

平成30年度 合板・製材・集成材国際競争力強化対策のうち
木材製品の消費拡大対策のうちCLT建築実証支援事業
木質建築部材・工法の普及・定着に向けた技術開発等支援事業

大径A材丸太（信州カラマツほか）の新需要創出に向けた 技術開発・実証

－ 国産材 2×8、2×10 の社会実装に向けた実用化 －

報 告 書

令和2年2月

信州木材認証製品センター

《 目 次 》

はじめに	1
第1章 事業の概要	2
1 目 的	2
2 事業の内容	2
3 検討委員会の構成	2
4 組織図	4
5 事業スケジュール	4
6 検討委員会・現地見学会等の開催	5
第2章 210材床パネルの作製と評価	7
1 概 要	7
2 床パネルの評価	10
第3章 長野県産 210 材の性能評価	23
I 試験概要	23
II 試験課題	24
1 供試した大径材の諸元と試験体の作製	24
2 210 製材及びたて継ぎ材の日本農林規格(JAS)による評価とヤング係数	37
3 カラマツたて継ぎ材の曲げ性能評価試験	44
3.1 製材とFJ材の曲げ強度試験	44
3.2 FJ材のフラットワイズとエッジワイズによる曲げ強度試験	54
3.3 FJ材の引張り試験	70
3.4 FJ材の接着性能試験	82
3.5 製材とFJ材の長期荷重性能試験	95
4 県南スギ 210 材の曲げ強度試験	106
5 高強度集成材用ラミナのヤング係数等級区分	119
第4章 まとめ	122

はじめに

近年、森林資源の成熟化（大径化）により、人工林を中心に利用期を迎え、大径材をどのように利用していくべきなのか大きな課題となっている。

また、この豊富な森林資源を活かして木材製品の国際競争力の強化を実現するためには、これまで木材利用が低位であった非住宅や中高層建築物などの分野で木造化・木質化を進め、木材製品の新たな需要を創出することが極めて重要で、喫緊の課題である。

そこで、昨年度、林野庁補助事業「A材丸太を原料とする構造材等の製品・技術開発」の採択を受け実施した、カラマツ・スギ大径A材丸太から得られた梁桁材及び208材・210材の乾燥・強度試験結果から、信州カラマツは、スギと異なり曲げ強度がS P Fと同等以上あり、横使いの208材、210材の国産材利用ではとても現実性が高く十分に市場で通用する性能を持っていることが明らかになったことから、本事業では、社会実装に向けた一層の実用化のための試験・品質評価の検討並びに実証等を実施した。

大径A材丸太の新需要創出に向けた技術開発・実証検討委員会において、長野県内の製材・集成材工場・（一社）日本ツーバイフォー建築協会・三井ホームコンポーネント（株）・ウイング（株）の皆様にお集まりいただき、床パネルの作製・評価と県産210材の性能評価等の検証検討を行なうとともに、アドバイザーに農林漁業信用基金 宮澤様、技術指導に森林総合研究所 長尾様、関係省庁に林野庁・長野県林務部・中部森林管理局から多面的なご助言をいただいた。

床パネルの作製と評価に関しては、210材の品質評価は、大半が「特級」となり、床パネル作製時における評価並びに床パネルの経過観察における評価についても、長野県産210材（カラマツ・スギ）は製品上特に問題はなく、2×4構造材・床材として十分に使用できるとの判断であった。

県産210材の性能評価等に関しては、①カラマツたて継ぎ材の性能評価（製材とF J材の曲げ強度・F J材のエッジワイズとフラットワイズによる曲げ強度・F J接着性能・長期曲げ性能）、②県南スギ210材の曲げ強度等について試験を行なった。

大径A材丸太から得られたそれぞれの製材品は強度性能を保持しており、また床パネルにおいても強度性能・品質性能面から十分競争力があると考えられ、大いに期待されるところである。

今後さらに、低コスト化に向けた生産・加工・流通等の検討や施工性の実証による分析など、より実現可能性の検討に取り組む必要があると考えられる。

最後に、時間的制約の中、ご協力いただいた関係企業、研究機関及びアドバイザーの皆様に心から感謝申し上げます。

令和2年2月

大径A材丸太の新需要創出に向けた技術開発・実証検討委員会
委員長 武田 孝志

第1章 事業の概要

1 目 的

平成30年度、林野庁補助事業「A材丸太を原料とする構造材等の製品・技術開発」の採択を受け実施した、カラマツ・スギ大径A材丸太から得られた梁桁材及び208材・210材の乾燥・強度試験結果から、十分に市場で通用する性能を持っていることが明らかになった。

また、信州カラマツは、曲げ強度がSPFと同等以上あるので、横使いの208材・210材の国産材利用ではとても現実性が高いとの見解もいただいている。

一方、ツーバイフォー工法においては、枠組部材のほとんどで外材が使われている。204材・206材等については、国産材の供給が一部で図られているが、208材・210材などの幅広、長尺材においては、国産材の供給は見られない。

そこで、前年度の結果を踏まえ、本年度は210材の社会実装に向けた一層の実用化のための長野県産210材の性能・品質評価の検討並びに実証等を実施する。

2 事業の内容

(1) 検討委員会・WG等の開催

- ・社会実装に向けた実用化のための試験・品質評価・実証検証等の検討
- ・品質評価試験データ等成果の取りまとめ

(2) 製品実証等（床パネルの作製と評価等）

コンポーネント事業者2社による、実際の製品の格付及び床パネルの作製と評価及び実用化に向けた実証検証

(3) 製品・技術の試験及び分析等

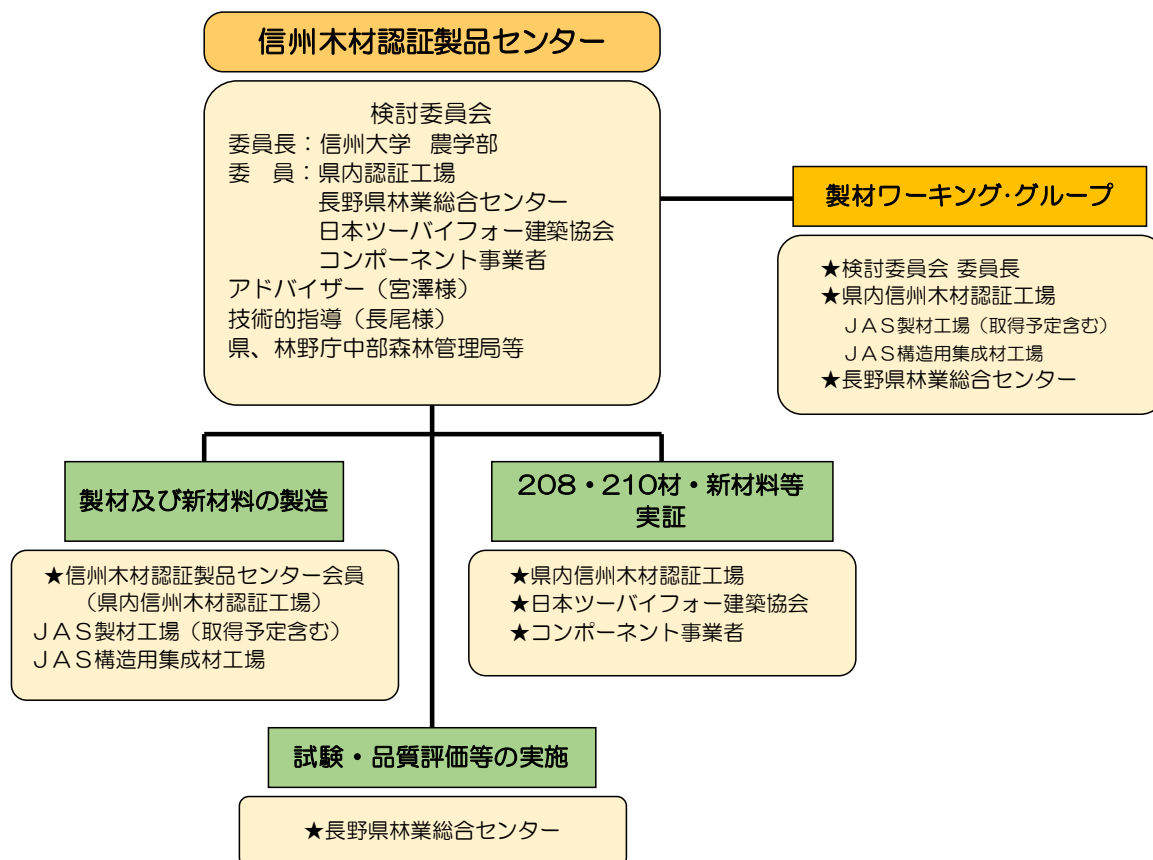
- ①供試した大径材の諸元
- ②210製材及びたて継ぎ材の日本農林規格(JAS)による評価とヤング係数
- ③カラマツたて継ぎ材の性能評価試験
 - ア) 製材とFJ材の曲げ強度試験
 - イ) FJ材のエッジワイズとフラットワイズによる曲げ強度試験
 - ウ) FJ材の引張り試験
 - エ) FJ材の接着性能試験
 - オ) 製材とFJ材の長期荷重性能試験
- ④県南スギ210材の曲げ強度試験
- ⑤高強度集成材用ラミナのヤング係数等級区分

3 検討委員会の構成

区 分	氏 名	所 属	備考
委員長	武 田 孝 志	信州大学農学部 教授	
委 員	春 日 嘉 広	長野県林業総合センター 所長	
	小 林 保 経	小林木材(株) 専務取締役	WG委員
	齋 藤 健	齋藤木材工業(株) 代表取締役社長	WG委員
	鈴 木 吉 明	根羽村森林組合 専務理事	WG委員
	勝 野 智 明	(株)勝野木材 代表取締役社長	WG委員
	清 野 明	(一社)日本ツーバイフォー建築協会 技術部会長	
	高 田 理 彦	三井ホームコンポーネント(株) 木構造研究所所長	
	橋 本 宰	ウイング(株) 取締役東北支店長	

WG委員	青 木 俊 治	(株)青木屋 代表取締役社長	
	竹 腰 博 毅	林友ハウス工業(株) 常務取締役	
アドバイザー	宮 澤 俊 輔	独立行政法人 農林漁業信用基金 総括理事	
技術的指導	長 尾 博 文	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 構造利用研究領域 チーム長	
関係省庁	増 田 莉 菜	林野庁林政部 木材産業課 木材技術係長	
	平 山 翔 一	林野庁林政部 木材産業課 木材製品調査担当専門職	
	貝 守 昭 弘	木構造振興(株) 業務部長	
	木 村 敏 宏	林野庁中部森林管理局 森林整備部 資源活用課長	
	大 坪 幸 治	林野庁中部森林管理局 森林整備部 資源活用課企画官	
	永 瀬 庄 栄	林野庁中部森林管理局 森林整備部 資源活用課企画官	
	宮 路 聡	林野庁中部森林管理局 森林整備部 資源活用課木材供給係長	
	志 賀 剛	林野庁中部森林管理局 森林整備部 資源活用課木材供給係長	
	城 風 人	長野県林務部 信州の木活用課長	
	柴 田 昌 志	長野県林務部 信州の木活用課 県産材利用推進室長	
	松 尾 一 穂	長野県林務部 信州の木活用課 県産材利用推進室課長補佐	
オブザーバー	藏 津 洋	三井ホームコンポーネント(株) 代表取締役社長	
	工 藤 英 晃	三井ホームコンポーネント(株) 取締役 埼玉工場長	
	田 丸 勉	三井ホームコンポーネント(株) 埼玉工場生産1グループ長	
	大 橋 修	三井ホームコンポーネント(株) 木構造研究所副所長	
	高 山 康 史	三井ホーム(株)技術研究所 所長	
	賀 藤 隆 文	三井ホーム(株)資材部資材グループ グループ長	
	中 嶋 卓 明	三井ホーム(株)資材部資材グループ 主任	
	加 藤 博 人	ウイング(株) 課長	
	西 田 浩	ウイング(株)	
	白 石 昭 夫	齋藤木材工業(株) 取締役ナガト工場長	
事務局	今 井 信	長野県林業総合センター 木材部長	
	奥 原 祐 司	長野県林業総合センター 木材部 主任研究員	
	吉 田 孝 久	長野県林業総合センター 木材部 研究員	
	山 口 健 太	長野県林業総合センター 木材部 研究員	
	柴 田 直 明	信州木材製品認証センター 検査員	
	宮 崎 正 毅	信州木材製品認証センター 理事長 (瑞穂木材(株))	
	小 島 和 夫	信州木材製品認証センター 専務理事	
	松 本 寿 弘	信州木材製品認証センター 事務局長	

4 組織図



5 事業スケジュール

	項 目	6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月			備 考
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下				
【検討委員会・WG】																																
1	検討委員会・WG		8/11			7/4 WG														12/3							2/14					
【性能評価試験・実証検証等】																																
2	丸太準備																													カラマツ5m → (株)青木屋(20本) カラマツ4m → 小林木材(株)(20本)、(株)勝野木材(10本) スギ 4m → 根羽村森林組合(20本)		
3	丸太測定																													(株)青木屋(7/9)、根羽村森林組合(7/12)、 (株)勝野木材(7/17)、小林木材(株)(7/22)		
4	製材・乾燥・仕上げ																													丸太調査が終わり次第各社製材し、7/20までに小林木材(株) へ搬入し、小林木材側にて乾燥・仕上げ		
5	等級区分(MSR)																													齋藤木材工業(株)ナガト工場にてMSR		
6	たて継ぎ材の作製																													齋藤木材工業(株)ナガト工場にて製造		
	たて継ぎ材製造見学会												9/25																	9/25(水) 13:30～ 齋藤木材工業(株)ナガト工場		
7	等級区分(目視)																													・三井ホームコンポーネント(株)埼玉工場、ウイング(株)白井工場 にて、各社工場による目視等級区分 ・長野県林業総合センター(塩尻市)にて目視等級検査(11/7) (検査者:三井ホームコンポーネント(株))		
8	床パネルの作製																															
9	床パネルの評価(実証検証)																													三井ホームコンポーネント(株)(10/17～1/25) ウイング(株)(10/28～1/25)		
	床パネル実証見学会																													12/3(火) 13:30～ 三井ホームコンポーネント(株)埼玉工場		
10	たて継ぎ材の曲げ試験等																															
11	高強度集成材のMSR																															
12	ツーバイ材等工場視察																													7/29(月) 小井土製材(株) 11/13(水)～16(土) 熊さつまファインウッド等		
13	報告書作成																															

6 検討委員会・現地見学会等の開催

(1) 検討委員会並びに製材WGを開催しそれぞれの立場から意見等いただいた。主な内容は以下のとおり。

◇第1回委員会 (※WG合同)

日 時 令和元年 6月11日 (火) 14:00～17:00
場 所 長野市 長野県林業センター 5階 503 会議室
出 席 者 22名
主 要 内 容
・ 信州カラマツの2×10・2×8の製品化に向けて
・ ツーバイ工法建築の最新情報及び国産材の取組み状況等について
・ 事業の概要等試験内容検討について



◇第1回製材WG

日 時 令和元年 7月 4日 (木) 10:00～12:00
場 所 塩尻市 長野県林業総合センター 2階小研修室
出 席 者 16名
主 要 内 容
・ 評価試験の内容及び丸太の調達調整等について



◇第2回委員会 (※WG合同)

日 時 令和元年12月 3日 (火) 13:30～17:00
場 所 埼玉県加須市 三井ホームコンポーネント(株)埼玉工場
出 席 者 21名
主 要 内 容
・ 床パネル実証検証状況見学・三井ホームコンポーネント(株)埼玉工場見学
・ 試験状況等中間報告及び今後の試験等について



◇第3回委員会 (※WG合同)

日 時 令和2年 2月14日 (金) 14:00～17:00
場 所 長野市 長野県林業センター 5階 503 会議室
出 席 者 27名
主 要 内 容
・ 事業の経過等について
・ 実証検証・性能試験等報告について
・ 今後の課題・展開等について



(2) 現地見学会等

◇210材たて継材製造見学会

日時 令和元年 9月25日(水) 13:30~17:00
場所 長和町 齋藤木材工業(株)ナガト工場
参加者 33名
主な内容

- ・事業の概要説明
- ・210材たて継材製造工程説明等
- ・210材たて継材製造見学
- ・目視等級区分検査の現物見方の統一・測定方法等



◇210材床パネル実証検証見学会

日時 令和元年12月 3日(火) 13:30~17:00
場所 埼玉県加須市 三井ホームコンポーネント(株)埼玉工場
参加者 21名
主な内容

- ・床パネル実証検証状況見学
- ・三井ホームコンポーネント(株)会社概要等説明



第2章 210材床パネルの作製と評価

1 概要

(1) 作製する210部材

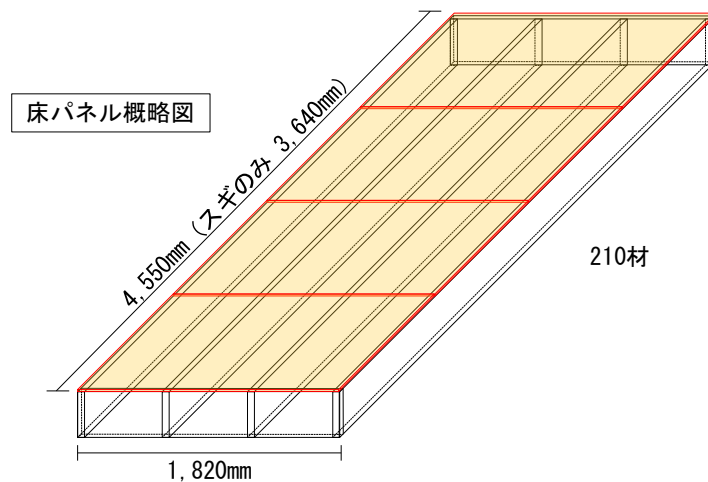
- ①カラマツ 5m材
- ②カラマツ たて継ぎ 16f (4,880mm) 材
- ③スギ 4m材
- ④SPF 5m材

(2) 床パネル寸法

幅 1,820 × 長さ 4,550mm 合板厚 15mm

※但しスギは、幅 1,820 × 長さ 3,640mm 合板厚 15mm

床パネルの詳細図は、図1、図2に示す。



(3) 床パネル製作体数

各2社 上記(1) ①～④の部材4種類毎 各2パネルずつ製作

※県産210材の部材は、「2 県産材210材の性能評価」で製作したものを使用。

※SPF材は市販品を使用。

※合板は、林ベニヤ産業(株)七尾工場の合板を使用。

(4) 床パネルの作製・評価工場

- ・三井ホームコンポーネント(株) 埼玉工場
〒349-1158 埼玉県加須市新利根 1-6-1 TEL : 0480-72-7231
- ・ウィング(株) 白井工場
〒270-1402 千葉県白井市平塚 2616 番 3 TEL : 047-427-2424

(5) 施工評価等

- ・施工時の評価
施工時(作成時)の釘のめり込みや、圧力の変化などの評価
- ・施工後の形状変化評価
「対角」「全長」「材の高さ」などの形状変化を測定、比較

図1 ①カラマツ材、②カラマツたて継ぎ(FJ)材、④SPF材 (パネル：2社×各2体)

