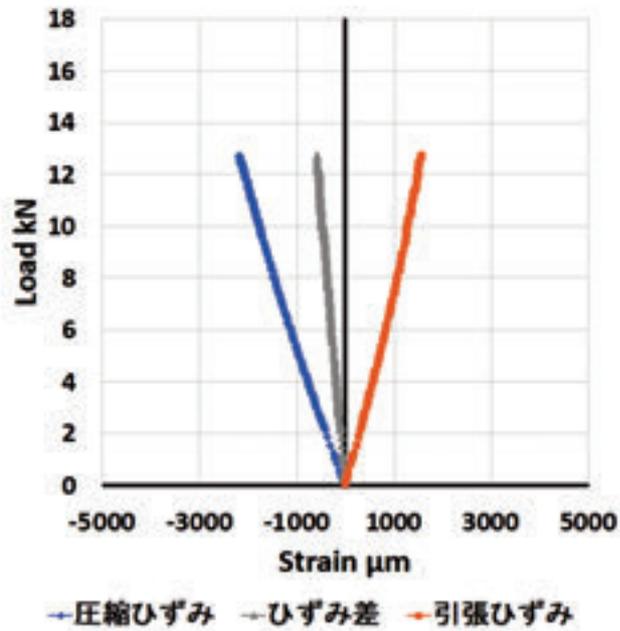
TB-12 60-89 右支点めり込み



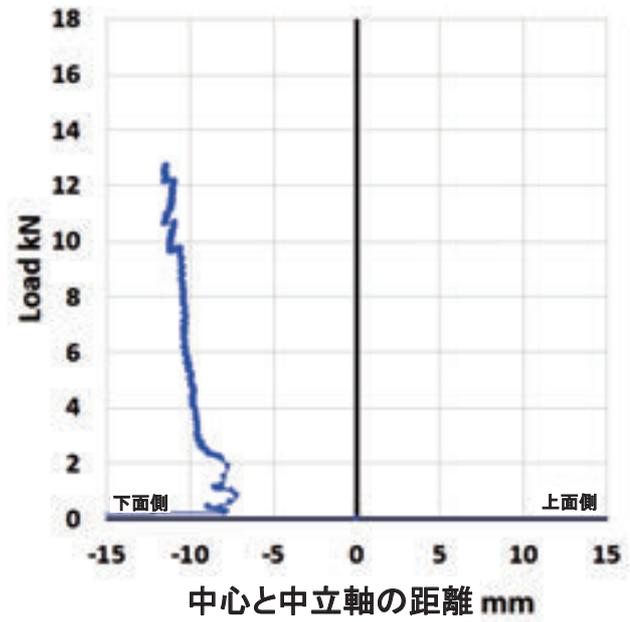
TB-12 60-89 左支点めり込み



TB-12 60-89 中央ひずみ

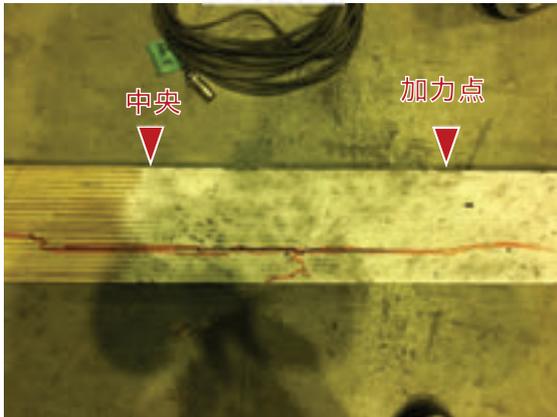


TB-12 60-89 中立軸

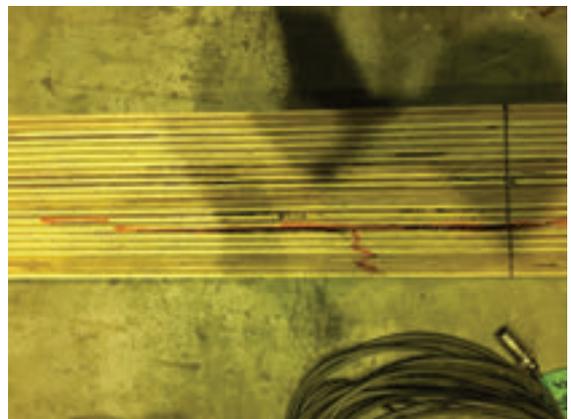
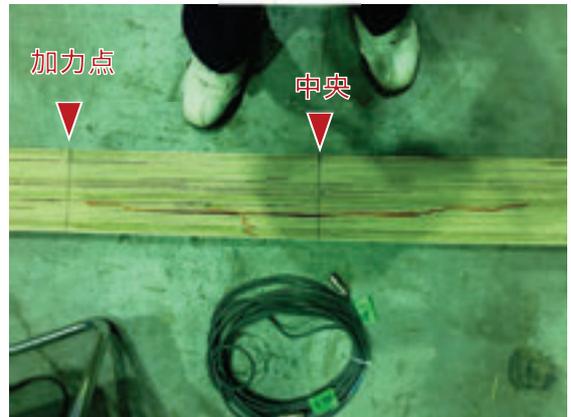


破壊性状 (TB-12 60-89)

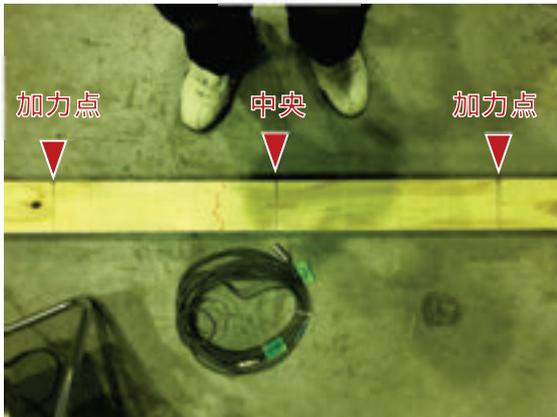
表側面



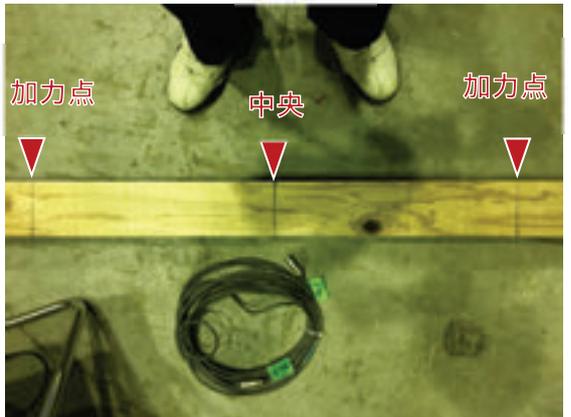
裏側面



下面



上面

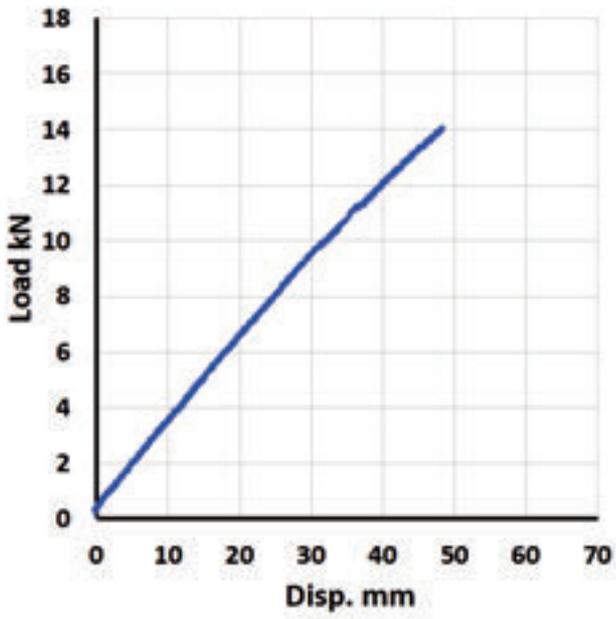


(15) TB-14 60-89 試験体

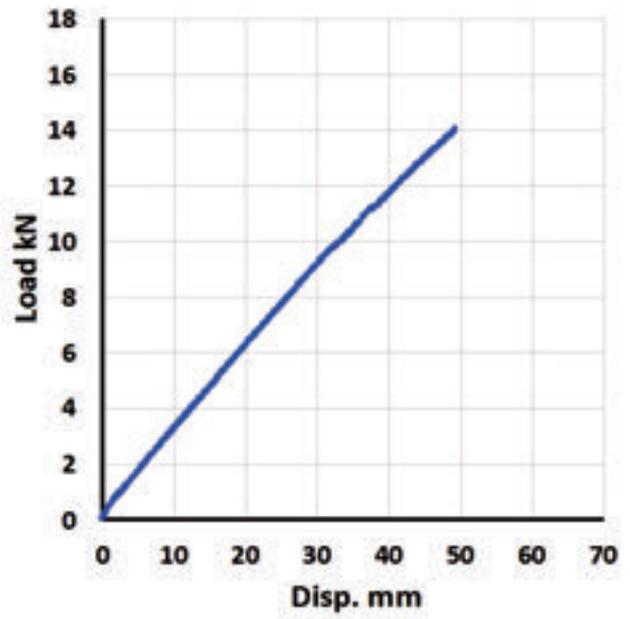
試験体の物性値データ

重量		18710	g
寸法	幅	100.40	mm
	厚さ	146.33	mm
	長さ	3031	mm
密度		0.420	g/cm ³
含水率		6.23	%
縦ヤング係数		4.84	kN/mm ²
曲げ強度		16.917	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.643	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		4.397	kN/mm ²

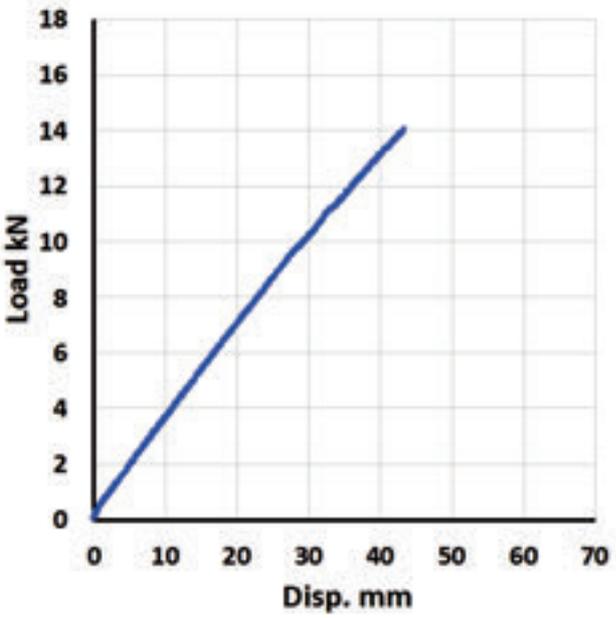
TB-14 60-89 中央ワイヤー



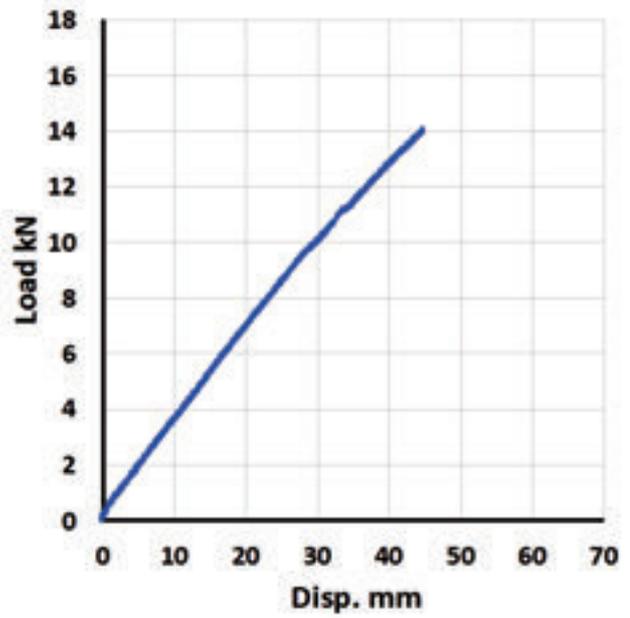
TB-14 60-89 中央



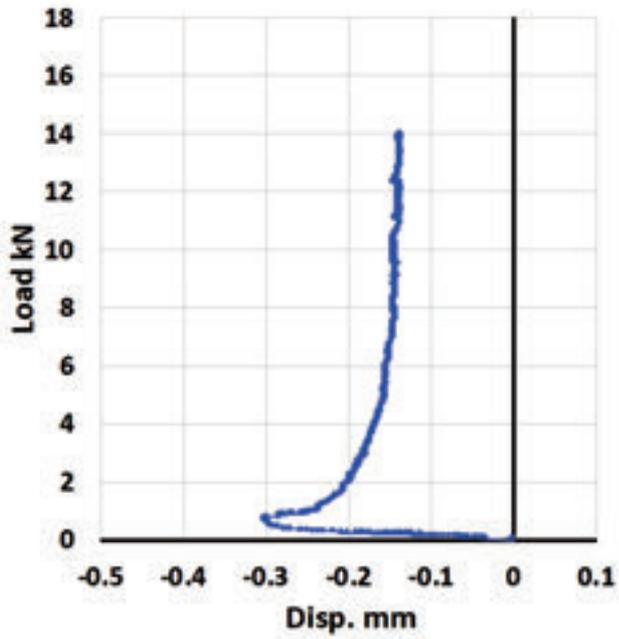
TB-14 60-89 右加力点



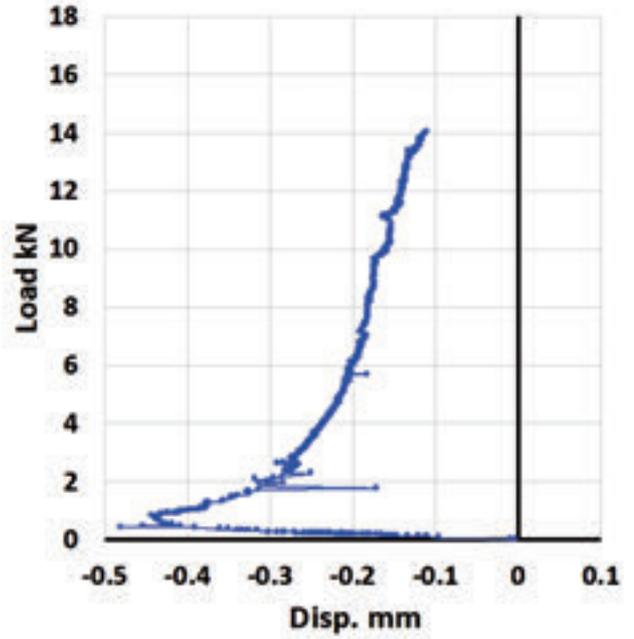
TB-14 60-89 左加力点



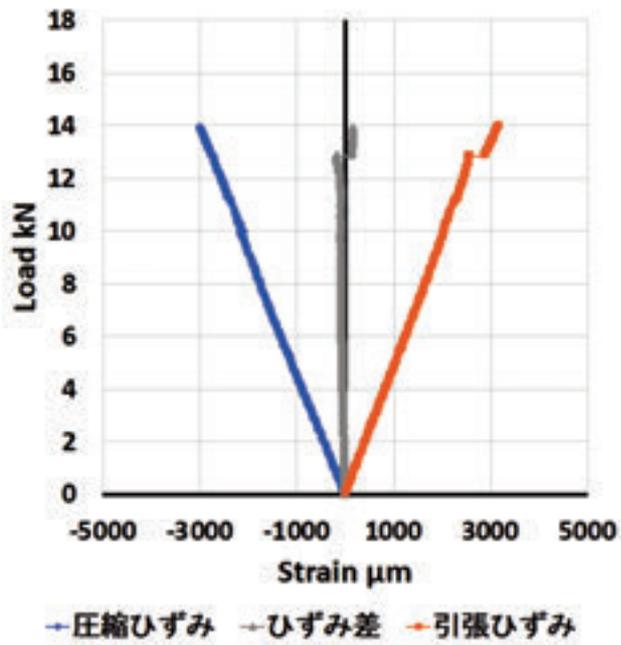
TB-14 60-89 右支点めり込み



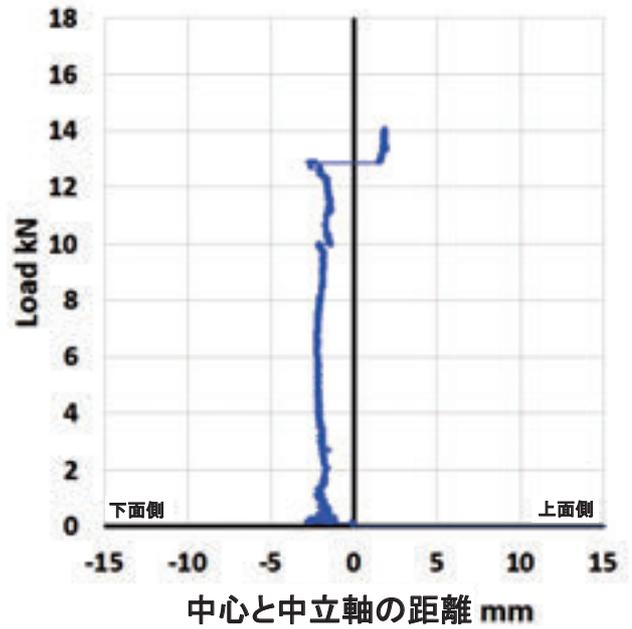
TB-14 60-89 左支点めり込み



TB-14 60-89 中央ひずみ

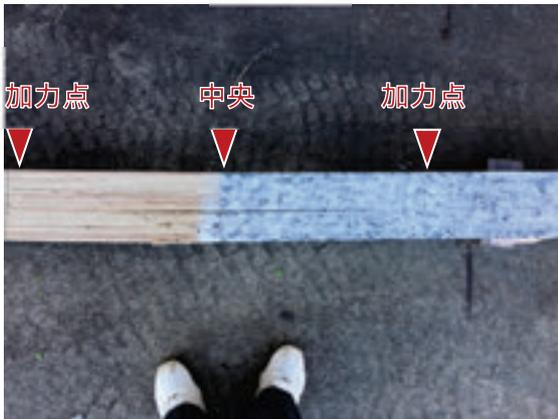


TB-14 60-89 中立軸



破壊性状 (TB-14 60-89)