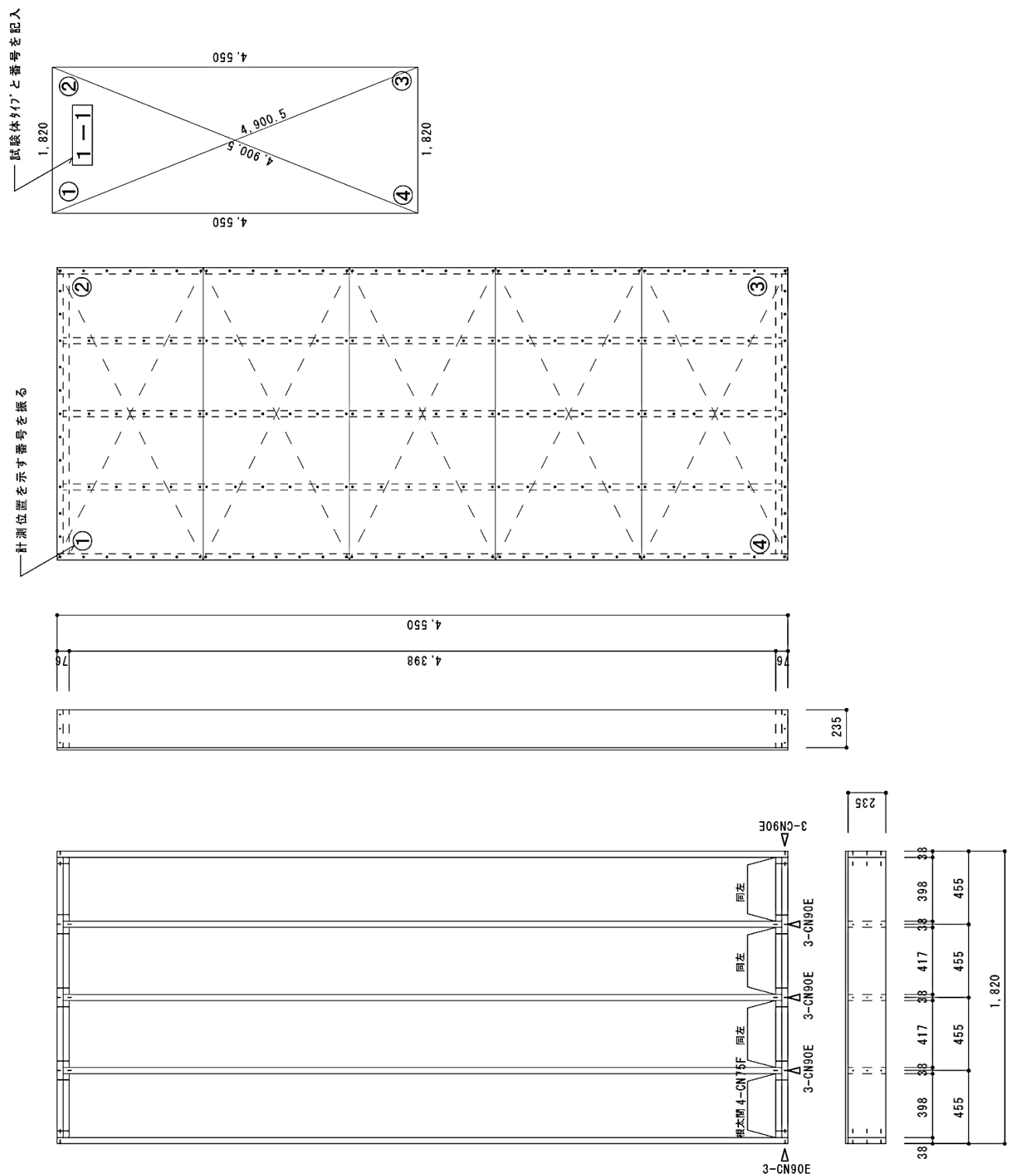
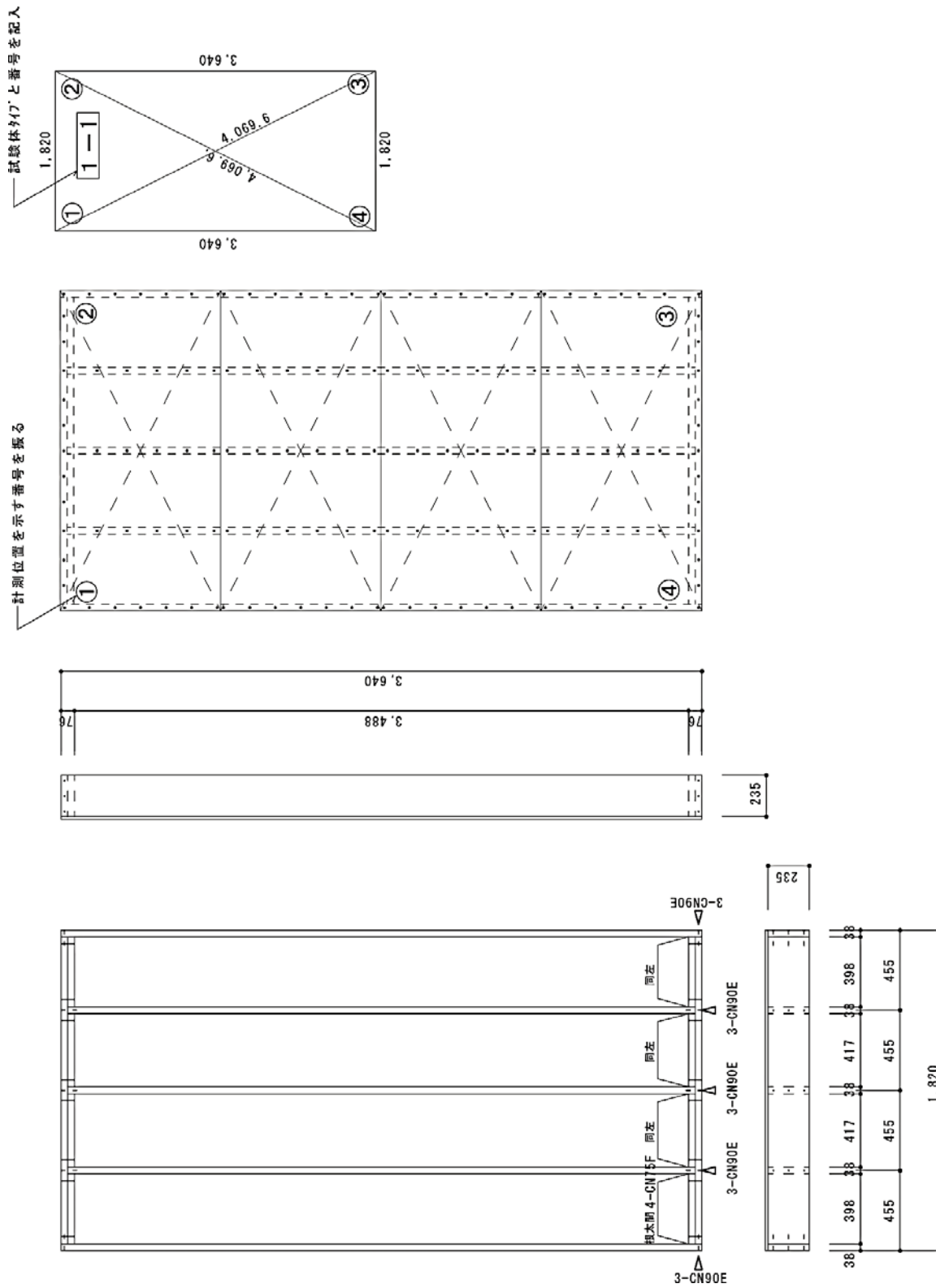


図2 ③スギ材 (パネル：2社×各2体)



2 床パネルの評価

施工時（作成時）の釘のめり込みや、圧力の変化などの評価、及び施工後の形状変化（「対角」「全長」「材の高さ」など）を評価した。

（1）納品時における長野県産 210 材の等級評価

県産 210 材は三井ホームコンポーネント(株)とウィング(株)に無選別で全数を納品し、両社にて 210 材としての評価を受けた。2 社の結果をまとめて表 1 に示す。

県産 210 材は、大半が「特級」と評価された。

「1 級」以下と評価された材についてもそれらの「欠点因子」を見ると、青地で表示した「貫通割れ」や赤字で表示した「寸法(幅)」が多かった。

今回の県産 210 材はすべてが過乾燥気味であったので、「貫通割れ」が拡大した可能性が高い。

また、これらの材は全般的に規格寸法の幅 235mm を若干オーバーしたものが多かった。過乾燥の状態で規格寸法にモルダー仕上げをしたため、その後の吸湿で膨潤し、一部が規格外になったものと考えられる。

よって、県産 210 材に適した、過乾燥を避ける乾燥スケジュールを確立し、十分に養生した後にモルダー仕上げをする工程を遵守すれば、「特級」の確率はさらに高まることが期待される。

表 1 納品時における長野県産 210 材の諸データ

カラマツ（平均含水率：9.0%）

等級	本	欠点因子
特級	24	
1 級	0	
2 級	6	あな(腐れ節, 抜け節含)1, 貫通割れ(木口)1, 同(材面)4
3 級	1	貫通割れ(木口)1
格外	3	寸法(幅)3
計	34	

カラマツFJ（平均含水率：6.3%）

等級	本	欠点因子
特級	30	
1 級	1	材縁節1
2 級	4	あな(腐れ節, 抜け節含)3, 貫通割れ(材面)1
3 級	0	
格外	1	寸法(幅)1
計	36	

スギ（平均含水率：5.3%）

等級	本	欠点因子
特級	26	
1 級	0	
2 級	6	腐れ1, 貫通割れ(木口)5
3 級	0	
格外	4	貫通割れ(木口)1, 寸法(幅)3
計	36	

(2) 床パネル作製時における長野県産210材の評価

SPFと同一条件で釘を打つと、カラマツ材では釘が2～3mm残ることがあった。逆に、スギでは1～2mm程度めり込んだ。ただし、これらは空気圧の調整等に対応可能な範囲であり、問題はなかった。

また、カラマツ材では釘打ち時の木口割れが懸念されたが、実際に釘を打ってみると、問題はなかった。

以上より、三井ホームコンポーネント(株)とウィング(株)の両社とも「**パネル作製時における長野県産210材の問題はない**」との判断であった。

パネル作製時の様子を写真1に、その後の経過観察の様子を写真2に示す。



写真1 床パネルの作製



写真2 パネルの経過観察

(3) 長野県産210材パネルの経過観察による評価

パネル作製後、三井ホームコンポーネント(株)とウィング(株)において、それぞれ3か月余の経過観察を行った。結果を表2と表3に示す。

カラマツ、カラマツFJ、スギ、SPFとも根太の形状変化はほとんどなく、JAS特級レベルであり、パネル製品への影響は特になかった。

特に、カラマツFJにおいては、曲がり・反り等が極めて軽微であった。

以上より、両社とも「**長野県産210材はカラマツ・スギとも製品上特に問題はなく、2×4構造材・床材として十分に使用できる**」との判断であった。

表2 三井ホームコンポーネント(株)における経過観察の結果

カラマツ-1

測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	幅1	幅②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4
10/17	くもり	18.0℃	68%	5.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	1.00mm	250.00mm	251.00mm	250.00mm	251.20mm
10/29	雨	14.0℃	87%	4.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,820.0mm	1,819.0mm	1.00mm	250.89mm	251.40mm	251.18mm	251.27mm
11/22	雨	19.0℃	78%	6.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	1.00mm	251.32mm	251.01mm	251.32mm	251.36mm
11/28	くもり	9.0℃	53%	8.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	1.00mm	251.01mm	250.79mm	251.32mm	251.36mm
12/19	くもり	9.0℃	70%	8.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	1.00mm	251.01mm	250.79mm	251.32mm	251.36mm
12/25	くもり	6.0℃	52%	5.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,820.0mm	1,819.0mm	1.00mm	250.89mm	250.99mm	251.01mm	251.49mm
1/16	晴れ	11.0℃	51%	5.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,820.0mm	1,819.0mm	1.00mm	250.80mm	250.20mm	250.99mm	251.40mm
1/24	晴れ	9.0℃	87%	6.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,819.0mm	1,819.5mm	1.00mm	250.34mm	250.93mm	250.88mm	250.78mm
平均				5.88%	4985.00mm	4984.00mm	1819.38mm	1819.19mm	1.00mm	250.78mm	250.89mm	251.00mm	251.28mm

カラマツ-2

測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	幅1	幅②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4
10/17	くもり	18.0℃	68%	6.00%	4,983.0mm	4,982.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	1.00mm	250.00mm	251.00mm	251.00mm	250.00mm
10/29	雨	14.0℃	87%	6.00%	4,983.0mm	4,982.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	1.00mm	251.82mm	252.62mm	251.68mm	251.18mm
11/22	雨	19.0℃	78%	6.00%	4,983.0mm	4,982.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	1.00mm	250.52mm	251.77mm	251.39mm	251.12mm
11/28	くもり	9.0℃	53%	8.00%	4,983.0mm	4,982.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	1.00mm	250.49mm	251.67mm	251.39mm	251.06mm
12/19	くもり	9.0℃	70%	5.00%	4,983.0mm	4,982.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	1.00mm	250.49mm	251.67mm	251.39mm	251.06mm
12/25	くもり	6.0℃	52%	4.00%	4,983.0mm	4,982.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	1.00mm	250.49mm	251.20mm	251.10mm	251.66mm
1/16	晴れ	11.0℃	51%	4.00%	4,983.0mm	4,982.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	1.00mm	250.40mm	251.00mm	251.20mm	251.68mm
1/24	晴れ	9.0℃	87%	5.00%	4,983.0mm	4,982.0mm	1,818.0mm	1,818.0mm	1.00mm	251.00mm	251.00mm	251.80mm	251.02mm
平均				5.50%	4983.00mm	4982.00mm	1819.13mm	1819.75mm	1.00mm	250.65mm	251.49mm	251.37mm	251.10mm

カラマツ FJ-1

測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	幅1	幅②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4
10/17	くもり	18.0℃	68%	9.00%	4,982.0mm	4,985.0mm	1,819.0mm	1,821.0mm	-3.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	252.00mm
10/29	雨	14.0℃	87%	9.00%	4,982.0mm	4,985.0mm	1,819.0mm	1,821.0mm	-3.00mm	251.39mm	250.77mm	251.10mm	250.92mm
11/22	雨	19.0℃	78%	6.00%	4,982.0mm	4,985.0mm	1,820.0mm	1,821.0mm	-3.00mm	251.99mm	251.36mm	251.35mm	251.21mm
11/28	くもり	9.0℃	53%	6.00%	4,981.0mm	4,985.0mm	1,820.0mm	1,822.0mm	-4.00mm	252.30mm	251.15mm	251.30mm	251.01mm
12/19	くもり	9.0℃	70%	5.00%	4,982.0mm	4,985.0mm	1,820.0mm	1,822.0mm	-3.00mm	252.30mm	251.15mm	251.30mm	251.01mm
12/25	くもり	6.0℃	52%	4.00%	4,982.0mm	4,985.0mm	1,820.0mm	1,823.0mm	-3.00mm	251.74mm	250.74mm	251.67mm	250.90mm
1/16	晴れ	11.0℃	51%	4.00%	4,982.0mm	4,985.0mm	1,820.0mm	1,823.0mm	-3.00mm	251.20mm	250.50mm	251.66mm	250.89mm
1/24	晴れ	9.0℃	87%	6.00%	4,982.0mm	4,985.0mm	1,820.0mm	1,821.0mm	-3.00mm	250.34mm	250.69mm	250.83mm	250.94mm
平均				6.13%	4981.88mm	4985.00mm	1819.75mm	1821.75mm	-3.13mm	251.53mm	250.92mm	251.28mm	251.11mm

カラマツ FJ-2

測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	幅1	幅②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4
10/17	くもり	18.0℃	68%	4.00%	4,983.0mm	4,983.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	0.00mm	251.00mm	250.00mm	250.50mm	253.00mm
10/29	雨	14.0℃	87%	4.00%	4,983.0mm	4,983.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	0.00mm	251.77mm	251.20mm	251.21mm	251.06mm
11/22	雨	19.0℃	78%	7.00%	4,983.0mm	4,983.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	0.00mm	251.36mm	251.12mm	251.21mm	250.40mm
11/28	くもり	9.0℃	53%	7.00%	4,983.0mm	4,983.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	0.00mm	251.32mm	250.96mm	251.16mm	250.27mm
12/19	くもり	9.0℃	70%	6.00%	4,983.0mm	4,983.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	0.00mm	251.32mm	250.96mm	251.16mm	250.27mm
12/25	くもり	6.0℃	52%	5.00%	4,983.0mm	4,983.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	0.00mm	251.05mm	250.23mm	251.90mm	250.68mm
1/16	晴れ	11.0℃	51%	5.00%	4,983.0mm	4,983.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	0.00mm	251.02mm	250.20mm	251.90mm	250.66mm
1/24	晴れ	9.0℃	87%	7.00%	4,983.0mm	4,983.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	0.00mm	250.04mm	250.41mm	251.34mm	251.14mm
平均				5.63%	4983.00mm	4983.00mm	1819.38mm	1819.38mm	0.00mm	251.11mm	250.64mm	251.30mm	250.94mm

スギー 1

測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	幅1	幅②	対角差	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4
10/17	くもり	18.0℃	68%	9.00%	4,150.0mm	4,152.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	-2.00mm	251.50mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm
10/29	雨	14.0℃	87%	9.00%	4,150.0mm	4,152.0mm	1,820.0mm	1,819.5mm	-2.00mm	251.65mm	251.33mm	251.68mm	251.50mm
11/22	雨	19.0℃	78%	8.00%	4,150.0mm	4,152.0mm	1,820.0mm	1,819.0mm	-2.00mm	252.00mm	251.29mm	251.42mm	251.29mm
11/28	くもり	9.0℃	53%	8.00%	4,150.0mm	4,152.0mm	1,820.0mm	1,819.0mm	-2.00mm	251.99mm	251.20mm	251.38mm	251.20mm
12/19	くもり	9.0℃	70%	7.00%	4,150.0mm	4,152.0mm	1,820.0mm	1,819.0mm	-2.00mm	251.00mm	251.20mm	251.38mm	251.20mm
12/25	くもり	6.0℃	52%	6.00%	4,150.0mm	4,152.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	-2.00mm	250.67mm	250.57mm	251.70mm	250.99mm
1/16	晴れ	11.0℃	51%	6.00%	4,150.0mm	4,152.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	-2.00mm	250.40mm	250.60mm	251.74mm	250.98mm
1/24	晴れ	9.0℃	87%	6.00%	4,150.0mm	4,152.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	-2.00mm	250.87mm	250.87mm	251.02mm	250.88mm
平均				7.38%	4150.00mm	4152.00mm	1819.63mm	1819.19mm	-2.00mm	251.26mm	251.01mm	251.54mm	251.13mm

スギー 2

測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	幅1	幅②	対角差	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4
10/17	くもり	18.0℃	68%	5.00%	4,150.0mm	4,153.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	-3.00mm	251.50mm	251.00mm	251.00mm	252.00mm
10/29	雨	14.0℃	87%	5.00%	4,150.0mm	4,153.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	-3.00mm	252.30mm	251.45mm	251.17mm	251.17mm
11/22	雨	19.0℃	78%	6.00%	4,150.0mm	4,153.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	-3.00mm	251.80mm	251.56mm	251.58mm	251.22mm
11/28	くもり	9.0℃	53%	6.00%	4,150.0mm	4,153.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	-3.00mm	251.77mm	251.44mm	251.60mm	251.13mm
12/19	くもり	9.0℃	70%	6.00%	4,150.0mm	4,153.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	-3.00mm	251.60mm	251.44mm	251.60mm	251.13mm
12/25	くもり	6.0℃	52%	4.00%	4,150.0mm	4,153.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	-3.00mm	251.08mm	251.06mm	251.10mm	250.78mm
1/16	晴れ	11.0℃	51%	4.00%	4,150.0mm	4,153.0mm	1,820.0mm	1,820.0mm	-3.00mm	251.10mm	251.10mm	251.10mm	250.74mm
1/24	晴れ	9.0℃	87%	7.00%	4,150.0mm	4,153.0mm	1,819.0mm	1,819.5mm	-3.00mm	250.91mm	250.85mm	250.82mm	251.10mm
平均				5.38%	4150.00mm	4153.00mm	1819.50mm	1819.94mm	-3.00mm	251.51mm	251.24mm	251.25mm	251.16mm