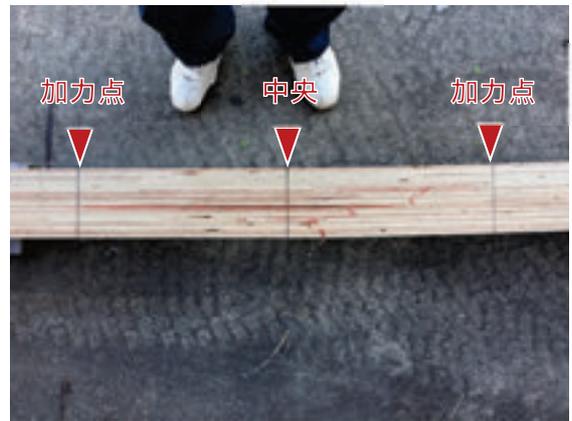
表側面



下面



裏側面



上面

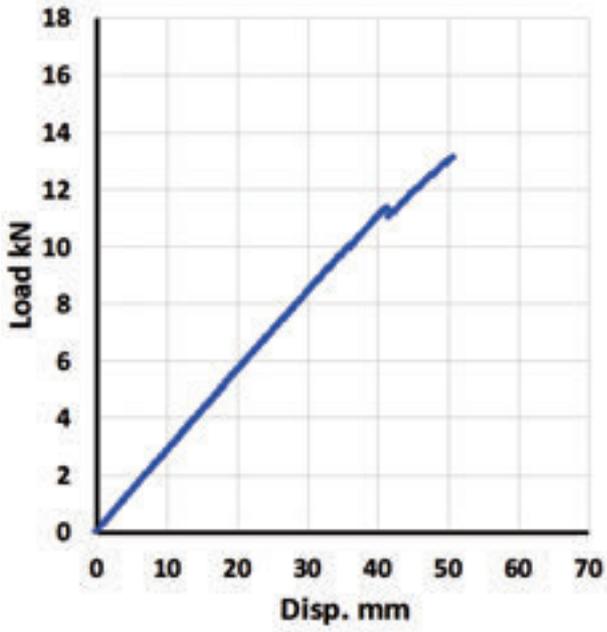


(16) TB-16 60-89 試験体

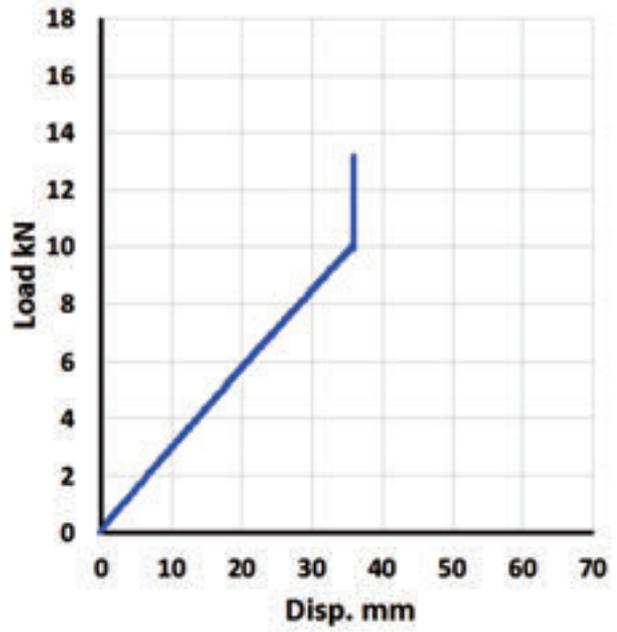
試験体の物性値データ

重量		17890	g
寸法	幅	100.46	mm
	厚さ	144.00	mm
	長さ	3031	mm
密度		0.408	g/cm ³
含水率		6.33	%
縦ヤング係数		4.79	kN/mm ²
曲げ強度		16.337	N/mm ²
見かけの曲げヤング係数		3.560	kN/mm ²
真の曲げヤング係数		4.398	kN/mm ²

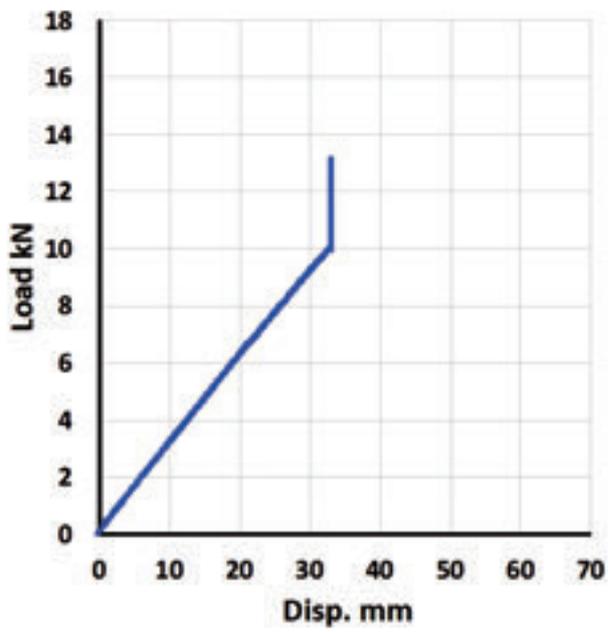
TB-16 60-89 中央ワイヤー



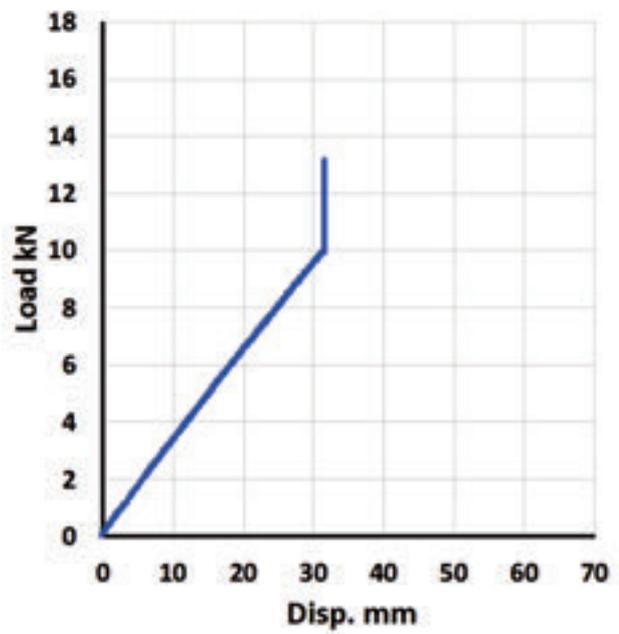
TB-16 60-89 中央



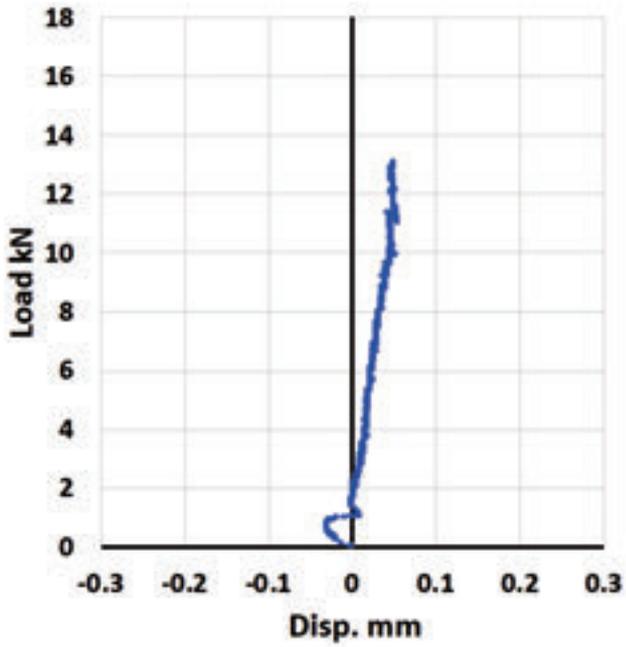
TB-16 60-89 右加力点



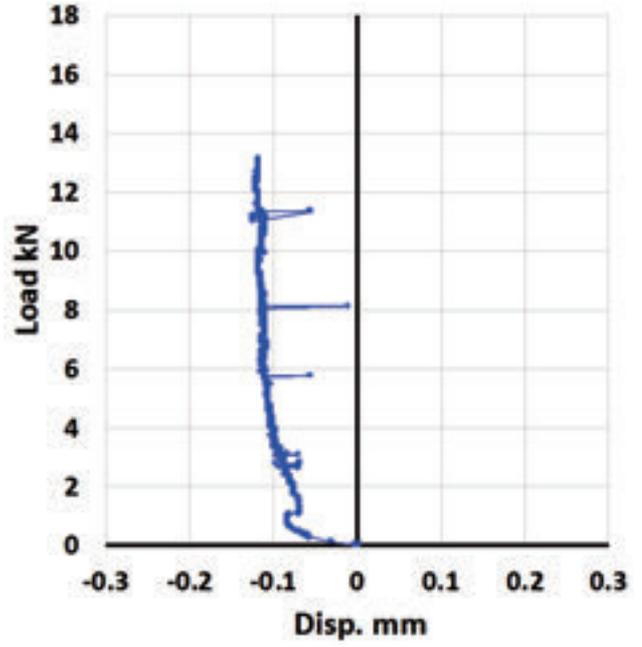
TB-16 60-89 左加力点



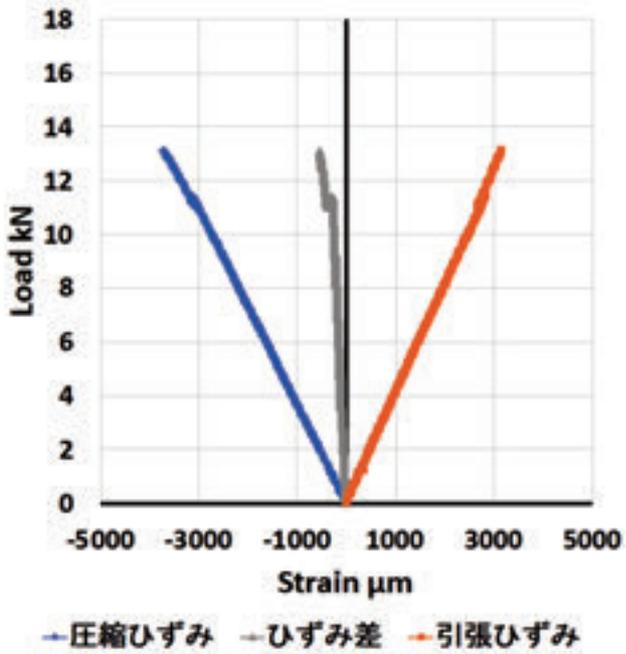
TB-16 60-89 右支点めり込み



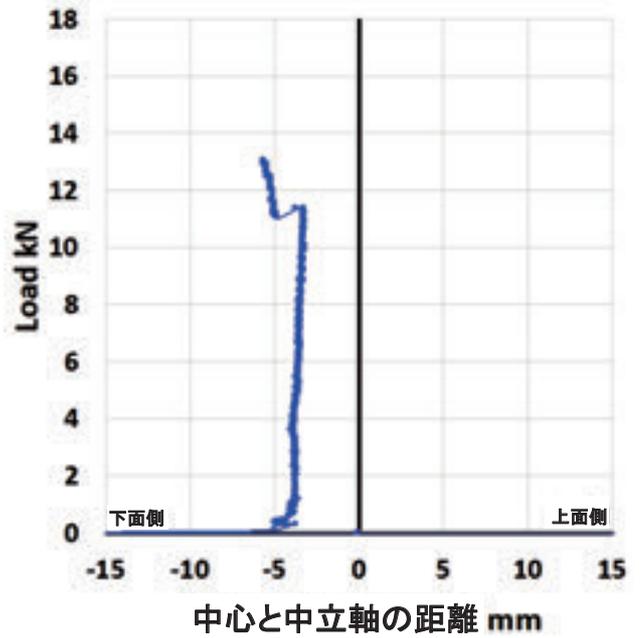
TB-16 60-89 左支点めり込み



TB-16 60-89 中央ひずみ



TB-16 60-89 中立軸

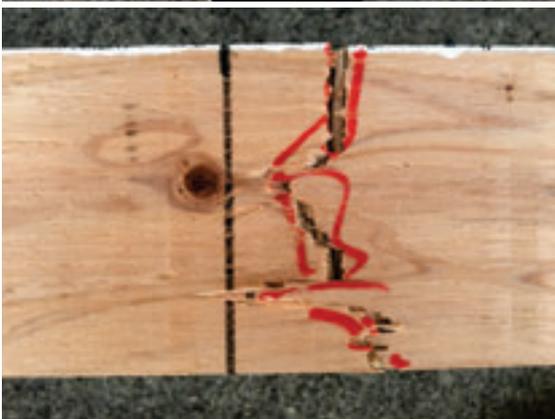


破壊性状 (TB-16 60-89)

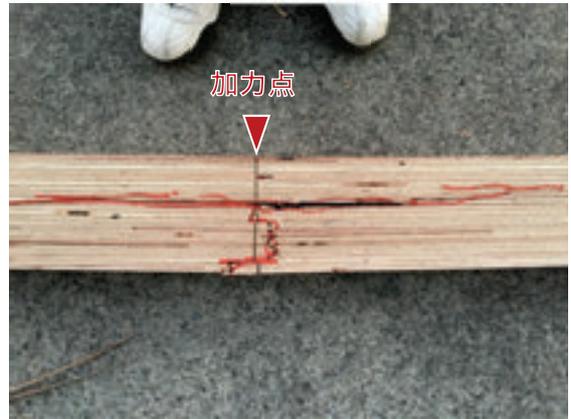
表側面



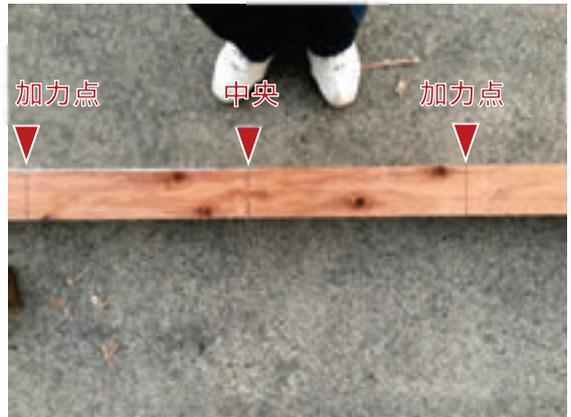
下面



裏側面

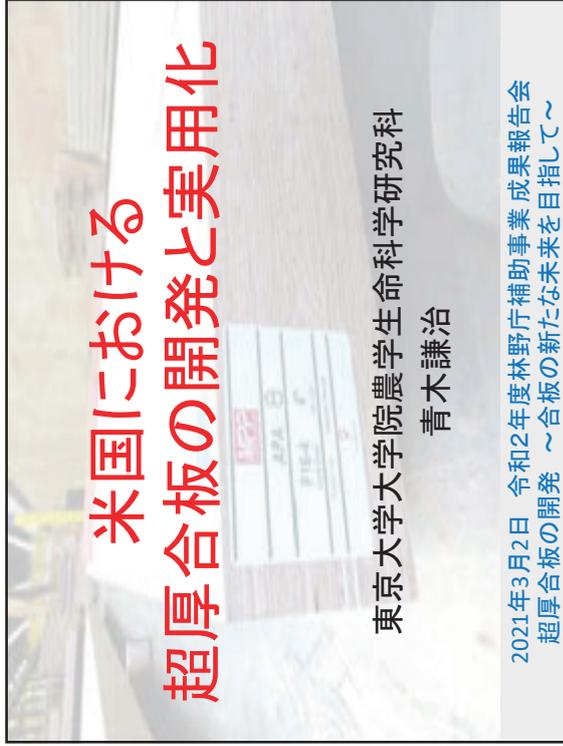


上面

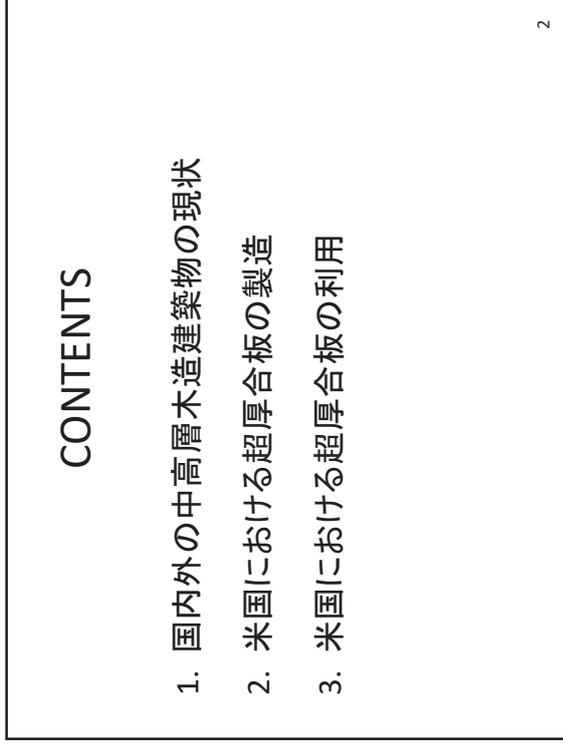


8.3 成果報告会講演要旨

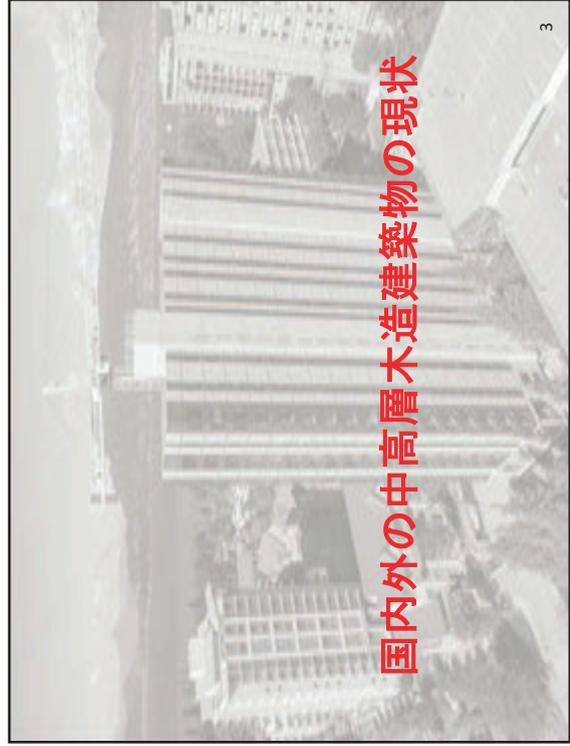
8.3.1 米国における超厚合板の開発と実用化



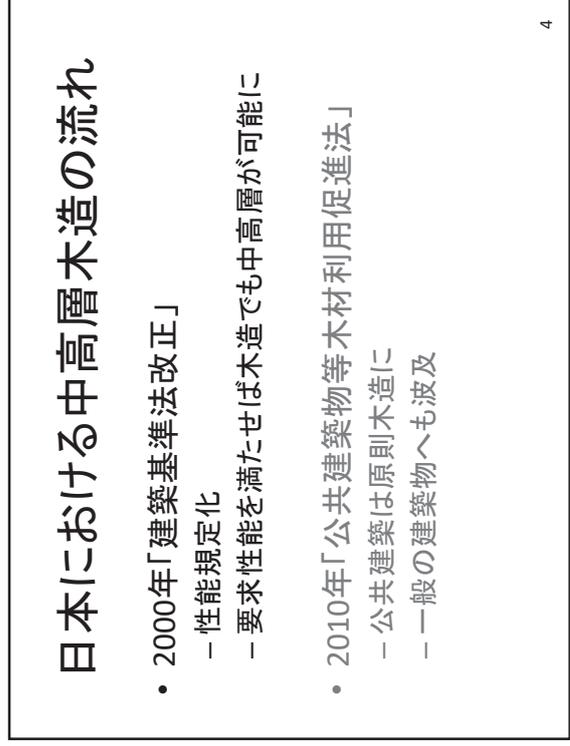
1



2



3



4

2000年以降の中層木造

金沢：Mビル

- ・ 1階がRC造、2-5階が木質ハイブリッド1時間耐火構造



名古屋：丸美産業本社

- ・ 1階がRC造、2-5階が木質ハイブリッド1時間耐火構造



5

2000年以降の中層木造

越谷：ポラテック本社ビル

- ・ 1-4階が木質ハイブリッド1時間耐火構造



世田谷：下馬の共同住宅

- ・ 1FがRC造、2-5階が木造1時間耐火構造



6

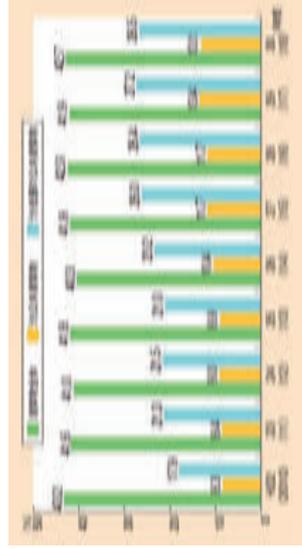
日本における中高層木造の流れ

- ・ 2000年「建築基準法改正」
 - 性能規定化
 - 要求性能を満たせば木造でも中高層が可能に
- ・ 2010年「公共建築物等木材利用促進法」
 - 公共建築は原則木造に
 - 一般の建築物へも波及