SPF-1

測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	幅1	幅②	対角差	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4
10/17	くもり	18.0℃	68%	13.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,820.0mm	1,818.0mm	1.00mm	249.00mm	250.00mm	250.50mm	249.00mm
10/29	雨	14.0℃	87%	13.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,820.0mm	1,818.0mm	1.00mm	250.23mm	250.95mm	251.44mm	251.72mm
11/22	雨	19.0℃	78%	10.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,818.0mm	1,818.0mm	1.00mm	249.97mm	251.52mm	250.39mm	248.23mm
11/28	くもり	9.0℃	53%	10.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,818.0mm	1,818.0mm	1.00mm	249.99mm	250.41mm	250.38mm	248.23mm
12/19	くもり	9.0℃	70%	11.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,818.0mm	1,818.0mm	1.00mm	250.00mm	250.41mm	250.38mm	248.23mm
12/25	くもり	6.0℃	52%	9.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,818.0mm	1,818.0mm	1.00mm	249.50mm	250.01mm	250.38mm	251.01mm
1/16	晴れ	11.0℃	51%	10.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,818.0mm	1,818.0mm	1.00mm	249.50mm	249.50mm	249.90mm	250.60mm
1/24	晴れ	9.0℃	87%	7.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	1.00mm	249.50mm	249.01mm	247.90mm	246.00mm
平均				10.38%	4985.00mm	4984.00mm	1818.63mm	1818.25mm	1.00mm	249.71mm	250.23mm	250.16mm	249.13mm

SPF-2

測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	幅1	幅②	対角差	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4
10/17	くもり	18.0℃	68%	15.00%	4,985.0mm	4,985.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	0.00mm	250.00mm	249.00mm	249.00mm	249.00mm
10/29	雨	14.0℃	87%	15.00%	4,985.0mm	4,985.0mm	1,819.0mm	1,819.0mm	0.00mm	250.48mm	249.54mm	250.96mm	249.39mm
11/22	雨	19.0℃	78%	12.00%	4,985.0mm	4,985.0mm	1,818.0mm	1,818.0mm	0.00mm	250.09mm	250.90mm	250.46mm	248.36mm
11/28	くもり	9.0℃	53%	12.00%	4,985.0mm	4,985.0mm	1,818.0mm	1,818.0mm	0.00mm	250.01mm	250.39mm	250.34mm	248.36mm
12/19	くもり	9.0℃	70%	12.00%	4,985.0mm	4,985.0mm	1,818.0mm	1,818.0mm	0.00mm	250.01mm	250.39mm	250.34mm	248.36mm
12/25	くもり	6.0℃	52%	10.00%	4,985.0mm	4,985.0mm	1,818.0mm	1,819.0mm	0.00mm	250.01mm	250.39mm	250.01mm	248.11mm
1/16	晴れ	11.0℃	51%	10.00%	4,985.0mm	4,984.0mm	1,818.0mm	1,819.0mm	1.00mm	249.80mm	250.20mm	250.03mm	248.90mm
1/24	晴れ	9.0℃	87%	7.00%	4,985.0mm	4,985.0mm	1,819.0mm	1,820.0mm	0.00mm	249.50mm	247.90mm	249.20mm	247.90mm
平均				11.63%	4985.00mm	4984.88mm	1818.38mm	1818.75mm	0.13mm	249.99mm	249.84mm	250.04mm	248.55mm

表3 ウイング(株)における経過観察の結果

カラマツー1

空気圧	2.6Mpa(CN90)/2.0Mpa(CN65)				SPFと比べて	釘が少し残る(CN90)			その他	フィンガーと比べると材のネジレが目立つ		
測定日	天気	温度	湿度	含水率		対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4
10/26	くもり	20.0℃	65%	21.5%		4,900.0mm	4,901.0mm	-1.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	250.00mm
11/7	晴	12.0℃	65%	12.5%		4,900.5mm	4,901.0mm	-0.50mm	251.00mm	251.50mm	251.00mm	250.00mm
11/21	晴	7.4℃	59%	17.0%		4,900.5mm	4,900.5mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	250.00mm
12/19	雨	12.0℃	80%	19.5%		4,901.5mm	4,902.0mm	-0.50mm	251.50mm	251.50mm	251.50mm	250.00mm
1/22	晴	5.0℃	28%	15.5%		4,900.0mm	4,901.0mm	-1.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	250.00mm
平均				17.2%		4,900.5mm	4,901.1mm	-0.60mm	251.10mm	251.20mm	251.10mm	250.00mm

特記事項：ネジレ、割れ、曲がりなどの形上変化なし

カラマツー2

空気圧	2.6Mpa(CN90)/2.0Mpa(CN65)				SPFと比べて	釘が少し残る(CN90)			その他	ネジレが目立つ		
測定日	天気	温度	湿度	含水率		対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4
10/26	くもり	20.0℃	65%	13.0%		4,900.0mm	4,901.0mm	-1.00mm	253.00mm	252.00mm	252.00mm	251.50mm
11/7	晴	12.0℃	65%	10.0%		4,901.0mm	4,901.5mm	-0.50mm	252.00mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm
11/21	晴	7.4℃	59%	16.0%		4,900.5mm	4,901.0mm	-0.50mm	251.50mm	250.00mm	251.50mm	251.00mm
12/19	雨	12.0℃	80%	20.0%		4,901.5mm	4,902.0mm	-0.50mm	252.00mm	251.50mm	252.00mm	251.50mm
1/22	晴	5.0℃	28%	14.5%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	252.00mm	251.00mm	252.00mm	251.50mm
平均				14.7%		4,900.8mm	4,901.3mm	-0.50mm	252.10mm	251.10mm	251.90mm	251.30mm

特記事項：特に形状変化なし(CN65による木口割れあり。1か所)

カラマツ FJー1

空気圧	2.6Mpa(CN90)/2.0Mpa(CN65)				SPFと比べて	釘が少し残る(CN90) 2～3mm残ることがある			その他			
測定日	天気	温度	湿度	含水率		対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4
10/26	くもり	20.0℃	65%	19.5%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm
11/7	晴	12.0℃	65%	9.5%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm
11/21	晴	7.4℃	59%	13.5%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm
12/19	雨	12.0℃	80%	17.5%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	252.00mm	252.00mm	252.00mm	252.00mm
1/22	晴	5.0℃	28%	17.0%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm
平均				15.4%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.20mm	251.20mm	251.20mm	251.20mm

特記事項：3ヶ月経過時点でも外形上変化なし

カラマツ FJー2

空気圧	2.6Mpa(CN90)/2.0Mpa(CN65)				SPFと比べて	釘が少し残る(CN90) 2～3mm残ることがある			その他			
測定日	天気	温度	湿度	含水率		対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4
10/26	くもり	20.0℃	65%	13.0%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm
11/7	晴	12.0℃	65%	8.0%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	250.50mm	251.00mm
11/21	晴	7.4℃	59%	10.0%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	250.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm
12/19	雨	12.0℃	80%	15.0%		4,901.5mm	4,901.5mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.50mm	251.00mm
1/22	晴	5.0℃	28%	15.5%		4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm
平均				12.3%		4,901.1mm	4,901.1mm	0.00mm	250.80mm	251.20mm	251.00mm	251.00mm

特記事項：形上変更なし

スギー1

空気圧	2.6Mpa(CN90)/2.0Mpa(CN65)			SPFと比べて	釘が少しめり込む(CN90) 1～2mm程度			その他				
測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	対角差	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4	
10/26	くもり	20.0℃	65%	8.0%	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	252.00mm	
11/7	晴	12.0℃	65%	8.0%	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	251.00mm	
11/21	晴	7.4℃	59%	9.5%	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	
12/19	雨	12.0℃	80%	13.0%	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.50mm	252.00mm	251.50mm	251.00mm	
1/22	晴	5.0℃	28%	12.0%	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	250.50mm	251.00mm	
平均				10.1%	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.10mm	251.80mm	251.00mm	251.20mm	

特記事項：外形上変化なし

スギー2

空気圧	2.6Mpa(CN90)/2.0Mpa(CN65)			SPFと比べて	釘が少しめり込む(CN90) 1～2mm程度			その他				
測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	対角差	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4	
10/26	くもり	20.0℃	65%	8.5%	4,070.0mm	4,070.5mm	-0.50mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	251.00mm	
11/7	晴	12.0℃	65%	9.0%	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.50mm	251.00mm	
11/21	晴	7.4℃	59%	11.0%	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	251.00mm	
12/19	雨	12.0℃	80%	16.0%	4,071.0mm	4,071.0mm	0.00mm	251.00mm	252.50mm	252.00mm	252.00mm	
1/22	晴	5.0℃	28%	13.5%	4,071.0mm	4,071.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.50mm	251.00mm	
平均				11.6%	4,070.4mm	4,070.5mm	-0.10mm	251.00mm	252.10mm	251.40mm	251.20mm	

特記事項：特に外形上変化なし。(1か所木口割れあり。CN90の釘打ちによるもの。40mm程度)

SPFー1

空気圧				2.6Mpa(CN90)/2.0Mpa(CN65)	SPFと比べて			その他			
測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	対角差	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4
10/26	くもり	20.0℃	65%	19.5%	4,900.5mm	4,900.5mm	0.00mm	250.00mm	250.00mm	250.00mm	250.00mm
11/7	晴	12.0℃	65%	12.0%	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	248.00mm	250.00mm	249.00mm	249.00mm
11/21	晴	7.4℃	59%	15.5%	4,900.0mm	4,900.0mm	0.00mm	248.00mm	249.00mm	248.00mm	249.00mm
12/19	雨	12.0℃	80%	21.5%	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	248.00mm	248.00mm	249.00mm
1/22	晴	5.0℃	28%	18.5%	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	248.00mm	249.00mm	248.00mm	250.00mm
平均				17.4%	4,900.7mm	4,900.7mm	0.00mm	249.00mm	249.20mm	248.60mm	249.40mm

特記事項：根太1本に不連続の表面割れあり(全長60cm)、それ以外の形状変化はなし。

SPFー2

空気圧				2.6Mpa(CN90)/2.0Mpa(CN65)	SPFと比べて			その他			
測定日	天気	温度	湿度	含水率	対角①	対角②	対角差	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4
10/26	くもり	20.0℃	65%	13.5%	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm
11/7	晴	12.0℃	65%	10.0%	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	250.00mm	250.00mm	250.00mm	250.00mm
11/21	晴	7.4℃	59%	13.5%	4,900.5mm	4,900.0mm	0.50mm	250.00mm	249.00mm	250.00mm	249.00mm
12/19	雨	12.0℃	80%	20.0%	4,901.5mm	4,901.0mm	0.50mm	252.00mm	250.00mm	251.50mm	250.00mm
1/22	晴	5.0℃	28%	20.5%	4,901.0mm	4,901.5mm	-0.50mm	251.00mm	249.00mm	250.00mm	249.00mm
平均				15.5%	4,901.0mm	4,900.9mm	0.10mm	250.80mm	249.80mm	250.50mm	249.80mm

三井ホームコンポーネント(株)における経過観察・評価

◆パネル製作・保管状況

枠組



合板貼り



釘打ち (カラマツ)



完成パネル保管



パネル保管状況



パネル保管 (上: SPF、下: カラマツ)



パネル保管（上：スギ、下：カラマツF J）



- 工場内で、日当りの良い場所に保管
- 月2回 段積みをばらして対角、パネル高さ、含水率を測定

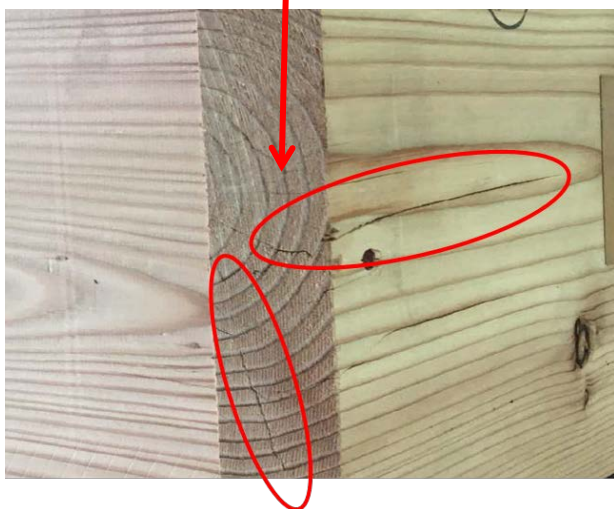
◆外観上の気付き事項（2020/12/03 時点途中経過）

S P F・・・白色、年輪幅狭目、幅ぞり等材変形なし、材表面に加工上の欠点（削り残しあり）



スギ・・・赤色、年輪幅広目、木口部分表面割れあり、幅ぞり等材変形なし、小さな不健全節多い





- カラマツ、スギとも製品上特に問題ない。**

◆外観上の気付き事項（2020/01/24 最終）



【 評価 】

※1、※2について、2019/12/03 時点より約2か月経過し、カラマツ、スギ、SPFとも根太の幅反りが発生している（0.5mm～1mm程度）が、JAS特級レベルであり、パネル製品への影響は特になかった。

FJカラマツについては、幅反り発生がほとんどなかった。

逆に、SPFについては、カラマツ、スギにくらべ含水率が高目だったこともあり、材の変化が一番大きかった（パネル高さ寸法に影響）。

2019/12/03 の途中経過同様 カラマツ、スギとも製品上特に問題なかった。

2 × 4 構造材として十分に使用できる材料と判断します。

ウィング(株)における経過観察・評価

◆材料検査



カラマツ



スギ



◆パネル製作・保管状況

枠組



パネル保管状況



※SPFとの違い

- ・カラマツFJ、カラマツ ①材が重い ②無垢材は ねじれが多い ③釘が少し残る
- ・杉 ①釘がめり込みやすい

◆外観上の気付き事項 (2020/01/22 最終)

カラマツFJ・・・形状変化なし 非常に真っ直ぐな材料



カラマツ・・・形状変化なし、CN65 釘打ち部分割れあり



SPF・・・形状変化なし 1本表面われ



スギ・・・形状変化なし 1箇所小口割れ



【 評価 】

- ・パネル作成から約3か月経過し、カラマツF J、カラマツ、スギ、SPFとも根太の形状変化もなく、JAS 特級レベルであり、パネル製品への影響は特にない。
- ・F Jカラマツについては、曲がり、反りなどなかった。

カラマツ、スギとも 特に問題なく、2 X 4床材として十分に使用できる材料と判断します。

第3章 長野県産 210 材の性能評価

I 試験概要

1 試験の目的

大径丸太から製材した、カラマツ 210 製材、たて継ぎ材及び県南スギ 210 材をそれぞれ製材及び作製し、以下の項目を明らかにする。

- ①供試した大径材の諸元
- ②210 製材及びたて継ぎ材の日本農林規格(J A S)による評価とヤング係数
- ③カラマツたて継ぎ材の性能評価試験
 - ア) 製材と F J 材の曲げ強度試験
 - イ) F J 材のエッジワイズとフラットワイズによる曲げ強度試験
 - ウ) F J 材の引張り試験
 - エ) F J 材の接着性能試験
 - オ) 製材と F J 材の長期荷重性能試験
- ④県南スギ 210 材の曲げ強度試験
- ⑤高強度集成材用ラミナのヤング係数等級区分

2 試験方法

大径A材丸太からの木取り方法を図1に示す。末口径 34 cm及び 36cm の丸太から 210 材 4 体を製材し、外周部から集成材ラミナを製材する木取りを基本とした。なお、末口 38 c m を超える丸太については、5 体または 6 体の 210 材を製材した。

5m カラマツ丸太 20 本、4m カラマツ丸太 30 本、4m スギ丸太 20 本を試験体とした。丸太を縦振動ヤング係数の平均値と変動係数がほぼ等しくなるように 2 分割して、「床パネル作製用」と「210 材性能試験体」とした。

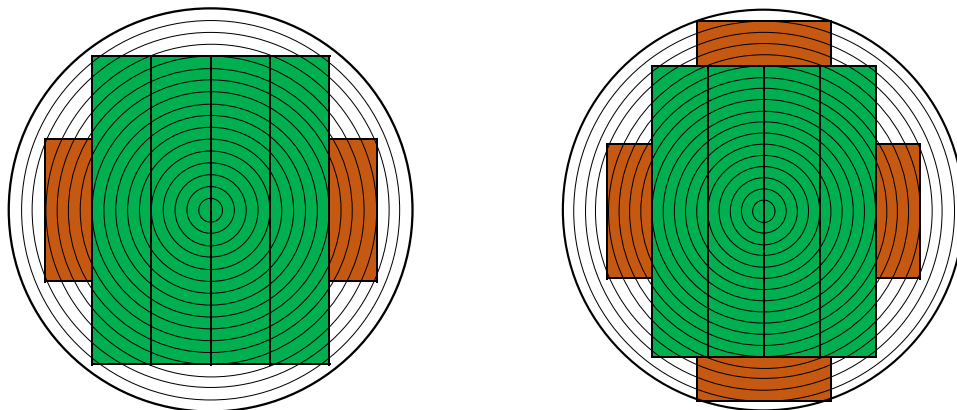


図1 大径A材丸太の木取り方法

II 試験課題

1 供試した大径材の諸元と試験体の作製

本課題では、大径A材丸太の大断面を活かした横架材として、210 材を主製品とする木取り製材を行う大径材の諸元を測定する。高齢級大径材化が進んで長野県産丸太の諸元データを把握することを目的とする。

1.1 試験方法

1.1.1 供試丸太

カラマツについては、長野県東信産カラマツ大径材 5m 材 20 本、4m 材 20 本、木曽産 4m 材 10 本の合計 50 本を供試木とし、スギについては、南信産スギ 20 本を供試木とした。

カラマツ 5m 丸太 20 体は、長野県佐久市の榊青木屋で、カラマツ 4m 丸太については、20 本を小県郡長和町の小林木材㈱で、10 本は木曽郡南木曽町榊勝野木材で用意した。また、スギ 4m 丸太は、下伊那郡根羽村の根羽村森林組合で用意した。どの丸太も一般に大径材として購入できる材であると考ええる。

1.1.2 測定方法

丸太の計測は、各社の土場で実施した。小林木材㈱土場においては、リングバーカーにて剥皮した状態から測定を開始し、その他については、皮つきの状態から測定を開始した。

末口では短径、長径、心材径（短径・長径）、年輪数（全体、心材年輪数）、元口では短径、長径、年輪数（全体、心材年輪数）、を測定し、併せて材長、重量（クレーンスケール 0.5kg 単位使用）、縦振動周波数を測定した（写真 1-1, 2, 3, 4）。

なお、平均年輪幅(mm)、心材率(%)、細り(mm/m)、を式(1-1)、(1-2)、(1-3)によってそれぞれ算出した。また、見かけの比重(kg/m³)、縦振動ヤング係数(E_{fr-log}) (kN/mm²)は式(1-4)、(1-5)によって算出した。

$$\text{平均年輪幅(mm)} = \frac{(\text{末口短径(mm)} + \text{末口長径(mm)}) / 2}{\text{年輪数} \times 2} \quad (1-1)$$

$$\text{心材率(\%)} = \frac{\text{末口心材短径}}{\text{末口短径}} \times 100 \quad (1-2)$$

$$\text{細り(mm/m)} = \frac{((\text{元口短径} + \text{元口長径}) / 2) + ((\text{末口短径} + \text{末口長径}) / 2)) / 2}{\text{材長(m)}} \quad (1-3)$$

$$\text{見かけの比重(kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{重量(kg)}}{(\text{両木口の平均径の平均})^2 \times \pi / 4 \times \text{材長(m)} \times 1/10,000} \quad (1-4)$$

$$E_{\text{fr-log}}(\text{kN/mm}^2) = (2 \times \text{材長(m)} \times \text{縦振動周波数(Hz)})^2 \times \text{見かけの比重(kg/m}^3\text{)} / 10^9 \quad (1-5)$$