7

木造率の推移

- ・ 公共建築物全体では13%程度
- ・ 低層の公共建築物に限ると27%程度まで上昇



「建築精工統計調査平成29年度」(国土交通省)のデータを元に林野庁が作成

8

中高層木造に使用する木質材料

- 軸材：集成材、LVL、LSLなど
- 面材：CLT、NLT、合板など



超厚合板の出現



9

9



米国における超厚合板の製造

10

10

米国における超厚合板

- 厚物合板を二次接着して厚板化した木質系面材料
 - CLTの代替材料として開発（オレゴン州Freres社）
 - CLT（挽き板利用）よりも合板（単板利用）の方が歩留まりが高く、品質も安定

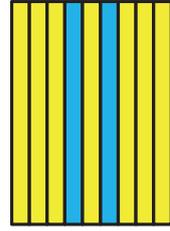


11

11

製造ライン 原料となる合板

- 樹種は全てダグラスファー
- 厚物合板の単板構成が特殊
 - 元々は普通の合板のように平行と直交を交互にしていたが、現状は、9plyで3-1-1-1-3の構成で直交層は2層のみ
 - 日本ではB種LVLでもこの構成はできない
 - Structural Composite Lumber (ASTM D5456) で性能評価
- 接着はフェノール樹脂接着剤
- 単板は密度で区分



12

12



13

製造ライン 合板のたて継ぎ加工

- 最大14.5m(48ft)のパネルを作るため、**強軸方向にたて継ぎ**をする
- たて継ぎは、**合板のフックドスカーフジョイント**
 - 厚さ方向の圧縮だけで接着できる
 - スカーフ長は厚さに対して8倍まで
 - スカーフの接着はメラミン樹脂接着剤
 - 高周波プレスで圧縮
- 日本では、製品のたて継ぎはLVLも合板もできない
- LVLは単板のたて継ぎのみOK

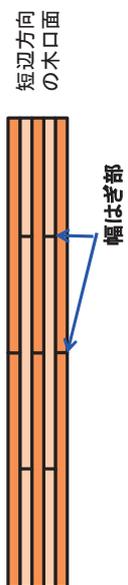
14

14



15

製造ライン たて継ぎ合板の積層接着

- たて継ぎ合板を順番に積層しながら接着剤を塗布
- 
- 接着剤はメラミン樹脂接着剤
 - 幅広の超厚合板でも**幅はぎ接着はしない**
 - 圧縮時の接着剤のはみ出しにより、ある程度は幅はぎ接着ができています
 - 華氏190度(約88°C)で1分、冷圧1時間半の圧縮

16

16

建築構造材としての利用

- CLTと同様に、建築物の構造材としての利用が主目的
- そのために、オレゴン州立大との共同研究等で材料特性、接合特性などを研究している



21

建築構造材としての利用

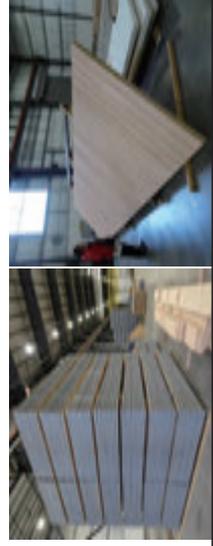
- 大学キャンパス内に2棟の木造建築物を建設
 - ✓研究棟 ……3階建て、集成材・CLT・超厚合板の複合構造
 - ✓実験棟 ……平屋建て、超厚合板で壁と屋根を構成



22

土木資材への利用

- 超厚合板はまだ作り始めたばかりの材料で、様々な用途を試している段階
- 敷板としての利用も検討
 - 比較的薄い超厚合板を製造し、断面部分には防水塗料を塗り、工事現場などでの敷板として利用する



24

建築構造材としての利用

- CLTと同様に、建築物の構造材としての利用が主目的
- そのために、オレゴン州立大との共同研究等で材料特性、接合特性などを研究している



21



23

8.3.2. 我が国における超厚合板の研究開発の方向性

令和2年度林野庁補助事業 成果報告会
超厚合板の開発～合板の新たな未来を目指して～

我が国における超厚合板の 研究開発の方向性

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所 複合材料研究領域 渋沢 龍也

- ・ 木質材料の種類と特徴
- ・ 超厚合板の研究要素
- ・ 構造用途における要求性能
- ・ 木質材料の性能比較
- ・ 超厚合板の研究開発戦略



1

木質研究の必要性



木材の用途：
建築物の構造材
が中心



研究・開発の目標



- ・ 低質原料から
長大材を確保
- ・ 建築物に必要な
性能の確保

2

木質材料：細分化した エレメントを再構成



- ・ エレメントが小さい
＝原料の選択の幅が広い
- ・ 再構成されている
＝性能のバラツキが小さい
- ・ 性能付与が可能
≠腐る・食われる, 燃える, 反る・曲がる
→資源の有効利用, 性能の信頼性向上

3

木質材料の

一般的な製造方法



- 原料のエレメント化
→エレメントの乾燥
→接着剤添加
→エレメントの堆積
→圧締
→養生→所定寸法に鋸断・研削

4

集成材・CLT



ラミナ(板材)を幅はぎ、たて継ぎ

小径木から大断面材を製造

5

単板積層材・合板

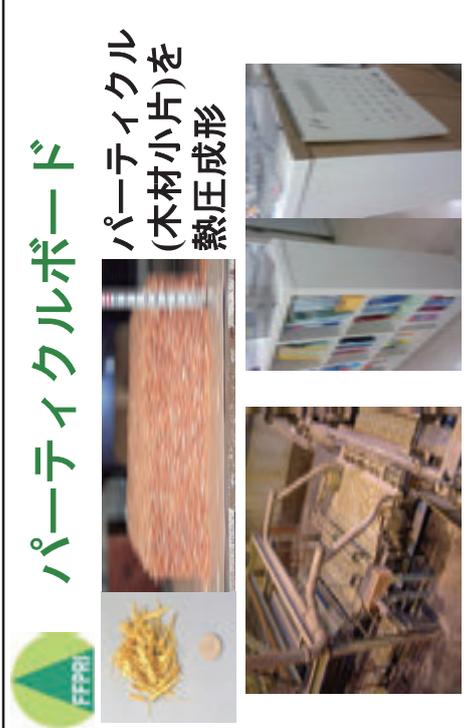


単板(ベニヤ): 丸太を削ぎ出したもの

強度高い, 生産効率高い

6

パーティクルボード



パーティクル (木材小片)を熱圧成形

- 原料を選ばない, 連続生産可能
- 強度と寸法安定性は低い

7

OSB: オリエンテッドストランドボード



ストランド: 比較的大きなパーティクル
オリエンテッド: 向きを揃えた

- 強度が合板に近い
- 寸法安定性は低い

8

繊維板

木材などの繊維を圧縮成形



・表面が滑らか、加工性高い

FFPRI

9

接着重ね材・合せ材

製材ひき板を平行に積層接着

重ね材：木造軸組
構法の構造耐力用

合せ材：丸太組構
法の構造耐力用



民間主導の規格

FFPRI

10

エレメント寸法と性能



↑強度性能

美観性他 ↓

MPP(超厚合板)

CLT(直交集成板)

FFPRI

11

超厚合板とは？



合板をたて継ぎ、2次接着
大断面、大面積化

FFPRI

12

合板の種類

- 普通合板
- コンクリート型枠用合板
- 構造用合板
- 化粧ばり構造用合板
- 天然木化粧合板
- 特殊加工化粧合板



13

超厚合板の開発要素技術①

2次接着→厚さを増やす



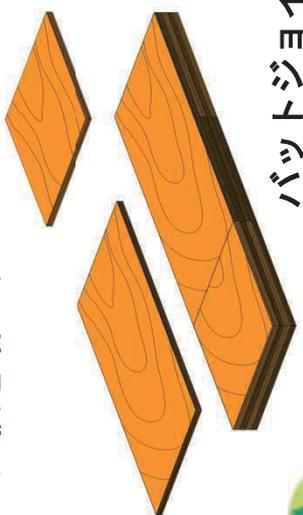
単板厚さ・選別
接着剤の種類?
接着条件?



14

超厚合板の開発要素技術②

たて継ぎ・幅はぎ → 面積を増やす 単板たて継ぎでは 表層以外ok



バットジョイント?
スカーフジョイント?



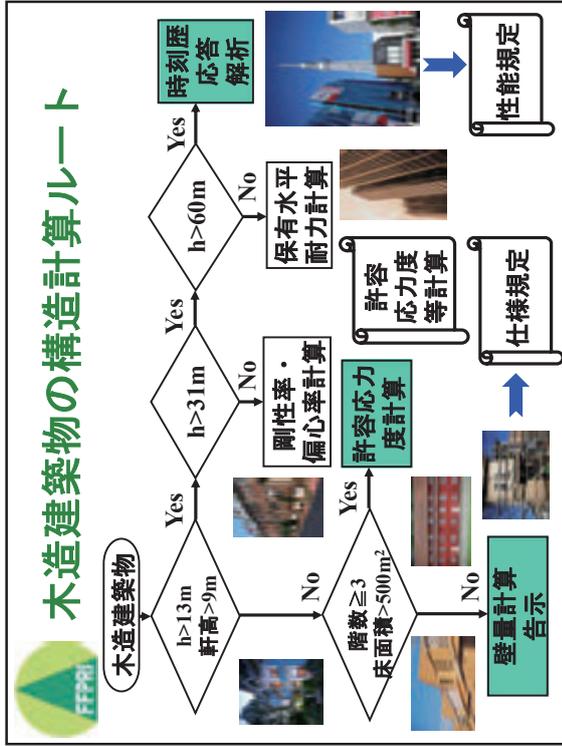
15

合板の区分

- 接着の程度—特類・1類・(2類)
- ホルムアルデヒド放散量
 - F☆☆☆☆～☆☆
 - 非ホルムアルデヒド系
- 強度性能—1級(E-F表示)・2級
- 板面の品質—A-B～D-D



16



17

施行令第46条 (構造耐力上必要な軸組等)

昭和56年告示1100号「構造耐力上必要な軸組と同等以上の耐力を有する軸組及び当該軸組に係る倍率の数値」= 壁倍率の規定

種類 + 接合具の厚さ = 種類 × 間隔 = 壁倍率

18

壁倍率: 試験に基づき決定

面材張り耐力壁

軸組構法:
1.0~4.3倍

枠組壁工法:
1.0~4.8倍
上限5.0倍

19

超厚合板の開発要素技術③

合板には基準強度(許容応力度)は定められていない

製造の仕方現状のまま
= かなり安全側の数値
製造の仕方を厳格化
= 歩留り低下, コスト増大

樹種の限定!?