写真 1-1 カラマツ 5m 丸太供試体と測定状況（株青木屋）



写真 1-2 カラマツ 4m 丸太供試体と測定状況（小林木材株）



写真 1-3 カラマツ 4m 丸太供試体と測定状況（株勝野木材）



写真 1-4 スギ 4m 丸太供試体と測定状況（根羽村森林組合）

1.2 試験結果

各大径材の測定結果を表 1-1, 2, 3 に示す。

また、各丸太の末口短径、末口年輪数、末口平均年輪幅及び縦振動ヤング係数区分について、それぞれの度数分布を図 1-1～4 に示した。

表 1-1 カラマツ 5m 供試体の丸太形質

カラマツ 5m材 (16f用)	短径 (mm)		年輪数	平均年輪幅 (mm)	末口 心材径	心材率 (%)	細り (mm/m)	見かけの比重 (kg/m ³)	E _{fr-log} (kN/mm ²)
	末口	元口							
平均	396	473	68	3.04	345	87.2	8.1	739	11.4
標準偏差	20	47	10	0.46	25	4.3	5.3	96	1.4
変動係数	5.1	10.0	15.2	15.2	7.1	4.9	65.0	13.1	12.2
最小	360	410	51	2.37	284	77.2	2.7	608	9.3
最大	440	600	86	4.19	390	97.5	18.6	921	13.8
データ数	20	20	20	20	20	20	20	20	20

表 1-2 カラマツ 4m 供試体の丸太形質

カラマツ 4 m材 (FJ用)	短径 (mm)		年輪数	平均年輪幅 (mm)	末口 心材径	心材率 (%)	細り (mm/m)	見かけの比重 (kg/m ³)	E _{fr-log} (kN/mm ²)
	末口	元口							
平均	385	439	64	3.21	332	86.3	6.0	704	11.4
標準偏差	18	37	16	0.68	19	3.2	3.1	45	1.2
変動係数	4.6	8.5	24.3	21.3	5.8	3.7	51.8	6.4	10.9
最小	361	375	45	2.21	296	80.5	1.5	609	8.8
最大	435	503	88	4.10	383	93.2	13.2	801	13.6
データ数	30	30	30	30	30	30	30	30	30

表 1-3 スギ 4m 供試体の丸太形質

スギ 4 m材	短径 (mm)		年輪数	平均年輪幅 (mm)	末口 心材径	心材率 (%)	細り (mm/m)	見かけの比重 (kg/m ³)	E _{fr-log} (kN/mm ²)
	末口	元口							
平均	387	456	55	3.57	286	73.9	8.6	737	7.1
標準偏差	29	38	5	0.29	26	3.8	3.3	57	1.1
変動係数	7.5	8.3	8.7	8.0	9.1	5.1	38.5	7.7	15.4
最小	348	378	48	3.01	250	66.7	3.5	653	4.9
最大	445	500	64	4.09	340	81.0	16.3	861	9.5
データ数	20	20	20	20	20	20	20	20	20

末口短径は、平均値でカラマツ 5m 丸太 396mm、カラマツ 4m 丸太 385mm、スギ 4m 丸太 387mm、標準偏差は、カラマツ 5m 丸太 20mm、カラマツ 4m 丸太 18mm、スギ 4m 丸太 29mm であった。スギのバラツキが若干大きいがいまほ同様の分布と考えた。

末口年輪数は、平均値でカラマツ 5m 丸太 68 年、カラマツ 4m 丸太 64 年、スギ 4m 丸太 55 年であった。標準偏差は、カラマツ 5m 丸太 10 年、カラマツ 4m 丸太 16 年、スギ 4m 丸太 5 年であった。カラマツ 5m 及び 4m 丸太は、45 年から 88 年とバラツキがあり、スギ 4m 丸太は、48 年から 64 年に分布していた。

末口平均年輪幅は、平均値でカラマツ 5m 丸太 3.0mm、カラマツ 4m 丸太 3.2mm、スギ 4m 丸太 3.6mm であり、スギ 4m 丸太は全て 3mm 以上であったが、標準偏差がカラマツのおよそ 1/2（カラマツ 5m 丸太 0.47mm、カラマツ 4m 丸太 0.68mm、スギ 4m 丸太 0.29mm）となりバラツキが小さかった。

縦振動ヤング係数 (E_{fr-log}) は、平均値でカラマツ 5m 丸太 11.4kN/mm²、カラマツ 4m 丸太スギ 11.4kN/mm²、スギ 4m 丸太 7.1kN/mm²、標準偏差は、カラマツ 5m 丸太 1.4、カラマツ 4m 丸太 1.2、スギ 4m 丸太 1.1 とバラツキは小さかった。

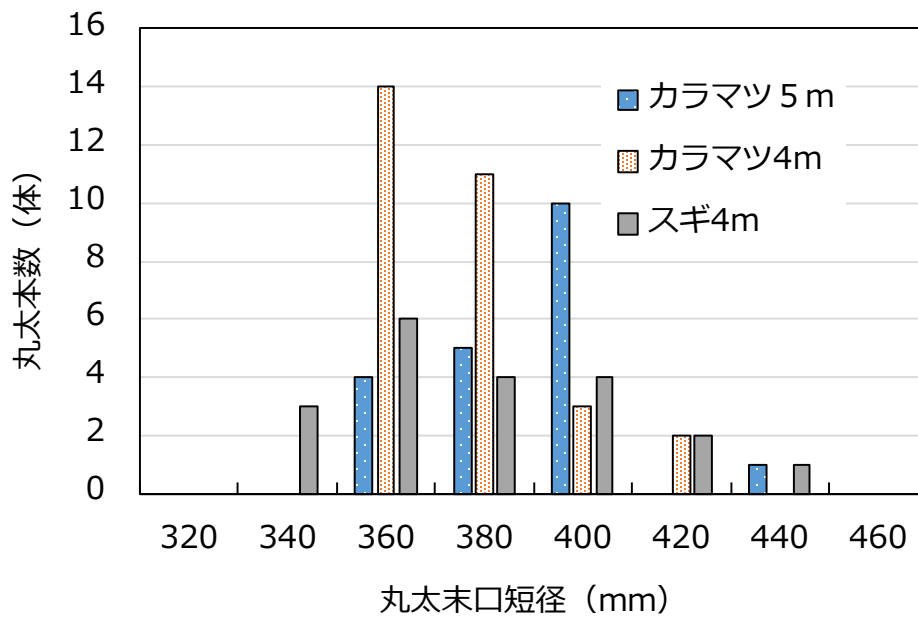


図 1-1 末口径級の度数分布

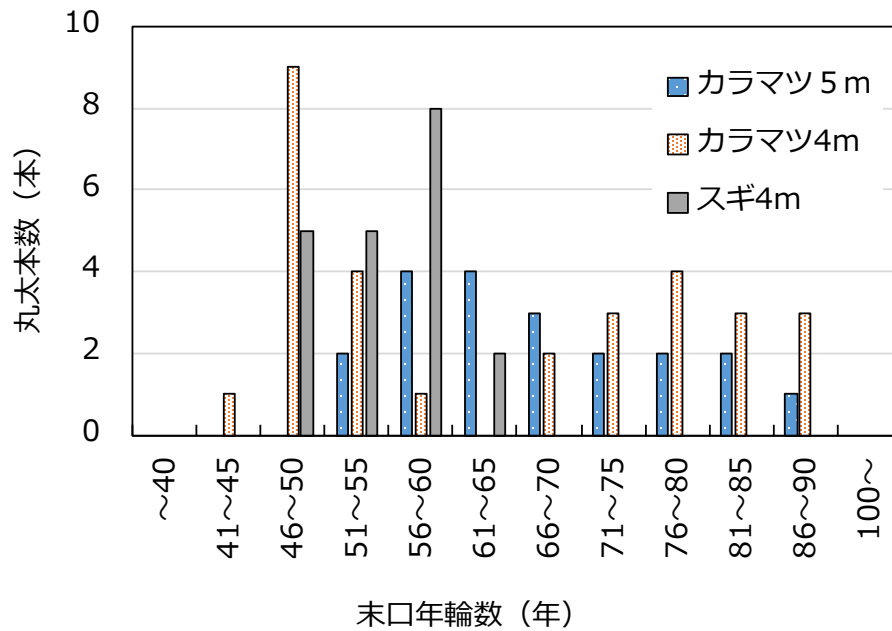


図 1-2 末口年輪数の度数分布

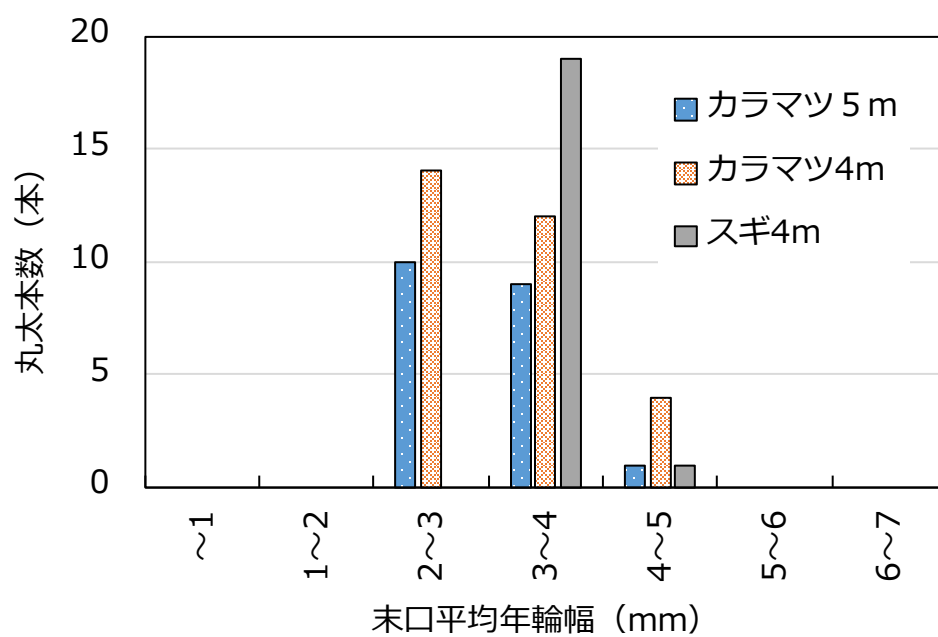


図 1-3 末口平均年輪幅の度数分布

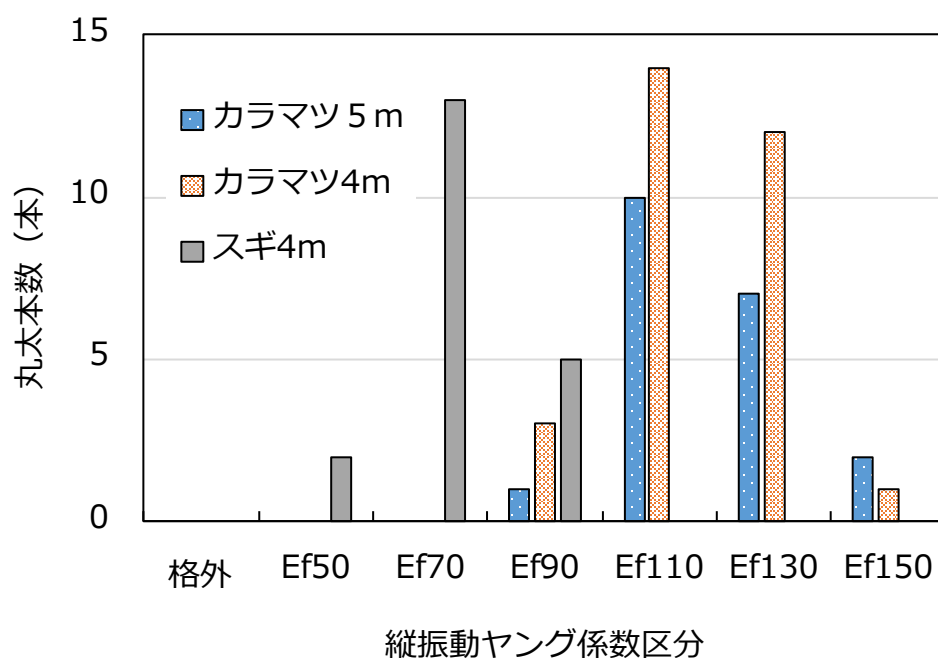


図 1-4 縦振動ヤング係数区分の度数分布

1.3 試験体の作製方法

「1. 210 材床パネルの作製と評価」と「2. 210 材の性能評価」の各試験を行うため、カラマツ 5m 及び 4m 丸太、スギ 4m の各丸太を、得られた縦振動ヤング係数の平均値と、変動係数がほぼ等しくなるように 2 つのグループに分けて、以後の各試験体を作成した。

1.3.1 カラマツ 5m 丸太の木取り

カラマツ 5m 供試丸太の 1 グループ 10 本から床パネル作成用の 210 材を作製し、もう 1 グループ 10 本から製材と FJ 材の曲げ強度試験体を実施する 210 材を製材した。

1) 床パネル作成用

カラマツ 5m 供試丸太の 1 グループ 10 本から床パネル作成用の 210 材を作製した。長さ 5m 末口短径 34cm 上の丸太からの、床パネル作成用 210 材の基本木取りを図 1-5 に示す。210 材は、製材寸法 $50 \times 255 \times 5,000\text{mm}$ とし、その外周部より集成材用ラミナを製材寸法 $40 \times 125 \times 5,000\text{mm}$ で製材する。210 材については、同一丸太から左右 2 分割し 2 社の試験体とした。なお、210 材には原木 No. と製材 No. を記入し、集成材用ラミナについては原木 No. を記入する。

中温乾燥スケジュールで乾燥終了後(1.3.4に記述、以下同様)、モルダーにて、210材は寸法 $38 \times 235 \times 5,000\text{mm}$ 、に整形し、床パネル作製前に目視等級区分、機械等級区分機によるヤング係数の評価を実施する。

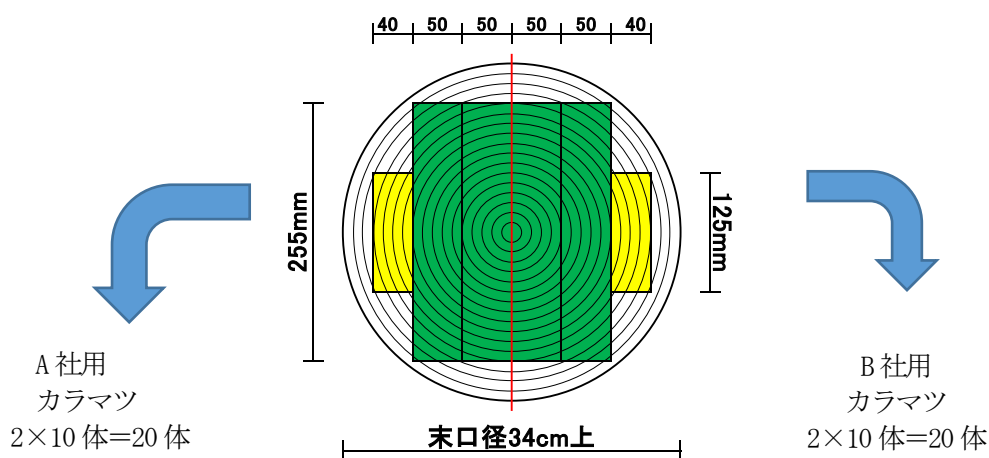


図 1-5 カラマツ 5m 210 材 床パネル製材用木取り図

2) カラマツ 210 製材とたて継ぎ (FJ) 210 材の曲げ強度試験体

カラマツ 5m 供試丸太のもう 1 グループ 10 本から、製材とたて継ぎ (FJ) の曲げ強度比較用の 210 製材とたて継ぎ (FJ) 210 材を作製した。

末口短径 34cm 長さ 5m の丸太 10 本からの 210 材の基本木取りを図 1-6 に示す。210 材の製材寸法は床パネル作成用と同様とした。同一丸太から左右 2 分割し、製材曲げ試験体用とたて継ぎ曲げ試験体用とする。210 材には原木 No. と製材 No. を記入する。

次に中温乾燥スケジュールで乾燥する。乾燥終了後、製材曲げ試験体は寸法 38×235×5,000mm、に整形し製材曲げ試験体とする。たて継ぎ曲げ試験体については、長さ方向中央部（約 2.5m）で一度切断し寸法 41×245×2,500mm、に整形後、切断部をフィンガージョイントによりたて継ぎ加工を行い寸法 38×235×5,000mm に整形し、たて継ぎ曲げ試験体とする。目視等級区分は製材曲げ試験体、たて継ぎ曲げ試験体で実施し、機械等級区分機による評価は、たて継ぎ曲げ試験体も切断FJ加工前の5m製材で実施する。

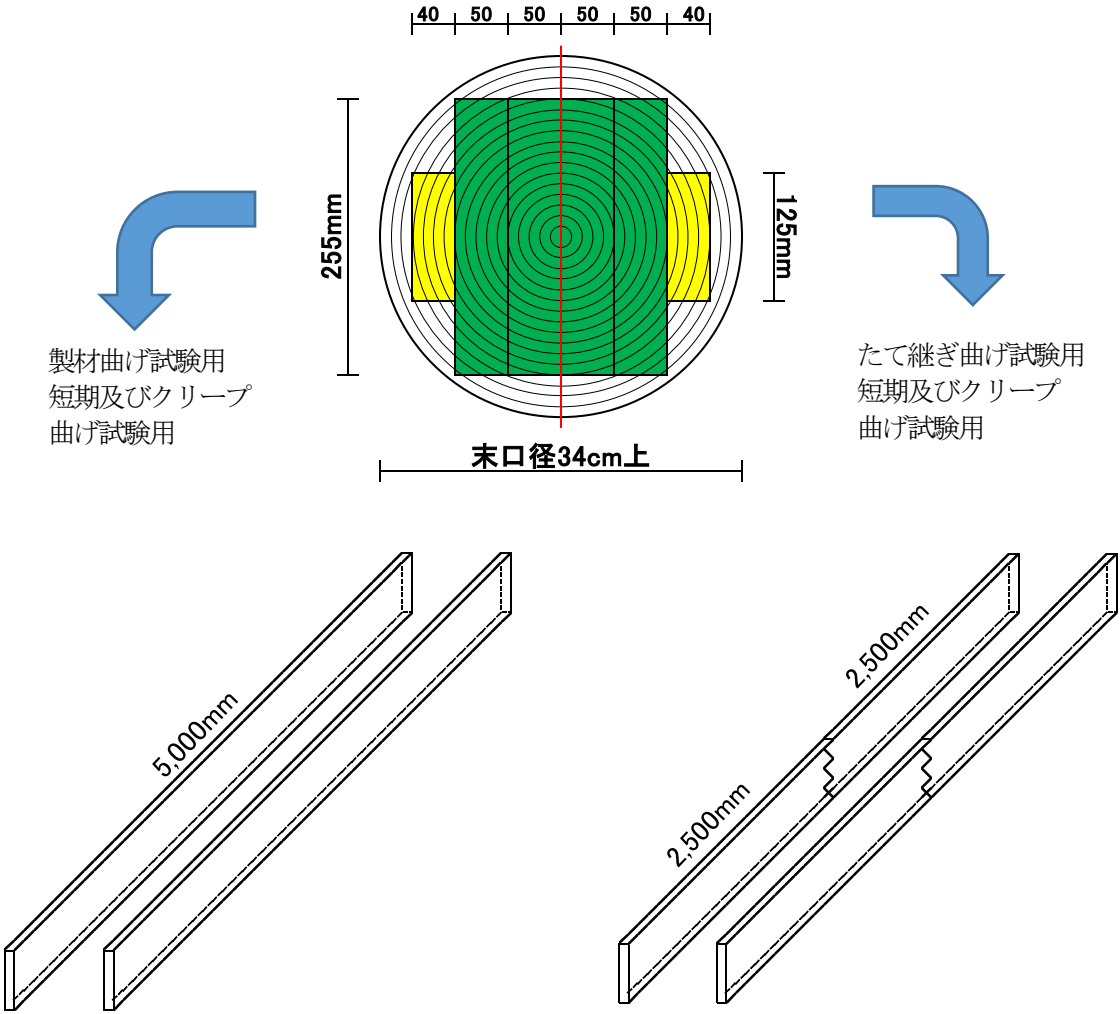


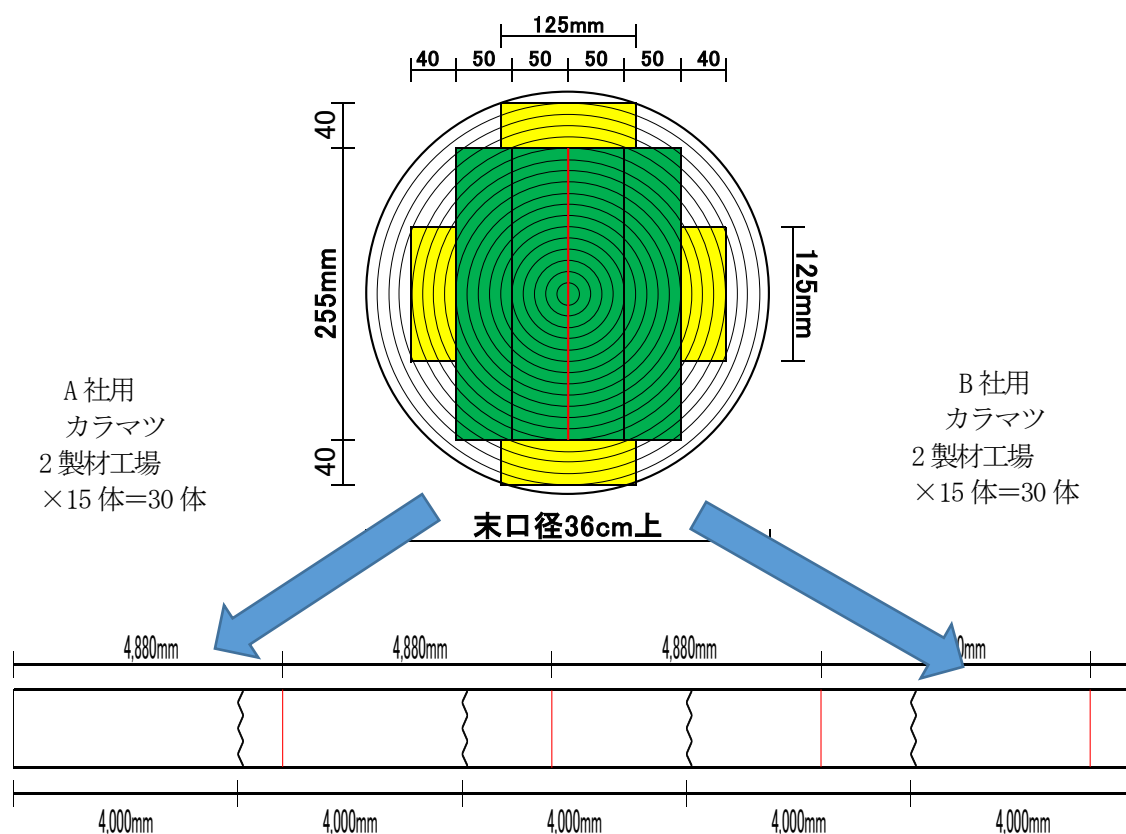
表 1-6 カラマツ 5m210 材 製材-FJ 曲げ試験体木取り図

1.3.2 カラマツ 4m 丸太の木取り

カラマツ 4m 供試丸太の 1 グループ 15 本から床パネル作成用のたて継ぎ 16 フィンガージョイント 210 材 (以下、16f-FJ210 材) を作製し、もう 1 グループ 15 本からは、フィンガージョイントのエッジワイズ (EW) とフラットワイズ (FW) の曲げ強度試験体を作製した。

1) 床パネル作成用カラマツたて継ぎ 16 フィート 210 材の製材及び作製

カラマツ 4m 供試丸太の 1 グループ 15 本から床パネル作成用のカラマツ 16f-FJ210 材を作製した。長さ 4m、末口短径 36cm 丸太からの 210 材の基本木取り及び FJ 作製を図 1-7 に示す。210 材は、製材寸法 $50 \times 255 \times 4,000$ mm とし、その外周部より高強度集成材用ラミナを製材寸法 $40 \times 124 \times 4,000$ mm で製材する。同一丸太から左右 2 分割する。210 材には原木 No. と製材 No. を記入する。次に後述する中温乾燥スケジュールで乾燥する。乾燥終了後、モルダーにて、210 材は、寸法 $41 \times 245 \times 4,000$ mm、に整形後、左右 2 分割したそれぞれの 210 材について、4880mm たて継ぎ材を作製する。たて継ぎ後に寸法 $38 \times 235 \times 4,000$ mm、に整形する。目視等級区分は 4880mm たて継ぎ材で、機械等級区分機による評価はたて継ぎ前に実施する。



※A社用、B社用それぞれを、16 フィート材：寸法 $38 \times 235 \times 4,880$ mm に仕上げる。
床パネルに使用しなかった材については、接着性能試験を実施予定。

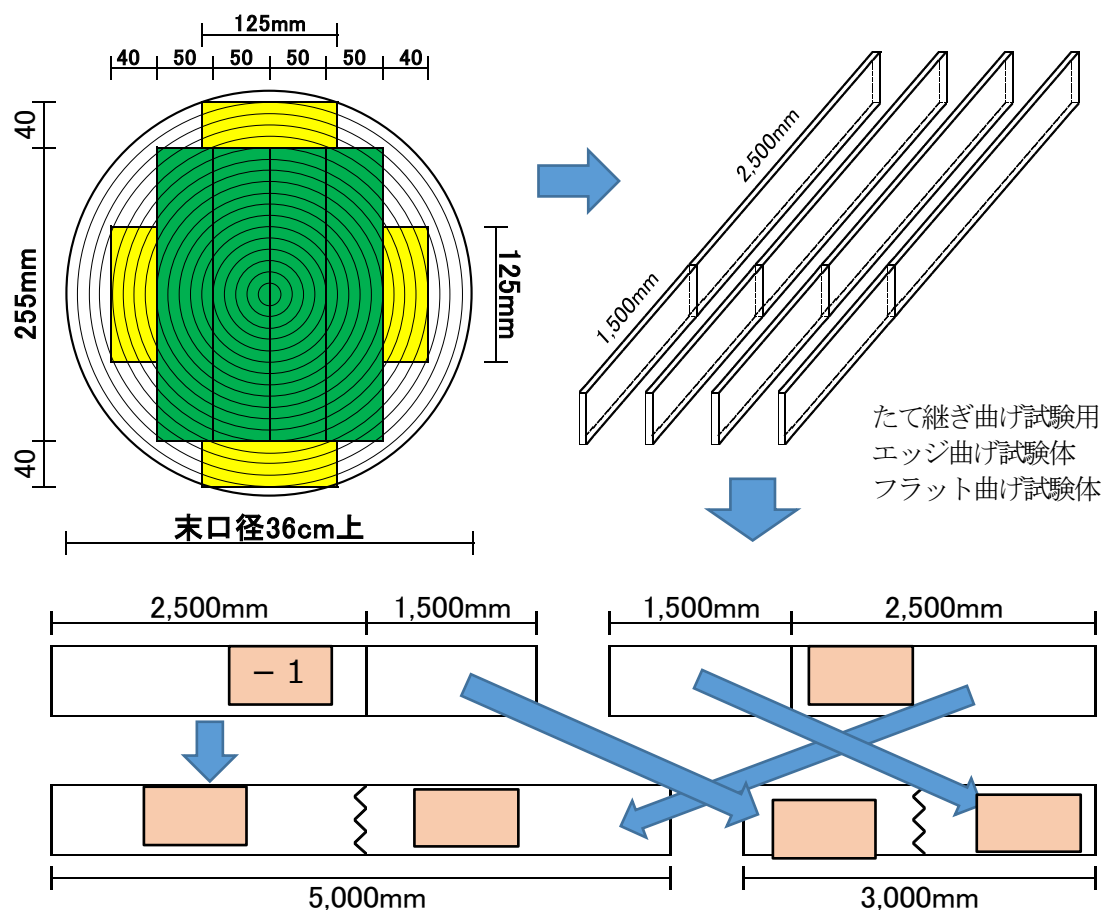
図 1-7 床パネル作成用カラマツたて継ぎ 16 フィート 210 材の製材及び作製図

2) FJ材のエッジワイズとフラットワイズによる曲げ強度試験

カラマツ 4m 供試丸太のもう 1 グループ 15 本からは、フィンガージョイントのエッジワイズ (EW) とフラットワイズ (FW) の曲げ強度試験体を作製した。

末口短径 36cm 長さ 4m の丸太 15 本からの 210 材の基本木取りを図 1-8 に示す。210 材は、製材寸法 $50 \times 255 \times 4,000\text{mm}$ とし、その外周部より高強度集成材用ラミナを製材寸法 $40 \times 124 \times 4,000\text{mm}$ で製材する。210 材には原木 No. と製材 No. を記入する。

次に後述する中温乾燥スケジュールで乾燥する。乾燥終了後、モルダーにて、寸法 $41 \times 245 \times 4,000\text{mm}$ に整形後、次に、 $4,000\text{mm}$ 材を長さ $2,500\text{mm}$ と $1,500\text{mm}$ に切断し、 $2,500\text{mm}$ 2 体、 $1,500\text{mm}$ 2 体をそれぞれたて継ぎ加工し、エッジ曲げ試験体長さ $5,000\text{mm}$ 、フラット曲げ試験体長さ $1,500\text{mm}$ を作製する。この時エッジ及びワイズ曲げ試験体は、同一の $4\text{m}210\text{m}$ 材を組み合わせ、たて継ぎ材を作製する。なお、目視等級区分はたて継ぎ後に行い、機械等級区分機による評価は切断前の製材で実施する。



※ $4,000\text{mm}$ 材を長さ $2,500\text{mm}$ と $1,500\text{mm}$ に切断し、 $2,500\text{mm}$ 2 体、 $1,500\text{mm}$ 2 体をそれぞれたて継ぎ加工し、エッジ曲げ試験体長さ $5,000\text{mm}$ 、フラット曲げ試験体長さ $3,000\text{mm}$ を作製する。この時エッジ及びワイズ曲げ試験体は、同一の $4\text{m}210\text{m}$ 材を組み合わせ、たて継ぎ材を作製するため、外と外 (-1 と -4) 内と内 (-2 と -3) を組み合わせる。

図 1-8 フィンガージョイントのエッジ及びフラットワイズの曲げ強度試験体作製図

1.3.3 スギ4m丸太の木取り

スギ4m 供試丸太の1グループ10本から床パネル作成用の210材を作製し、もう1グループ10本から曲げ強度試験体を実施する210材を製材した。

床パネル作製用1グループ10本のスギ長さ4m 末口36cmの丸太からの210材の基本木取りを図1-9に示す。210材は、製材寸法50×255×4,000mmとし、その外周部より高強度集成材用ラミナを製材寸法40×124×4,000mmで製材する。同一丸太から左右2分割し2社の床パネル作成用の210材を作製する。210材には原木No.と製材No.を記入する。

次に後述する中温乾燥スケジュールで乾燥する。乾燥終了後、モルダーにて、210材は、寸法38×235×5,000(スギ4,000)mm、に整形する。左右2分割した210材について、それぞれ目視等級区分、機械等級区分機による評価を実施する。

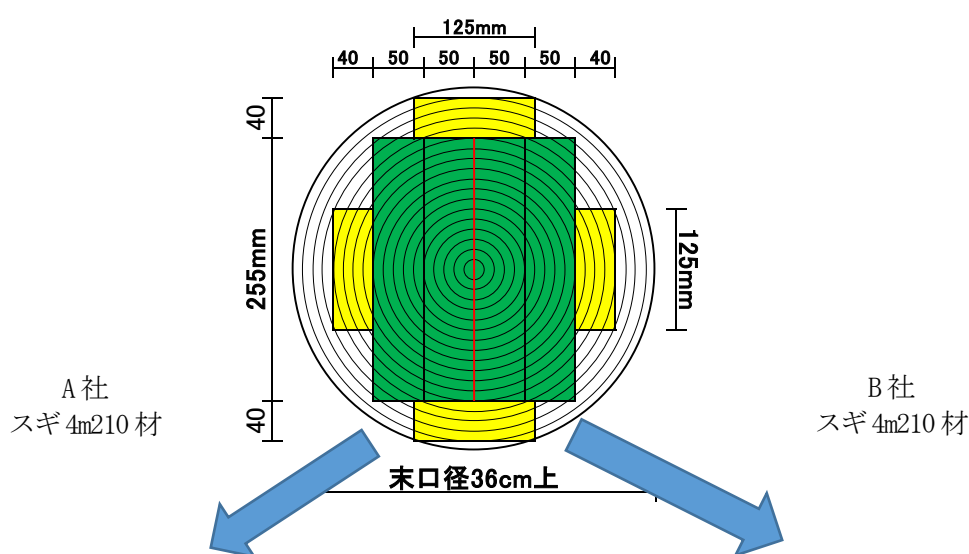


図1-9 スギ4m210材 製材木取り図

もう1グループのスギ4m 供試丸太10本から、曲げ強度試験体210材を作製する。基本木取りなどは、床パネル作製用と同様とする。210材には原木No.と製材No.を記入する。

次に後述する中温乾燥スケジュールで乾燥する。乾燥終了後、製材曲げ試験体は寸法38×235×5,000mm、に整形し製材曲げ試験体とする(図1-10)。なお、曲げ試験前に目視等級区分、機械等級区分機による評価も実施する。

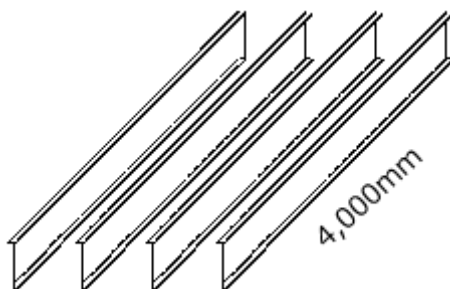


図1-10 スギ4m210材 曲げ試験体

1.3.4 乾燥スケジュール

210 材及び集成材用ラミナの乾燥スケジュールを表 1-4 に示す。

表 1-4 210 材及びラミナの中温乾燥スケジュール

乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	処理時間 (h)	備考
80	80	0	8	蒸煮処理
80	75	5	12	中温乾燥
80	70	10	12	
80	65	15	12	
80	60	20	12	
80	50	30	158	
0	0	0	2	クーリング
70	63	7	24	調湿(EMC:10.3%)
合計			240	時間
			10	日間

2 210 製材及びたて継ぎ材の日本農林規格（JAS）による評価とヤング係数

本課題では、大径A材丸太の大断面を活かした横架材として製材した 210 材について、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」の「甲種枠組材」及び「甲種たて継ぎ材」としての格付け評価（以下、JAS 目視等級）を実施し、あわせて機械等級区分機によるヤング係数の評価を試みた。

2.1 試験方法

JAS 目視等級区分：

JAS 目視等級区分は、カラマツ 5m 材、カラマツ FJ 材、スギ 4m 材について、それぞれ製品となった段階で評価を実施した。床パネル用については、三井ホームコンポーネント(株)、ウィング(株)、それぞれの工場で実施し、評価性能試験体は、林業総合センターにおいて、三井ホームコンポーネント(株)が実施した。

試験体数の内訳は、カラマツ 5m(16f) 210 材については、カラマツ 5m 丸太から製材した 210 材のうち、床パネル用の作製した 42 体と、評価試験用に作製した 20 体合計 62 体について評価した。また、カラマツ FJ 材 210 材については、床パネル用に作製した 46 体と、FJ 性能評価試験用に作製した 93 体（3m 材 30 体、5m 材 63 体）合計 139 体を評価した。次に、スギ 4m 210 材は、床パネル用に作製した 36 体と、性能評価試験用に作製した 36 体合計 72 体を評価した。

機械等級区分機によるヤング係数区分：

機械等級区分機によるヤング係数の測定は、製材、乾燥、モルダー仕上げ後に行った。なお、FJ 材については、FJ 加工前の製材の状態での測定を行った。機械等級区分は、斎藤木材工業（株）において集成材ラミナ用の機械等級区分機により、曲げヤング係数の測定を行った。機械等級区分機は、長さ方向に移動させながら連続して曲げヤング係数を測定しており、ヤング係数は、長さ方向の平均ヤング係数で評価している。

試験体数の内訳は、カラマツ 5m 210 材については、床パネル用の作製した 42 体と、評価試験用に作製した 53 体（製材 20 体、FJ 加工前 33 体）合計 95 体について評価した。また、カラマツ 4m 210 材については、床パネル FJ 用に作製した 64 体と、FJ 性能評価試験用に作製した 60 体（FJ 加工前 4m 材）合計 124 体を評価した。スギ 4m 210 材は、床パネル用に作製した 36 体と性能評価試験用に作製した 36 体合計 72 体を評価した。