20



基準法第37条 (建築材料の品質)

「建築物の基礎、主要構造部その他安全上、防火上又は衛生上重要である政令で定める部分に使用する木材、鋼材、コンクリートその他の建築材料として建設大臣が定めるもの」

＝指定建築材料

→平成12年告示1446号

21

平成12年告示第1446号

第一：材料名を列記

- 10 木質接着成形軸材料
- 11 木質複合軸材料
- 12 木質断熱複合パネル
- 13 木質接着複合パネル

2016年 直交集成板の追加

第二：満たすべきJIS・JAS規格
単板積層材のJAS規格
直交集成板のJAS規格の追加

第三：測定方法・基準→10～13の方法準用



22



許容応力度算出の流れ

$F_s, E_s (20^\circ\text{C}, 65\%\text{RH})$

↓ ← K_3, K_c (事故的水濡れ)

F, E (基準強度・基準弾性係数)

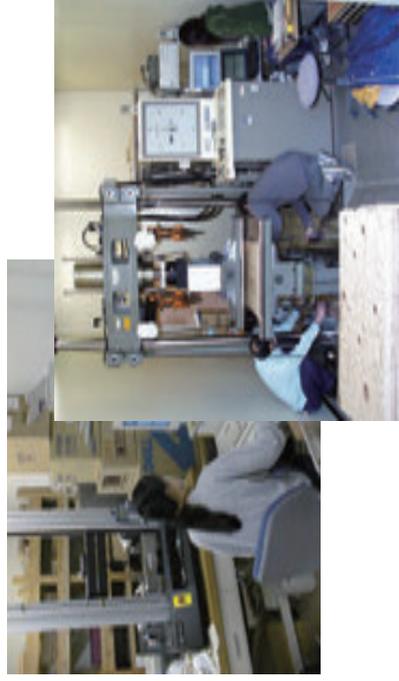
↓ ← K_t, K_a (含水率)

↓ ← K_l, K_b (DOL・クリープ)

AUS, E_d (許容応力度・弾性係数)



曲げ強度・弾性係数 4点曲げ試験



24

面内せん断強度・弾性係数



Two-rail shear法
(ASTM D 2719
Method C)

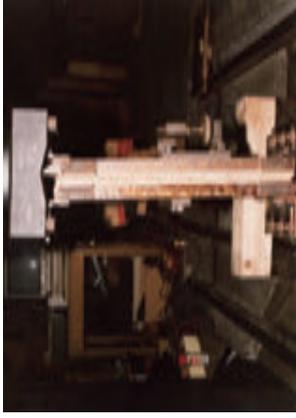


25

層内せん断強度



Rolling shear法
(ASTM D 2718)



26

釘接合部



一面せん断



側面抵抗



27

事故の水濡れ＝耐水性



72時間散水・乾燥処理



28



含水率＝使用環境



調湿で
温湿度
環境を
再現

使用環境I
直接外気に曝される環境
または常時湿潤状態に
置かれる環境
試験時: 20±2°C, 95±5%RH

使用環境II
屋外に面する部分に使われる
下地材または断続的に湿潤の
状態となるおそれのある部分
に置かれる環境
試験時: 20±2°C, 85±5%RH

使用環境III: I, II以外
試験時: 20±2°C, 65±5%RH
養生: 24時間毎の試験体
質量の変化率が0.1%以下。
※大断面部材の場合、
常にこの条件を満たす。

29

DOL・クリープ＝耐長期荷重

使用環境III: 破壊時間, 変形量



30



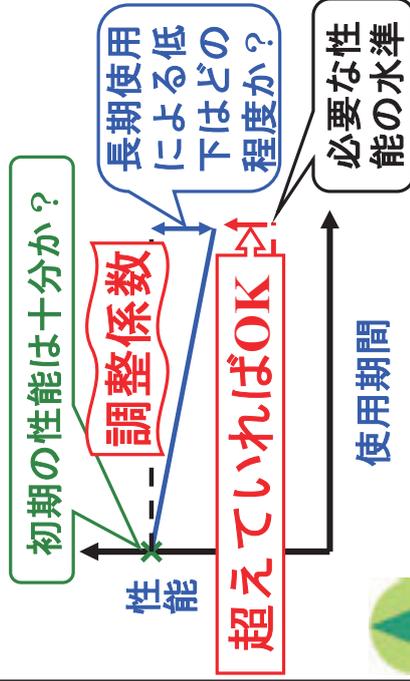
接着耐久性

促進劣化処理



31

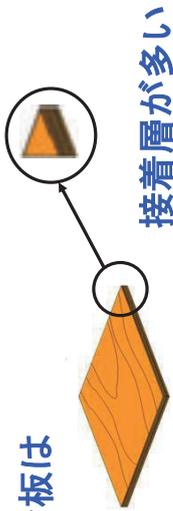
構造計算の概念



32

超厚合板の開発要素技術④

そもそも合板は



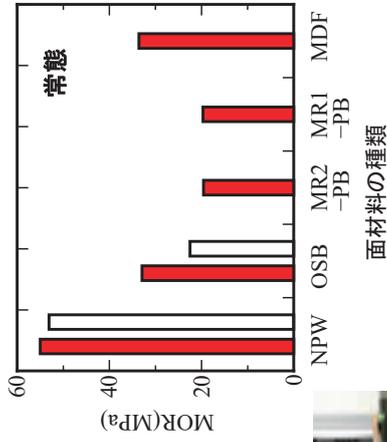
接着層が多い

単板厚さの緩和?
異方性?, 強度性能?