2.2 試験結果

2.2.1 210 製材及びたて継ぎ材の JAS 目視等級区分

各 210 材の目視等級区分結果と特級以外に格付けされた材の欠点因子を図 2-1～3 に示す。

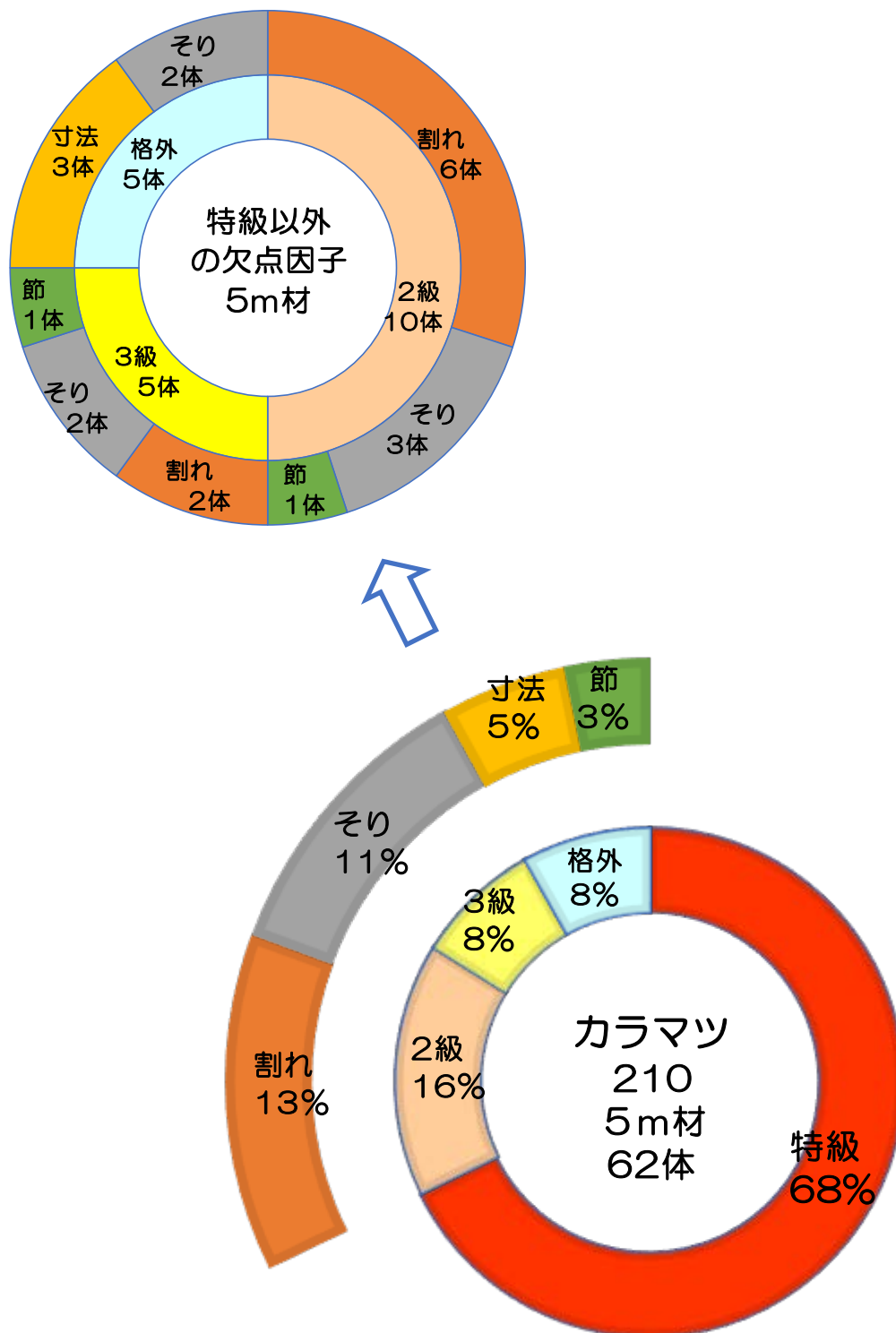


図 2-1 カラマツ 5m 材（62 体）の目視等級区分と特級以外に格付けされた欠点因子

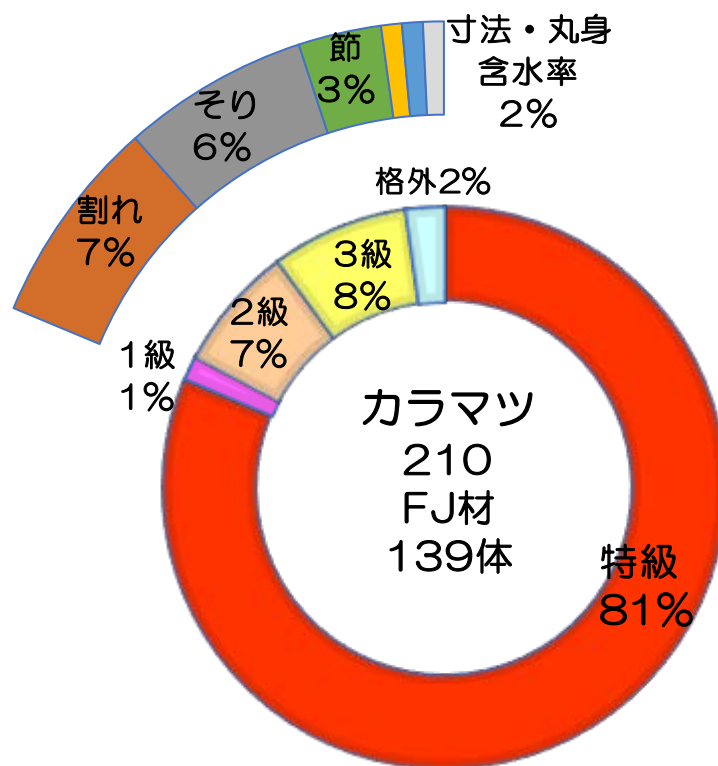
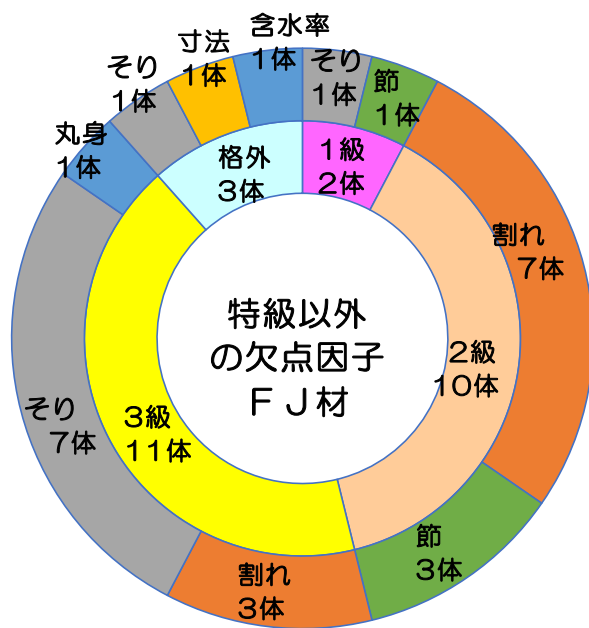


図2-2 カラマツFJ材（139体）の目視等級区分と特級以外に格付けされた欠点因子

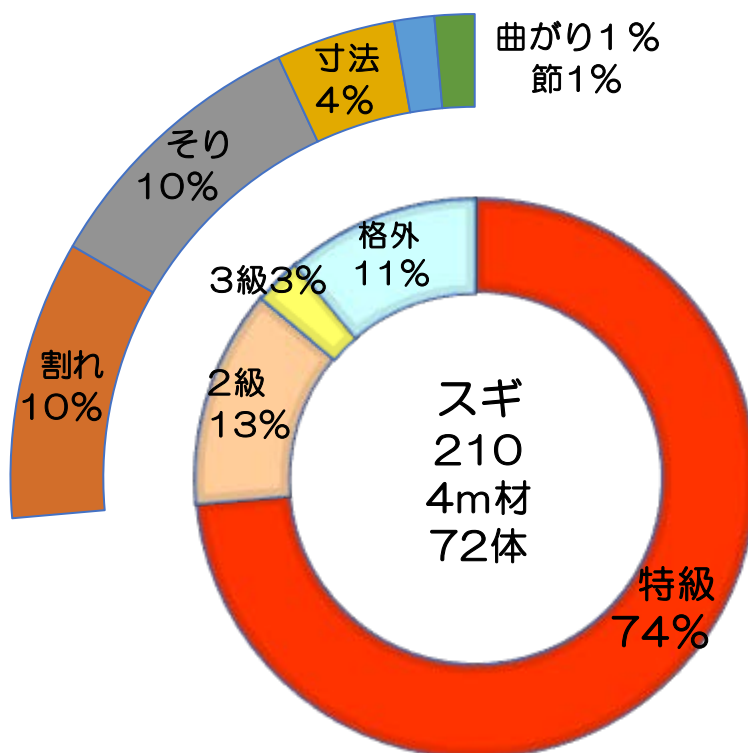
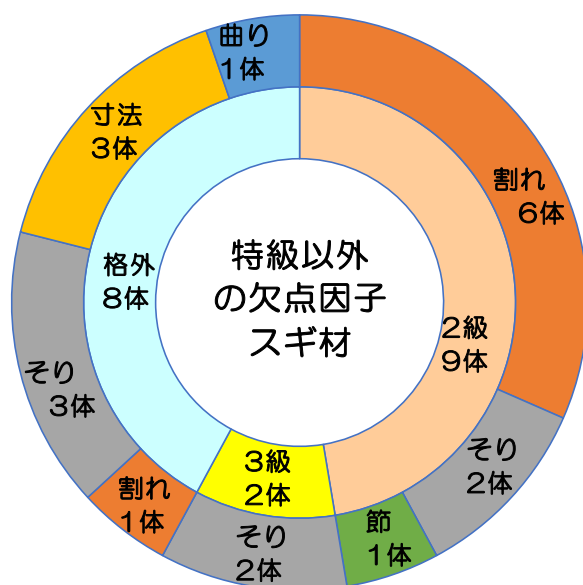


図 2-3 スギ 4m 材 (72 体) の目視等級区分と特級以外に格付けされた欠点因子

カラマツ FJ210 材については、床パネル作製用と評価試験用ではその作成方法が異なっている。試験体の作製方法の詳細は、「1.3 試験体の作製方法」に記載しているが、実用上 4m 材から 16f を作製する方法は、「1.3.2 カラマツ 4m 丸太の木取り 1) 床パネル作成用カラマツたて継ぎ 16 フィート 210 材の製材及び作製」に前述した方法となる。従って、この方法で作製しコンポーネント 2 社で格付けした FJ 材 46 体について、目視等級区分結果と特級以外に格付けされた欠点因子を図 2-4 に示す。

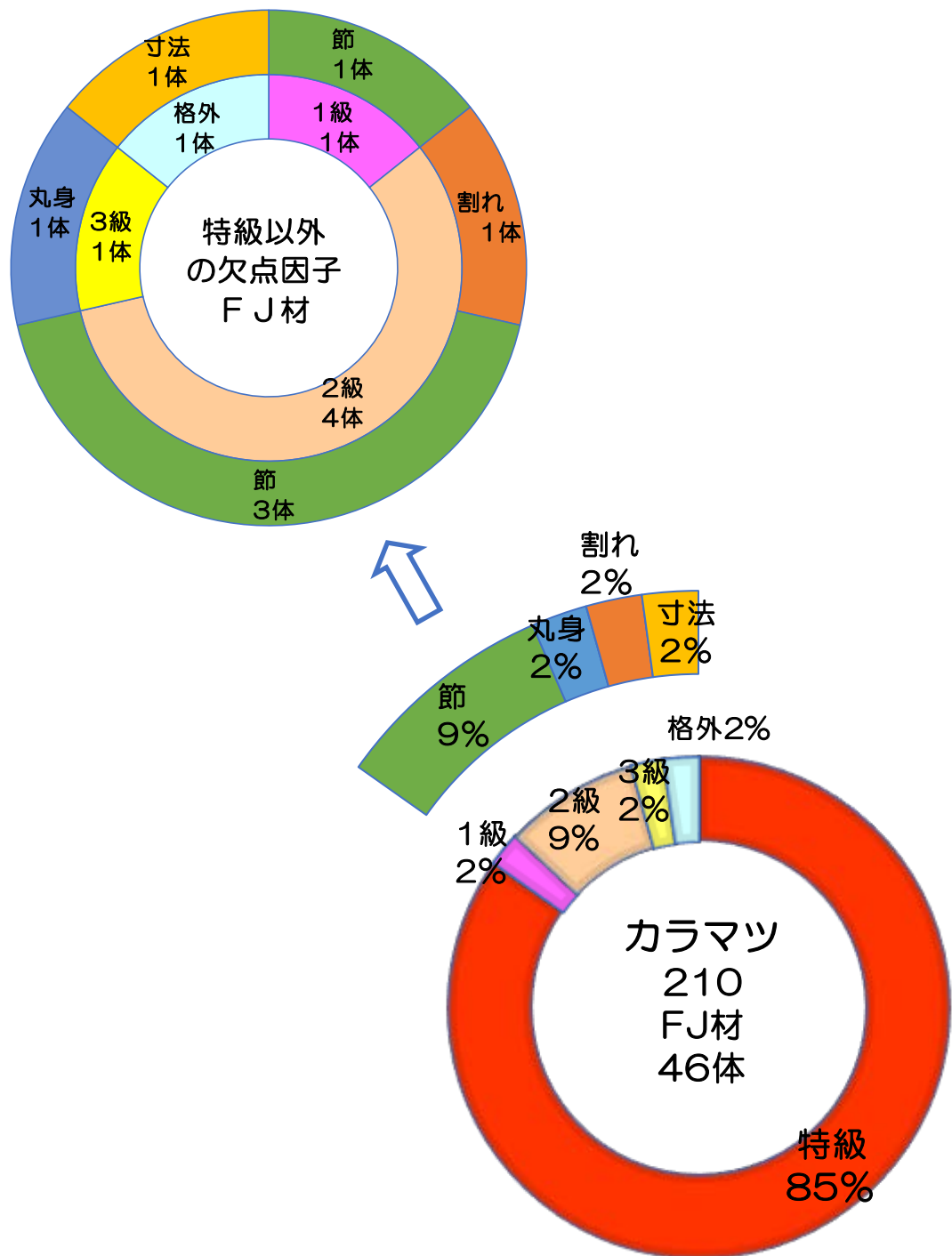


図 2-4 カラマツ FJ 材 (46 体) の目視等級区分と特級以外に格付けされた欠点因子

2.2.2 機械等級区分機によるヤング係数

杣組壁工法構造用製材及び杣組壁工法構造用たて継ぎ材について、「2018 年杣組壁工法建築物 構造計算指針」により示される基準弾性係数を表 2-1 に示す。また、機械等級区分機による測定結果を表 2-2 に示し、ヤング係数による度数分布を図 2-5 に示す。

表 2-1 杣組壁工法構造用製材の基準弾性係数

杣組壁工法構造用製材及びたて継ぎ材の基準弾性係数 (2018年杣組壁工法建築物 構造計算指針より)			
樹種	区分	等級	基準弾性係数
S-P-F	甲種	二級	9.6
JSIII (カラマツ)		特級	10.4

表 2-2 210 材の機械等級区分機による測定結果

樹 種	カラマツ		スギ
材 種	5 m材	4 m材	4 m材
平 均	13.10	13.00	7.22
標準偏差	1.89	1.57	1.13
変動係数(%)	14.44	12.10	15.61
最 小	8.40	9.10	4.80
最 大	17.20	16.20	10.00
データ数	95	124	72
9.6kN/mm ² 以上のデータ数	93 (98%)	122 (98%)	3
10.4kN/mm ² 以上のデータ数	90 (95%)	117 (94%)	0

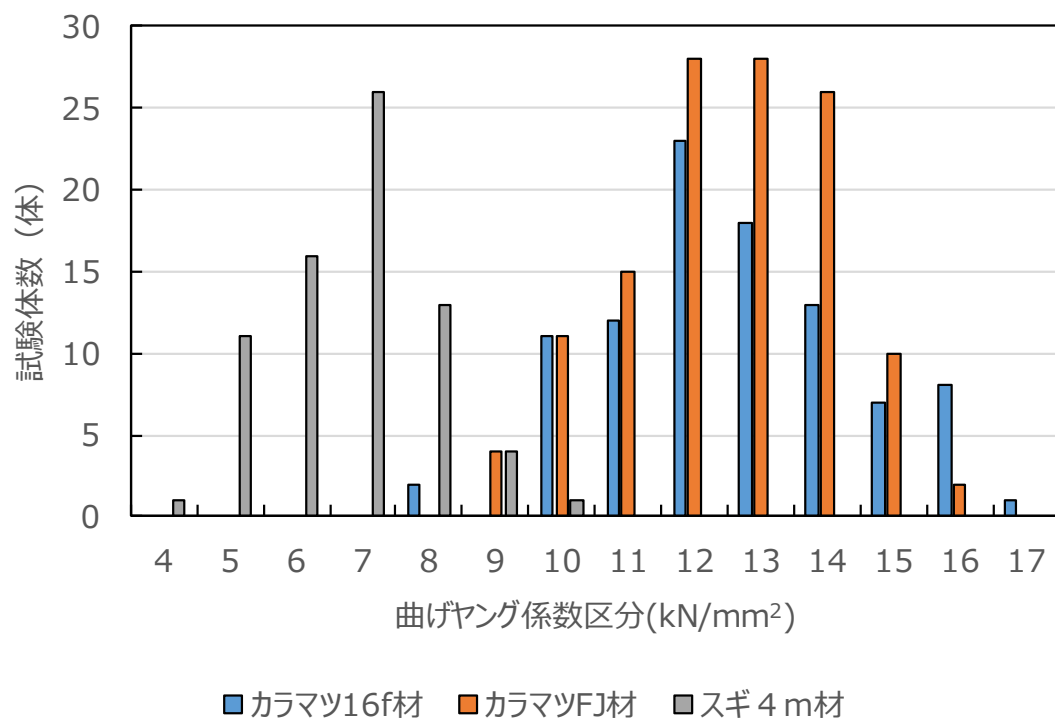


図 2-5 210 材の機械等級区分機による測定結果の度数分布

3 カラマツたて継ぎ材の曲げ性能評価試験

3.1 製材とFJ材の曲げ強度試験

4mを超える16フィートなどの長尺材への対応としてフィンガージョイントによるたて継ぎ材（以下、FJ材）がある。ここでは、同一丸太から作製した、カラマツ210材の5m製材と5mFJ材について、JASの「甲種枠組材」と「甲種たて継ぎ材」としての曲げ強度性能を検討した。

3.1.1 試験の方法

3.1.1.1 試験体

5m丸太からの210材の基本木取りと、5m210製材と5m210FJ材の作製方法の概要を図3-1-1に示す。なお、試験体の作製方法の詳細は、「1 供試した大径材の諸元と試験体の作製 1.3 試験体の作製方法 1.3.1 カラマツ5m丸太の木取り 2) カラマツ210製材とたて継ぎ（FJ）210材の曲げ強度試験体」に記載している。

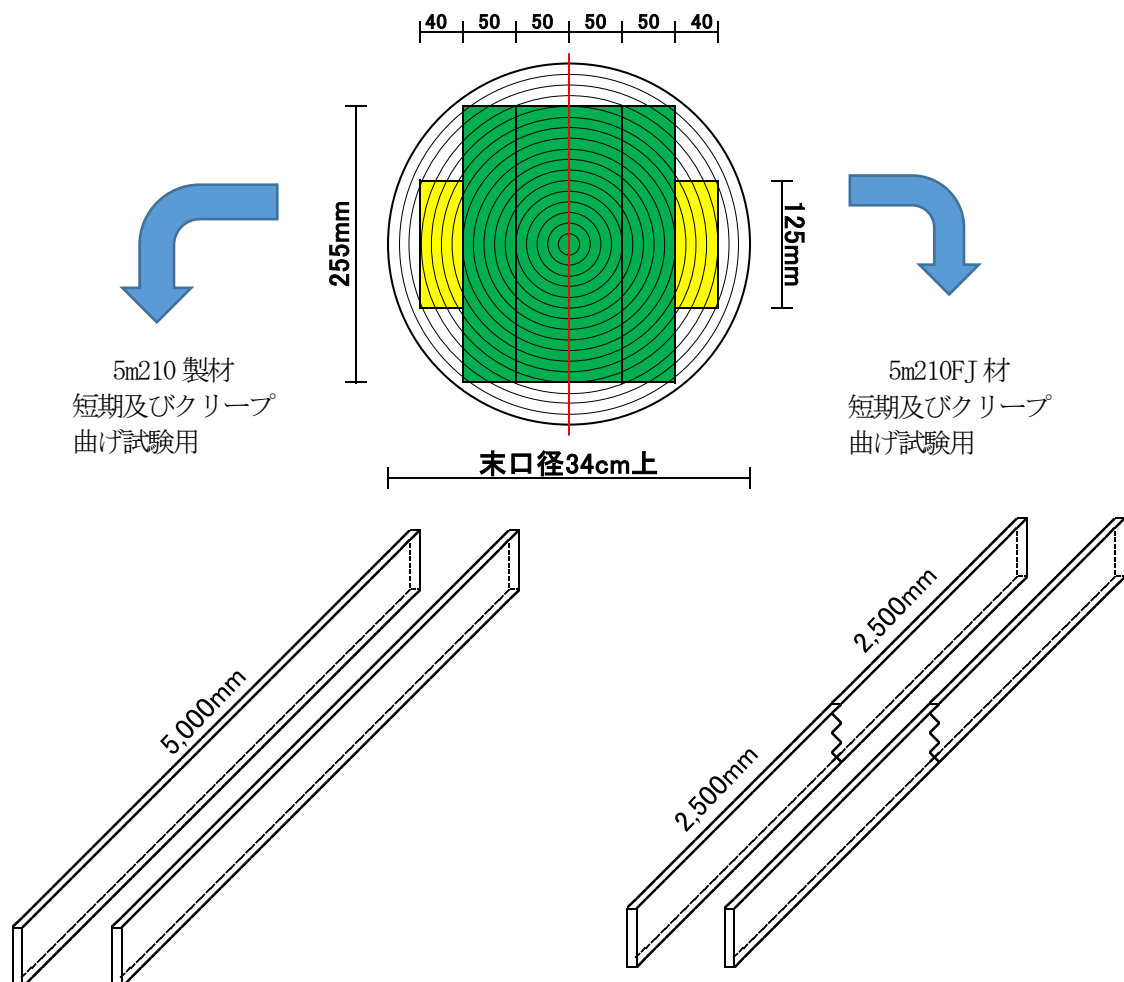


図3-1-1 カラマツ5m210製材と5m210FJ材 曲げ試験体の作製方法

3.1.1.2 曲げ試験の方法

曲げ試験条件を図 3-1-2 に示した。曲げ試験は、実大材曲げ試験機 UH-1000Kna（島津製作所）を用いて、支点間距離 4,230mm（梁せいの 18 倍）、荷重点間距離 1,410mm の 3 等分点 4 点荷重方式、載荷速度は 10mm/min で実施し、荷重を加え始めてから試験体が破壊するまでの時間は 1 分以上となるように行った。荷重点および支点の幅はともに 200mm であり、曲げ載荷時の試験体の横座屈を防止する目的でラテラルサポート（横座屈防止治具）4 基を設置した。曲げ試験の実施状況を写真 3-1-1 に示した。なお、FJ 材については、荷重点間の中央部に FJ 部を設置した。