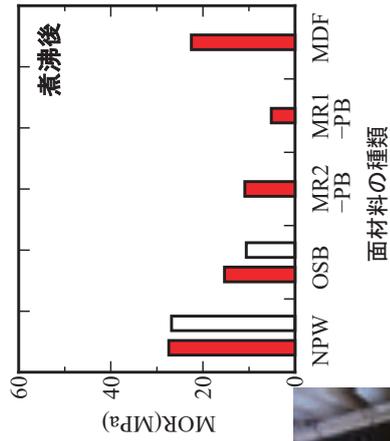
33

曲げ強さの比較



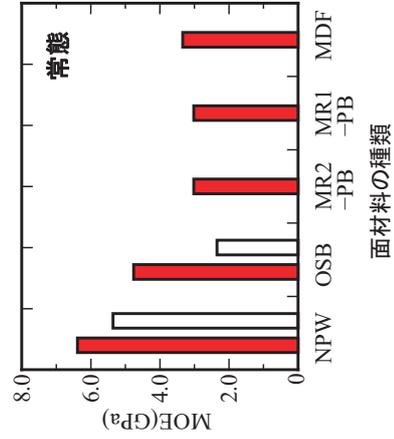
34

曲げ強さの比較

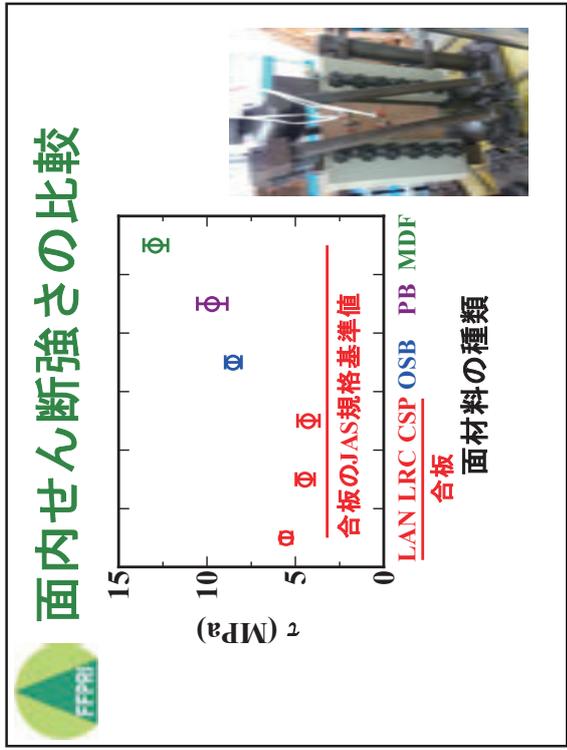


35

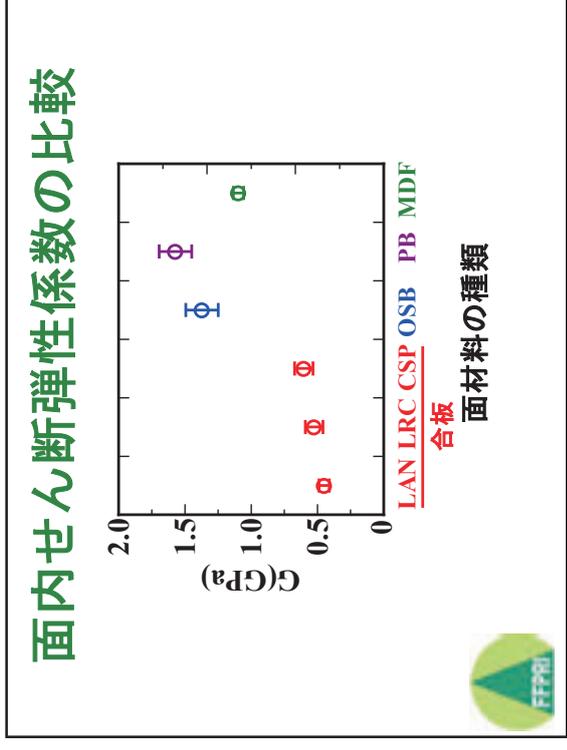
曲げヤング係数の比較



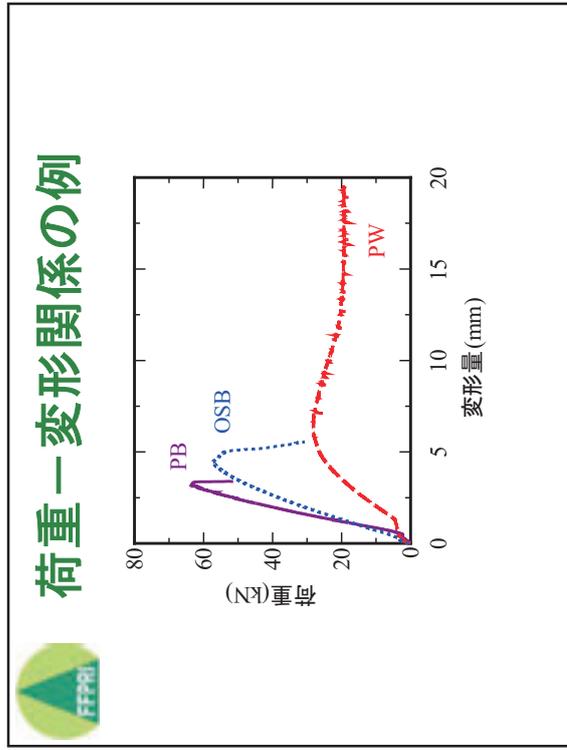
36



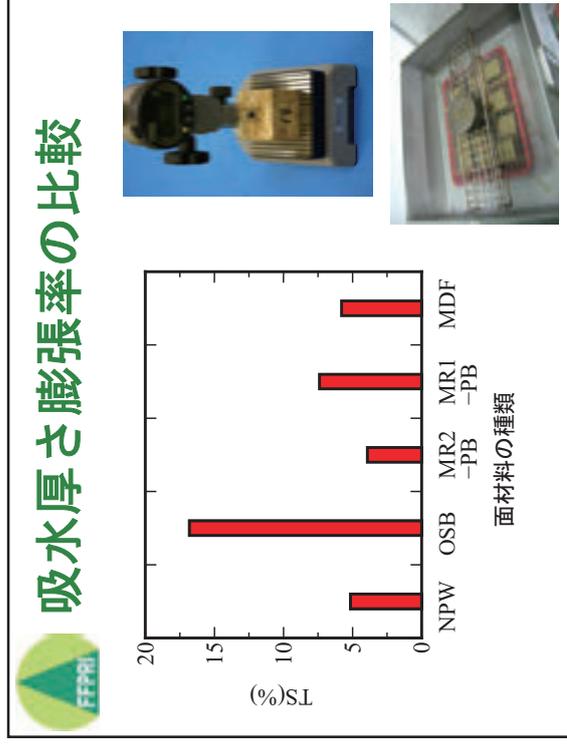
37



38



39

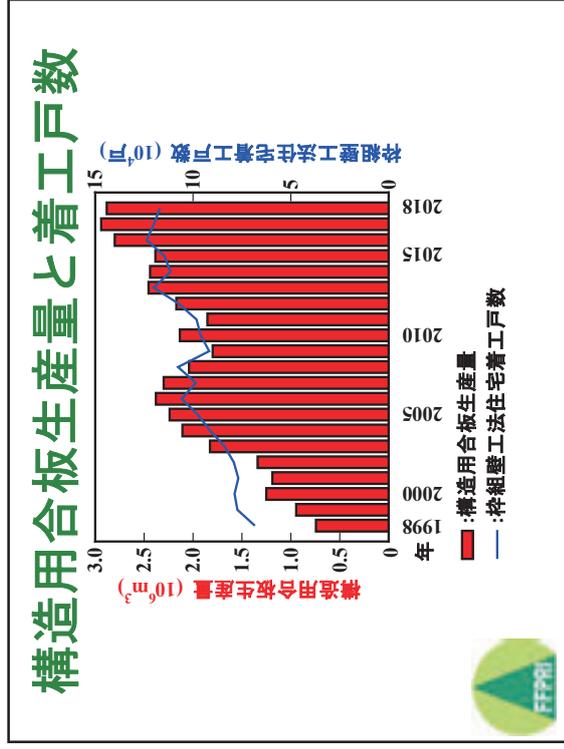


40

材料規格と基準強度

集成材のJAS規格: 1966年
 市販実大集成材の強度試験(JBC): 1967年
 集成材の基準強度告示: 1971年
 サミットハウス(二子玉川)建設: 1986年
 構造用LVLのJAS規格: 1988年
 構造用LVLの許容応力度告示: 1992年
 直交集成板のJAS規格: 2014年
 実大CLTの強度試験(FFPRI他): 2013~5年
 直交集成板の基準強度告示: 2016年

41



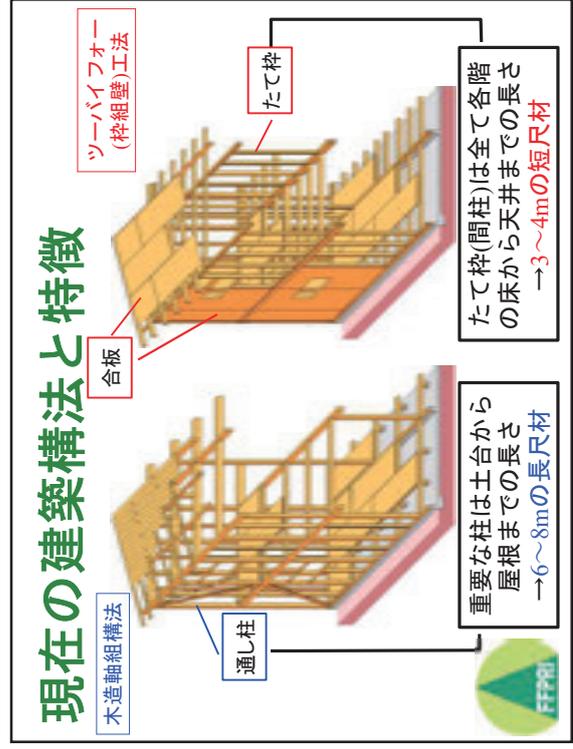
42

工法と構造用材原単位

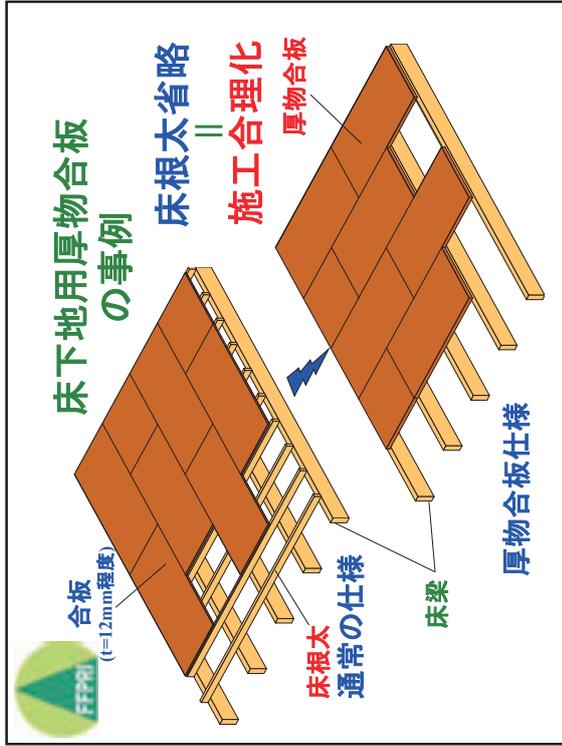
工法	製材	合板
木造軸組構法	0.13	0.01
枠組壁工法	0.15	0.04

単位: m³/m²

43



44



45

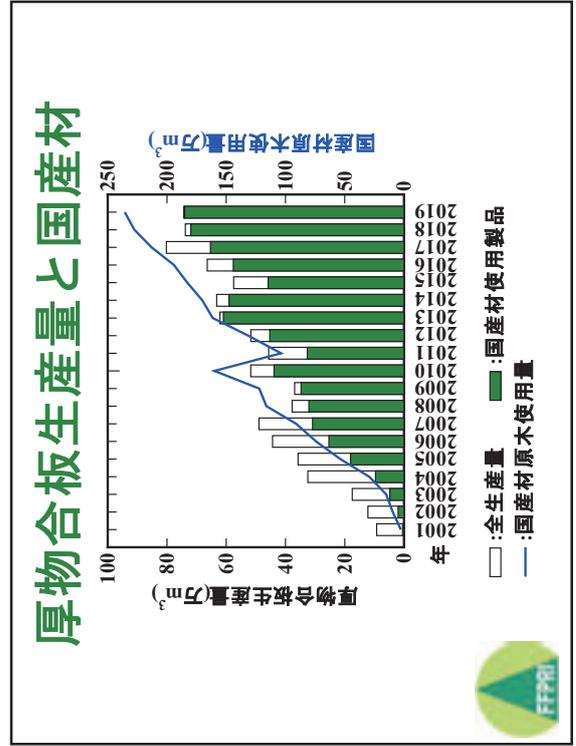
技術的資料の充実

2001.08: Ver.1=設計・施工方法, 強度性
 2002.11: Ver.2=国産材の統計的性能値
 2003.05: Ver.3=公庫仕様採用
 2006.09: Ver.4=準耐火構造認定
 2008.03: Ver.5=高倍率耐力壁認定
 2010.03: Ver.6=屋根構面仕様
 2012.09: Ver.7=次世代省エネ, 構造計算
 2014.12: Ver.8=耐震補強, 特殊な施工法
 2017.10: Ver.8.2=接合部, 耐震補強