たわみの計測は、中央部において、全スパンのたわみ（写真 3-1-2）と、ヨークを用いてモーメントが一定になる荷重点間で、600mm のたわみ（写真 3-1-3）を測定した。最大荷重 F_{ult} から曲げ強さ（ F_b ）を求め、また、荷重と全スパンのたわみから「見かけの曲げヤング係数（ E_m ）」を、荷重と曲げモーメント一定区間のたわみの関係から「真の曲げヤング係数（ E_b ）」を算出した。また、縦振動法によるヤング係数を測定した

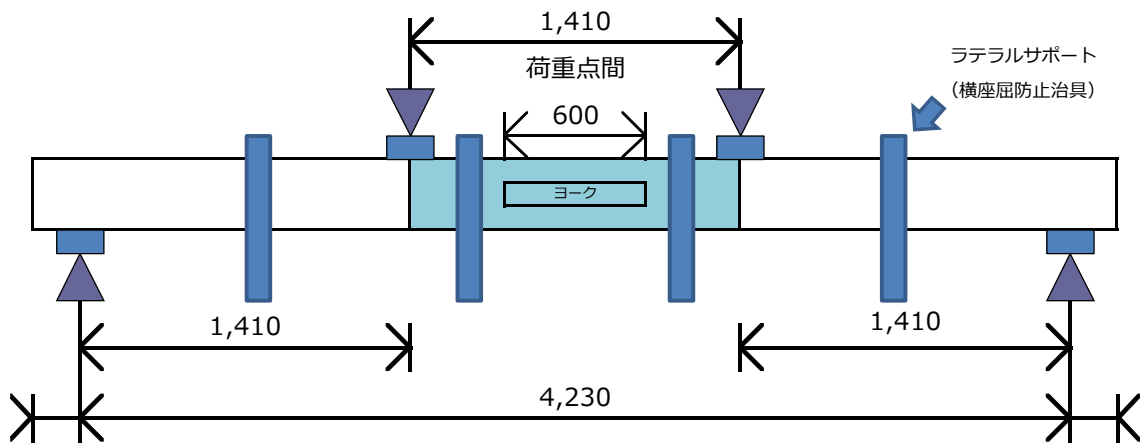


図 3-1-2 製材-FJ 曲げ試験条件



写真 3-1-1 曲げ強度試験の実施状況

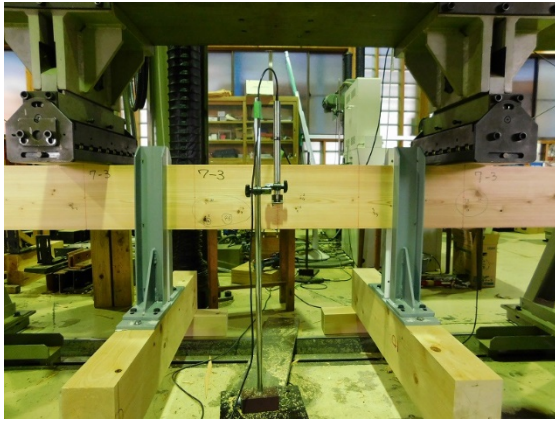


写真 3-1-2 全スパンのたわみの測定

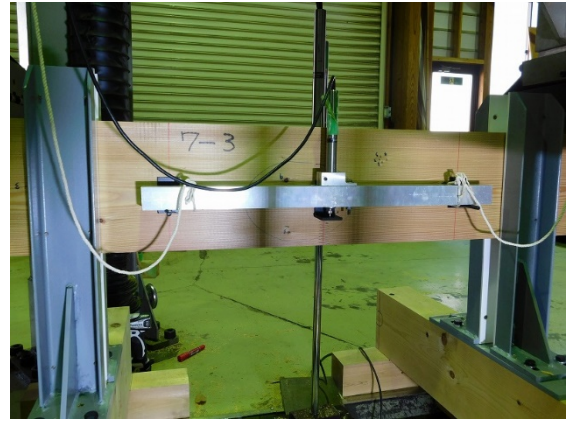


写真 3-1-3 荷重点間内のたわみの測定

$$F_b = \frac{aF_{ult}}{2Z}$$

ここで、

- F_b : 曲げ強さ (N/mm^2)
- a : 支点から荷重点までの距離
- F_{ult} : 最大荷重
- Z : 断面係数 ($(\text{幅} \times \text{高さ}^2)/6$)

$$E_m = \frac{a(3L^2 - 4a^2)(F_2 - F_1)}{48I(w_2 - w_1)}$$

ここで、

- E_m : せん断変形の影響を含んだ曲げヤング係数 (kN/mm^2)
- a : 支点から荷重点までの距離
- L : 試験スパン
- $F_2 - F_1$: 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。
 F_1 は F_{ult} (最大荷重) の約10%、 F_2 は約40%とする。
- I : 断面 2 次モーメント ($(\text{幅} \times \text{高さ}^3)/12$)
- $w_2 - w_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分。

$$E_b = \frac{a\ell^2(F_2 - F_1)}{16I(w_2 - w_1)}$$

ここで、

- E_b : せん断変形の影響を含まない曲げヤング係数 (kN/mm^2)
- a : 支点から荷重点までの距離
- ℓ : 荷重点間内の変位量測定区間の長さ
- $F_2 - F_1$: 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。
 F_1 は F_{ult} (最大荷重) の約10%、 F_2 は約40%とする。
- I : 断面 2 次モーメント ($(\text{幅} \times \text{高さ}^3)/12$)
- $w_2 - w_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分。

3.1.2 試験の結果

カラマツ 5m210 製材 10 体の曲げ試験結果の概要を表 3-1-1 に示し、5m210FJ 材 10 体の曲げ試験結果の概要を表 3-1-2 に示した。また、5m210 製材を甲種杵組材の特級と特級以外の等級に分け、また、5m210FJ 材についても甲種たて継ぎ材の特級と特級以外の等級に分けて、見かけの MOE と MOR の関係を図 3-1-3 に示した。また、各試験体の破壊の様子を写真 3-1-4～8 に示す。

特級以外を含めた全ての製材及びたて継ぎ材について、杵組壁工法構造用製材及び杵組壁工法構造用たて継ぎ材の JAS の JSⅢ（カラマツ）甲種特級 210 材の告示第 1452 号の曲げ基準強度 15.3N/mm^2 (22.5×0.68) を上回った。

表 3-1-1 カラマツ 210 製材の曲げ試験結果の概要

製材	Efr (kN/mm^2)	見かけの ヤング係数 (kN/mm^2)	真の ヤング係数 (kN/mm^2)	曲げ強さ (N/mm^2)	全乾法含水率 (%)	密度 (g/cm^3)	平均年輪幅 (mm/年)
平均	14.48	13.31	13.96	42.6	10.4	0.540	3.1
標準偏差	2.24	2.66	3.30	21.9	1.1	0.061	1.1
変動係数	15.5	20.0	23.7	51.5	10.3	11.2	34.5
最小	11.27	9.10	8.21	16.1	9.3	0.462	1.9
最大	17.58	16.84	17.39	76.2	12.5	0.631	5.0
データ数	10	10	10	10	10	9	9

表 3-1-2 カラマツ 210FJ 材の曲げ試験結果の概要

F J	Efr (kN/mm^2)	見かけの ヤング係数 (kN/mm^2)	真の ヤング係数 (kN/mm^2)	曲げ強さ (N/mm^2)	全乾法含水率 (%)	密度 (g/cm^3)	平均年輪幅 (mm/年)
平均	15.25	14.11	14.57	45.8	10.0	0.554	2.9
標準偏差	2.43	2.33	2.50	13.6	0.9	0.065	1.1
変動係数	15.9	16.5	17.2	29.7	8.6	11.7	36.7
最小	11.26	9.68	10.76	23.6	9.2	0.485	2.0
最大	18.16	17.02	17.31	71.7	11.4	0.642	4.2
データ数	10	10	10	10	10	5	5

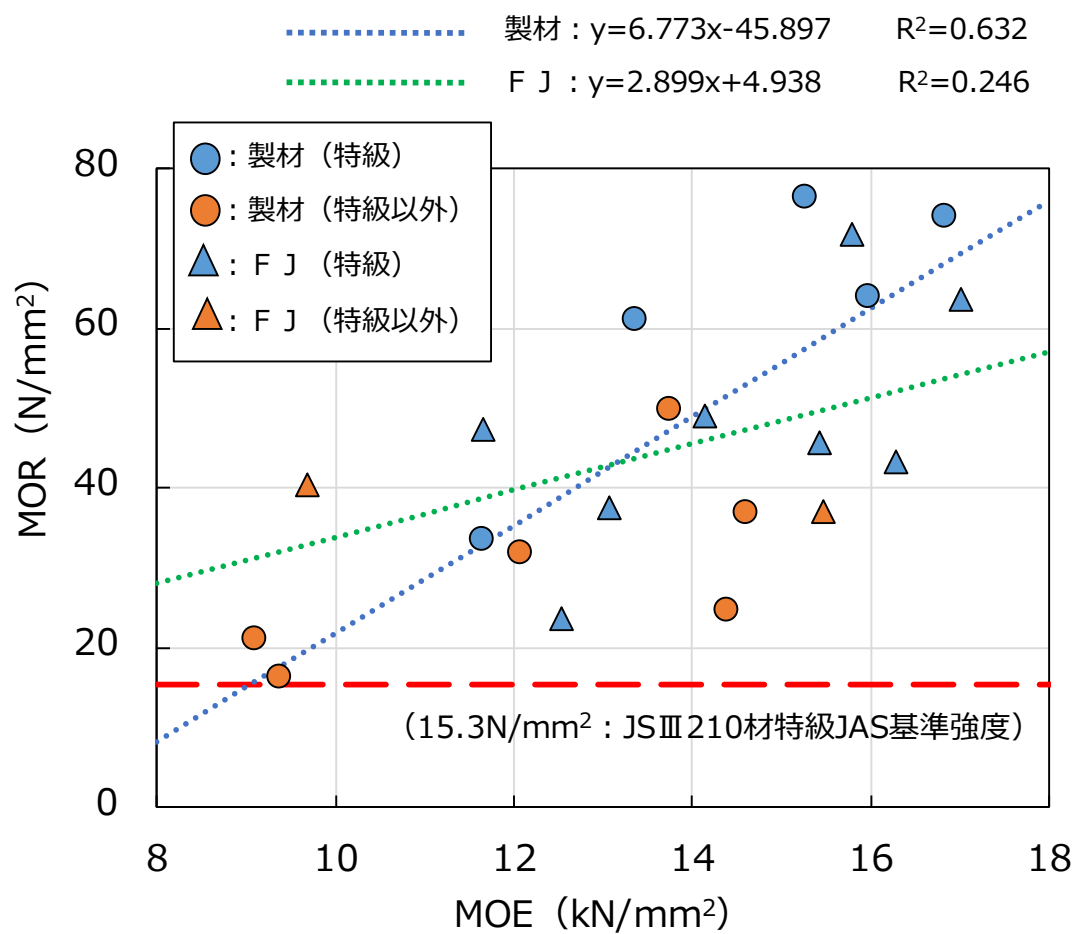


図3-1-3 5m210 製材と5m210FJ 材のMOE とMOR の関係



03-1 1



03-1 2



03-1 3



03-2 1



03-2 2



03-2 3



03-4 1 FJ



03-4 2 FJ



03-4 3 FJ



03-5 1 FJ



03-5 2 FJ



03-5 3 FJ

写真3-1-4 製材とFJ材の曲げ強度試験-1



04-1 1



04-1 2



04-1 3



04-2 1



04-2 2



04-2 3



04-4 1 FJ



04-4 2 FJ



04-4 3 FJ



04-5 1 FJ



04-5 2 FJ



04-5 3 FJ

写真3-1-5 製材とFJ材の曲げ強度試験-2



07-1 1



07-1 2



07-1 3



07-2 1



07-2 2



07-2 3



07-3 1 FJ



07-3 2 FJ



07-3 3 FJ



07-4 1 FJ



07-4 2 FJ



07-4 3 FJ

写真3-1-6 製材とFJ材の曲げ強度試験-3



09-1 1



09-1 2



09-1 3



09-2 1



09-2 2



09-2 3



09-4 1 FJ



09-4 2 FJ



09-4 3 FJ



09-5 1 FJ



09-5 2 FJ



09-5 3 FJ

写真3-1-7 製材とFJ材の曲げ強度試験-4



11-1 1



11-1 2



11-1 3



11-2 1



11-2 2



11-2 3



11-5 1 FJ



11-5 2 FJ



11-5 3 FJ



11-6 1 FJ



11-6 2 FJ



11-6 3 FJ

写真3-1-8 製材とFJ材の曲げ強度試験-5

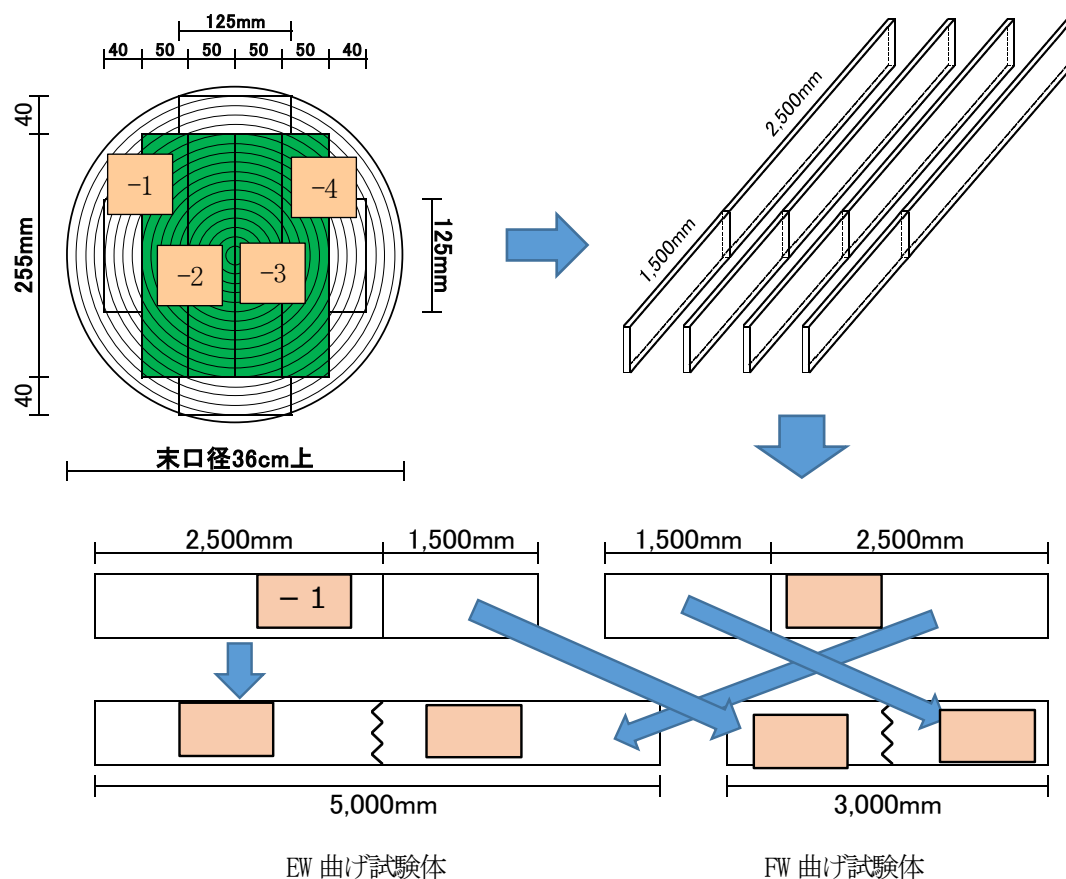
3.2 FJ材のフラットワイズとエッジワイズによる曲げ強度試験

4mを超える16フィートなどの長尺材への対応としてフィンガージョイントによるたて継ぎ材（以下、FJ材）がある。ここでは、同一のカラマツ210製材から作製したFJ材について、フラットワイズ（以下、FW）とエッジワイズ（以下、EW）による曲げ強度試験を行い、JASの甲種たて継ぎ材のたて継ぎ部としての曲げ強度性能を検討した。

3.2.1 試験の方法

3.2.1.1 試験体

カラマツ4m丸太からの210材の基本木取りと、5m及び3mFJ材の作製方法の概要を図3-2-1に示す。なお、試験体の作製方法の詳細は、「1 供試した大径材の諸元と試験体の作製 1.3 試験体の作製方法 1.3.2 カラマツ4m丸太の木取り 2) FJ材のエッジワイズとフラットワイズによる曲げ強度試験」に記載している。



※4,000mm材を長さ2,500mmと1,500mmに切断し、2,500mm2体、1,500mm2体をそれぞれたて継ぎ加工し、エッジ曲げ試験体長さ5,000mm、フラット曲げ試験体長さ3,000mmを作製する。この時エッジ及びワイズ曲げ試験体は、同一の4m210m材を組み合わせるため、外と外（-1と-4）内と内（-2と-3）を組み合わせる。

図3-2-1 FJのFW及びEWの曲げ強度試験体の作製

3.2.1.2 曲げ試験の方法

1) フラットワイズ (FW) 曲げ試験

曲げ試験条件を図 3-2-2 に示した。曲げ試験は、引張圧縮試験機 TG-50kN (ミネベア(株)) を用いて、支点間距離 814mm (梁せいの 18 倍+130mm)、荷重点間距離 130mm の 4 点荷重方式で行い、荷重点間の中央部に FJ 部を設置した。載荷速度は 5mm/min で実施し、荷重を加え始めてから試験体が破壊するまでの時間は 1 分以上となるように行った。荷重点の幅は 50mm、支点の幅は 110mm で行った。曲げ試験の実施状況を写真 3-2-1 に示した。

たわみの計測は、中央部において、全スパンのたわみ (写真 3-2-3) を測定した。最大荷重 F_{ult} から曲げ強さ (F_b) を求め、また、荷重と全スパンのたわみから「見かけの曲げヤング係数 (E_m)」を算出した。また、曲げ試験前に縦振動法によるヤング係数を測定した。