要求性能への対応=高性能化

Ver.9作成中

46



47

材料規格における要求項目

パネルボード (Panel board) specifications:

- 寸法精度 (Dimensional accuracy)
- 含水率 (Moisture content)
- 曲げ強度 (Bending strength)
- はく離強度 (Delamination strength)
- 湿潤時曲げ強度 (Bending strength at wetness)
- 厚さ膨張率 (Thickness expansion rate)
- 本ねじ保持力 (Retention force of self-tapping screws)

構造用パネル (Structural panel) specifications:

- 製造基準 (Manufacturing standards)
- 初期の強度・剛性 (Initial strength and rigidity)
- はく離強度 (Delamination strength)
- 湿潤時曲げ強度 (Bending strength at wetness)
- 厚さ膨張率 (Thickness expansion rate)
- 釘引き抜き抵抗 (Resistance to screw pull-out)
- 釘接合せん断耐力 (Shear strength of screw joints)

48



材料規格の規定の意味

材料規格=品質管理手法≠要求性能の担保

49



木質ボードの事例: OSB

JIS A 5908パーテイクルボード

24-10タイプ

構造用パネルのJAS規格

→**全てJAS規格で格付**

50



OSBを耐力壁に使用する場合

JIS A 5908: 12mm以上

構造用パネルのJAS規格

: 9mm以上=合板同等

性能規定の有用性

→**JIS A 5908を改正**



51



木質材料の新しい利用法



52



53

木材利用の今後の戦略

木材の欠点：
 腐る・食われる、燃える、反る・曲がる
 見方を変えれば：
 生分解性, エネルギー利用, 易加工性

54

ご清聴有り難うございました

55

8.3.3. 超厚合板の曲げ性能



1

CONTENTS

1. 超厚合板の製造
2. 理論値の算定
3. 曲げ試験
4. 試験結果
5. まとめ

2

2



3

今年度の検討項目

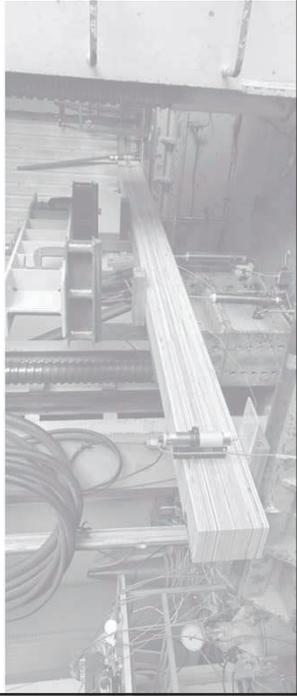
- 単板樹種：スギ、ヒノキ、カラマツ
- 単板ヤング係数：仕様1 6.0～6.9 GPa (集成材と同様)
仕様2 6.0～8.9 GPa (CLTと同様)
- ただし、0° 方向単板のみ選別
- 原板寸法1250mm × 3100mm
- 41plyで製品厚さは概ね145mm
- 積層接着：全てフェノール樹脂接着剤
 - 高周波プレスにて一発成型 (ワンショット型)



4

4

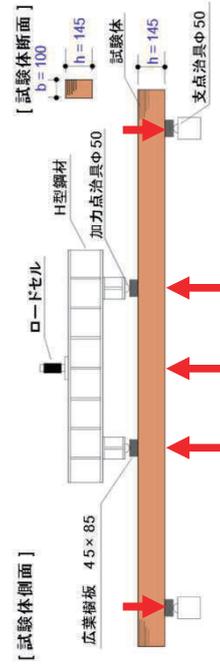
曲げ試験



9

試験方法

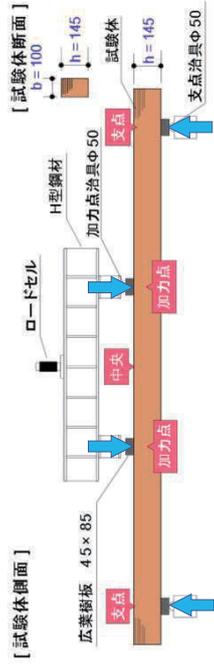
- 最大荷重まで7分程度
- 中央および加力点直下の鉛直変位を計測



11

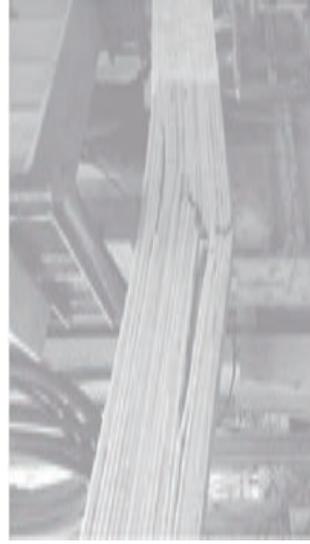
試験方法

- 3等分点4点荷重方式
- 集成材やIMLの曲げ試験と同様の手法



10

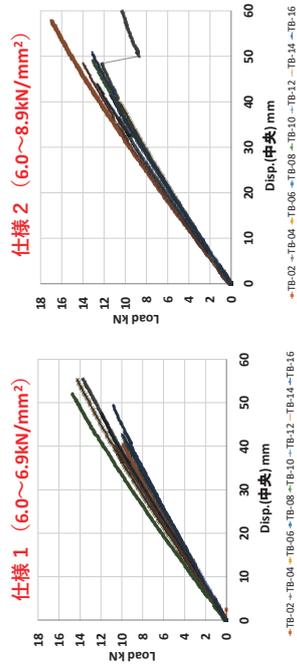
試験結果



12

荷重と中央変位の関係

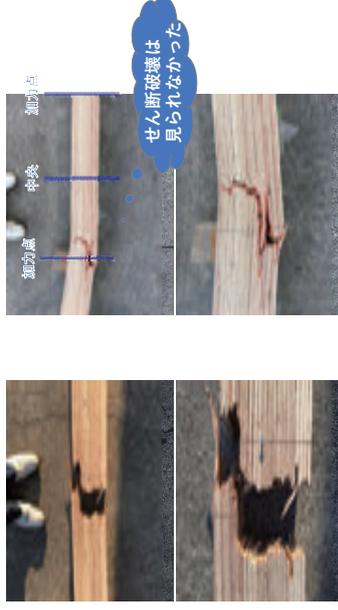
- 仕様によらず、最初の破壊と共に一気に荷重が低下する脆性的な挙動



13

破壊状況

- 加力点間、もしくは加力点直下付近で曲げ破壊



14

破壊状況

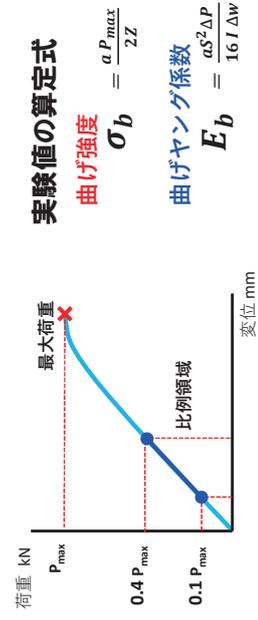
- 加力点間、もしくは加力点直下付近で曲げ破壊



15

データの処理方法

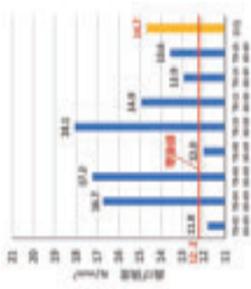
- 曲げ強度** ……最大荷重を基に算定
- 曲げヤング係数** ……比例領域と見なせる、最大荷重の0.1倍、0.4倍の点を結んだ直線の傾きを基に算定



16

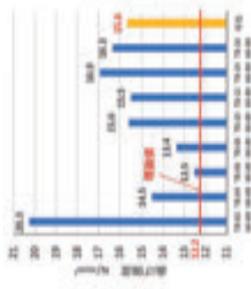
曲げ強度の実験結果と理論値の比較

仕様1 (6.0~6.9kN/mm²)



曲げ強度：14.7 ± 2.4 N/mm²

仕様2 (6.0~8.9kN/mm²)



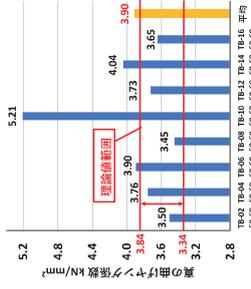
曲げ強度：15.6 ± 2.4 N/mm²

- いずれの仕様も概ね 理論値 < 実験値
- ばらつきが大きく、理論値を下回る試験体も

17

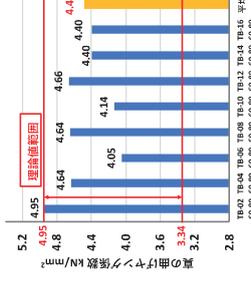
曲げヤング係数の実験結果と理論値の比較

仕様1 (6.0~6.9kN/mm²)



曲げヤング係数：3.90 ± 0.56 kN/mm²

仕様2 (6.0~8.9kN/mm²)



曲げヤング係数：4.48 ± 0.30 kN/mm²

- いずれの仕様も理論値の範囲内、安全側の評価
- 平行層理論により推定が可能

18

まとめ

- 全層スギの超厚合板の曲げ試験を実施
- 単板ヤング係数を2水準設定したところ、ヤング係数の上下限の幅に応じて、曲げ強度、曲げヤング係数に差が生じた
- 平行層理論による曲げ強度、曲げヤング係数の推定は十分可能であった

19

日本合板工業組合連合会

〒101-0061 東京都千代田区神田三崎町 2-21-2
TEL:03(5226)6677 FAX:03(5226)6678
URL:<https://www.jpma.jp/>
E-mail :info@jpma.jp