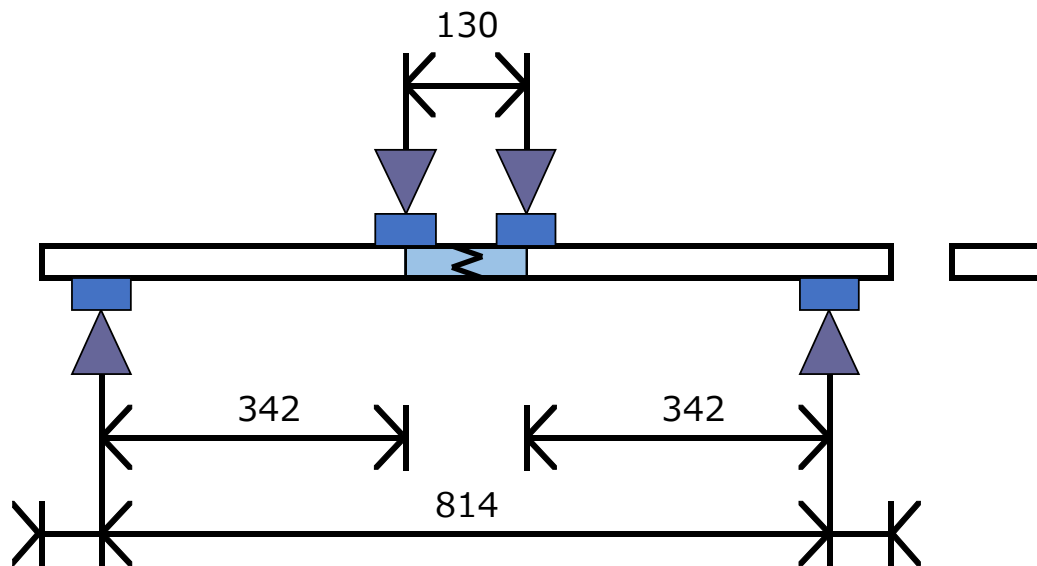


図 3-2-2 FJ の FW 曲げ試験条件



写真 3-2-1 FW 曲げ強度試験の実施状況

2) エッジワイズ (EW) 曲げ試験

曲げ試験条件を図 3-2-3 に示した。曲げ試験は、実大材曲げ試験機 UH-1000Kna (島津製作所) を用いて、支点間距離 4,360mm (梁せいの 18 倍+130mm)、荷重点間距離 130mm の 4 点荷重方式で行い、荷重点間の中央部に FJ 部を設置した。載荷速度は 10mm/min で実施し、荷重を加え始めてから試験体が破壊するまでの時間は 1 分以上となるように行った。荷重点の幅は 50mm、支点の幅は 200mm で行い、曲げ載荷時の試験体の横座屈を防止する目的でラテラルサポート (横座屈防止治具) 4 基を設置した。曲げ試験の実施状況を写真 3-2-2 に示した。

たわみの計測は、中央部において、全スパンのたわみ (写真 3-2-4) を測定した。最大荷重 F_{ult} から曲げ強さ (F_b) を求め、また、荷重と全スパンのたわみから「見かけの曲げヤング係数 (E_m)」を算出した。また、曲げ試験前に縦振動法によるヤング係数を測定した。

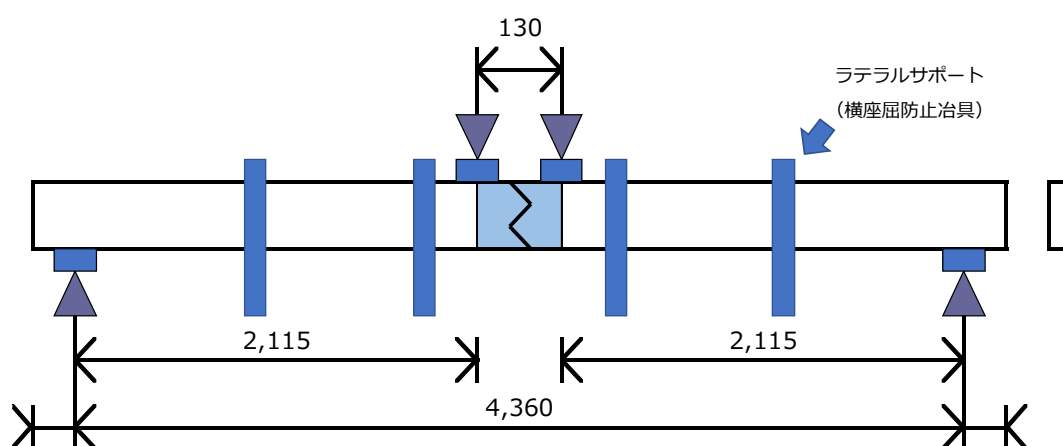


図 3-2-3 FJ の EW 曲げ試験条件

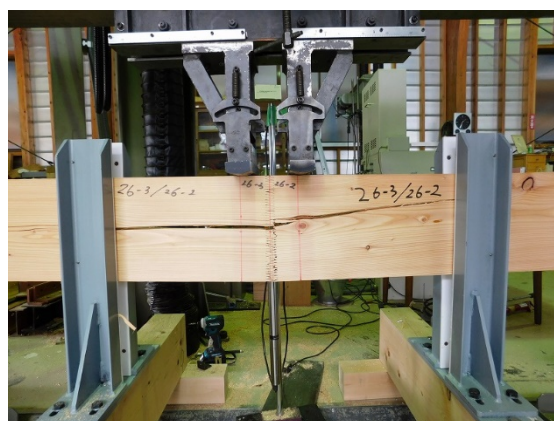
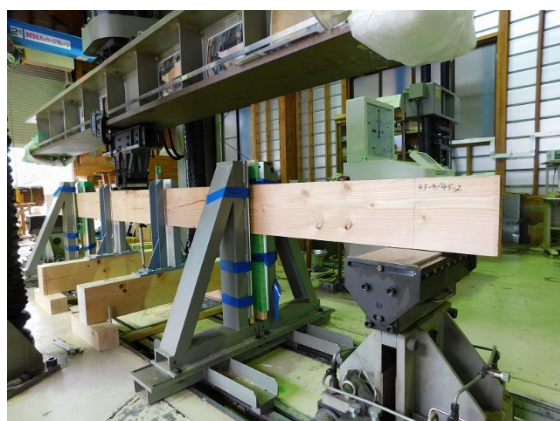


写真 3-2-2 EW 曲げ強度試験の実施状況



写真 3-2-3 FW 全スパンのたわみの測定

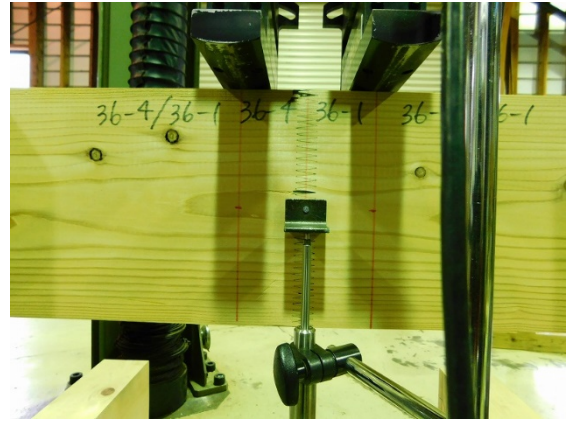


写真 3-2-4 EW 全スパンのたわみの測定

$$F_b = \frac{aF_{ult}}{2Z}$$

ここで、

F_b : 曲げ強さ (N/mm^2)

a : 支点から荷重点までの距離

F_{ult} : 最大荷重

Z : 断面係数 ($(幅 \times 高さ^2) / 6$)

$$E_m = \frac{a(3L^2 - 4a^2)(F_2 - F_1)}{48I(w_2 - w_1)}$$

ここで、

E_m : せん断変形の影響を含んだ曲げヤング係数 (kN/mm^2)

a : 支点から荷重点までの距離

L : 試験スパン

$F_2 - F_1$: 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。

F_1 は F_{ult} (最大荷重) の約10%、 F_2 は約40%とする。

I : 断面 2 次モーメント ($(幅 \times 高さ^3) / 12$)

$w_2 - w_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分。

3.2.2 試験の結果

FJ 材の FW 曲げ試験結果の概要を表 3-2-1 に示し、EW 曲げ試験の概要を表 3-2-2 に示した。ここで、全乾法含水率、密度、平均年輪幅については FW 試験体で測定した。

次に、同一のカラマツ 210 製材から作製した FJ 材について、FW 曲げ強さと EW 曲げ強さの関係を図 3-2-4 に示した。なお、それぞれの FW、EW 曲げ試験体について、JAS の甲種たて継ぎ材の特級と特級以外の等級に分けて表示した。また、各試験体の破壊の様子を写真 3-2-5～14 に示す。

FW 曲げ試験では、特級以外を含めた全ての FJ 材について、JAS の甲種たて継ぎ材の曲げ強さの基準の JSⅢ（カラマツ）の特級の曲げ基準強度 22.5N/mm^2 を上回った。

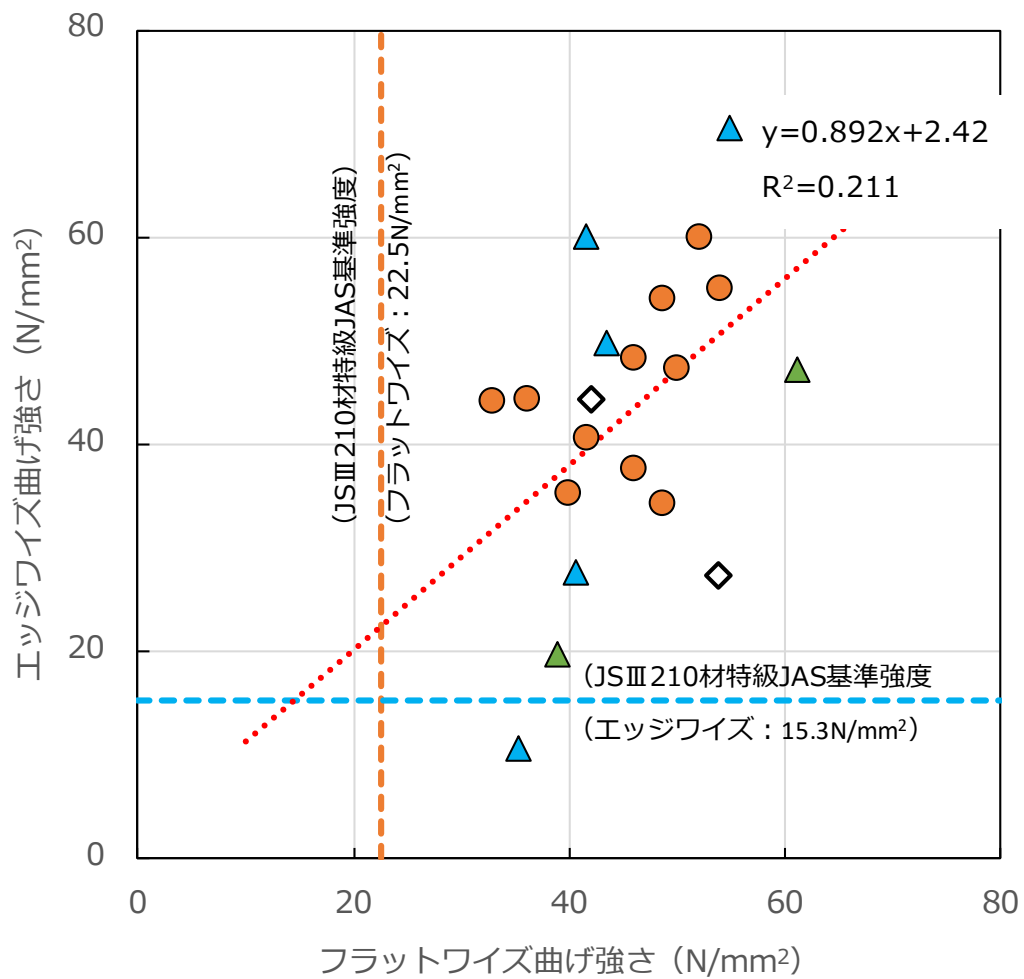
EW 曲げ試験では、特級の FJ 材については JAS の甲種たて継ぎ材の曲げ強さの基準の JSⅢ（カラマツ）の特級の曲げ基準強度 15.3N/mm^2 (22.5×0.68) を上回った。

表 3-2-1 FJ のフラットワイズ曲げ強度試験結果の概要

FW	Efr (kN/mm^2)	見かけの ヤング係数 (kN/mm^2)	曲げ強さ (N/mm^2)	全乾法含水率 (%)	密度 (g/cm^3)	平均年輪幅 (mm/年)
平均	12.55	12.11	45.5	9.9	0.457	5.1
標準偏差	2.27	2.86	7.4	0.7	0.035	1.7
変動係数	18.1	23.6	16.4	6.8	7.6	34.0
最小	8.38	7.76	33.0	8.8	0.404	2.1
最大	16.47	18.31	61.2	11.0	0.551	8.6
データ数	20	20	20	20	20	20

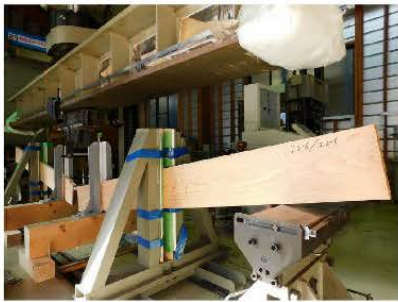
表 3-2-2 FJ のエッジワイズ曲げ強度試験結果の概要

EW	Efr (kN/mm^2)	見かけの ヤング係数 (kN/mm^2)	曲げ強さ (N/mm^2)
平均	12.12	11.73	43.0
標準偏差	1.95	1.96	14.4
変動係数	16.1	16.7	33.6
最小	7.96	6.91	10.8
最大	16.02	16.53	70.7
データ数	20	20	20

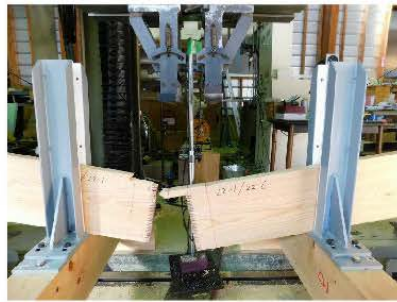


- フラット (特級) -エッジ(特級) ▲ フラット (以外) -エッジ(特級)
- ▲ フラット (特級) -エッジ(以外) ◆ フラット (以外) -エッジ(以外)

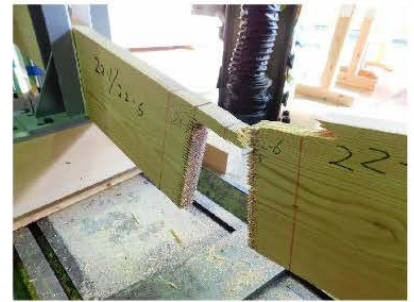
図3-2-4 FJのフラット及びエッジワイズ曲げ強度試験結果



FJ 22-1,6 E-1



FJ 22-1,6 E-2



FJ 22-1,6 E-3



FJ 22-1,6 F-1



FJ 22-1,6 F-2



FJ 22-1,6 F-3



FJ 22-2,5 E-1



FJ 22-2,5 E-2



FJ 22-2,5 E-3



FJ 22-2,5 F-1



FJ 22-2,5 F-2

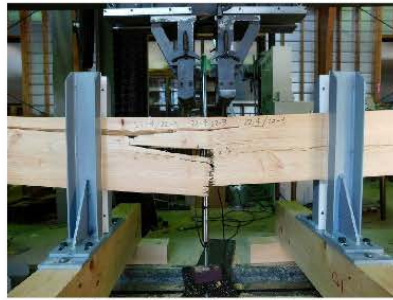


FJ 22-2,5 F-3

写真3-2-5 FJ材のEW-FW曲げ強度試験-1



FJ 22-3,4 E-1



FJ 22-3,4 E-2



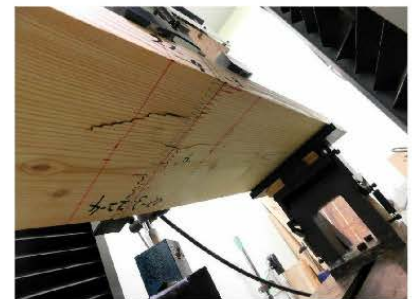
FJ 22-3,4 E-3



FJ 22-3,4 F-1



FJ 22-3,4 F-2



FJ 22-3,4 F-3



FJ 26-2,3 E-1



FJ 26-2,3 E-2



FJ 26-2,3 E-3



FJ 26-2,3 F-1



FJ 26-2,3 F-2



FJ 26-2,3 F-3

写真3-2-6 FJ材のEW-FW曲げ強度試験-2



FJ 27-2,5 E-1



FJ 27-2,5 E-2



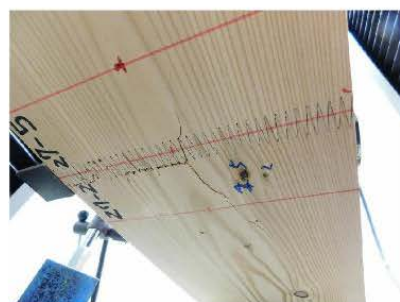
FJ 27-2,5 E-3



FJ 27-2,5 F-1



FJ 27-2,5 F-2



FJ 27-2,5 F-3



FJ 28-1,4 E-1



FJ 28-1,4 E-2



FJ 28-1,4 E-3



FJ 28-1,4 F-1



FJ 28-1,4 F-2



FJ 28-1,4 F-3

写真3-2-7 FJ材のEW-FW曲げ強度試験-3



FJ 28-2,3 E-1



FJ 28-2,3 E-2



FJ 28-2,3 E-3



FJ 28-2,3 F-1



FJ 28-2,3 F-2



FJ 28-2,3 F-3



FJ 34-1,4 E-1



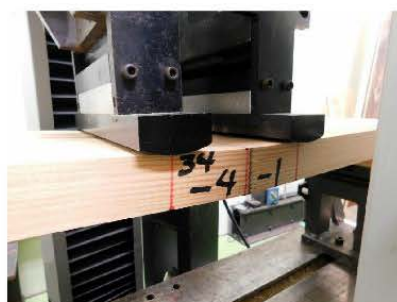
FJ 34-1,4 E-2



FJ 34-1,4 E-3



FJ 34-1,4 F-1



FJ 34-1,4 F-2



FJ 34-1,4 F-3

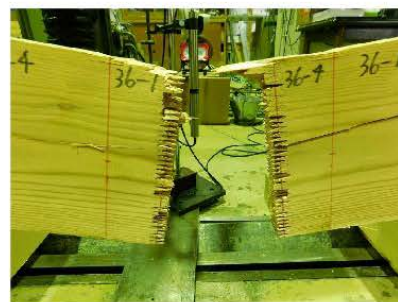
写真3-2-8 FJ材のEW-FW曲げ強度試験-4



FJ 36-1,4 E-1



FJ 36-1,4 E-2



FJ 36-1,4 E-3



FJ 36-1,4 F-1



FJ 36-1,4 F-2



FJ 36-1,4 F-3



FJ 36-2,3 E-1



FJ 36-2,3 E-2



FJ 36-2,3 E-3



FJ 36-2,3 F-1



FJ 36-2,3 F-2



FJ 36-2,3 F-3

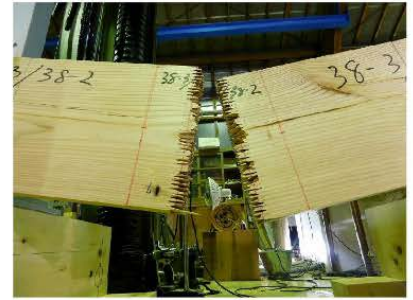
写真3-2-9 FJ材のEW-FW曲げ強度試験-5



FJ 38-2,3 E-1



FJ 38-2,3 E-2



FJ 38-2,3 E-3



FJ 38-2,3 F-1



FJ 38-2,3 F-2



FJ 38-2,3 F-3



FJ 40-1,4 E-1



FJ 40-1,4 E-2



FJ 40-1,4 E-3



FJ 40-1,4 F-1



FJ 40-1,4 F-2

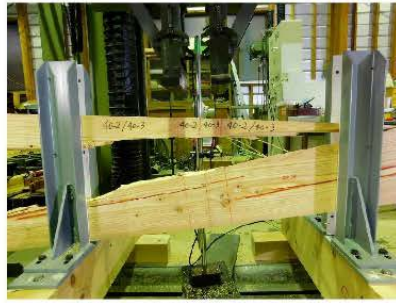


FJ 40-1,4 F-3

写真3-2-10 FJ 材のEW-FW 曲げ強度試験-6



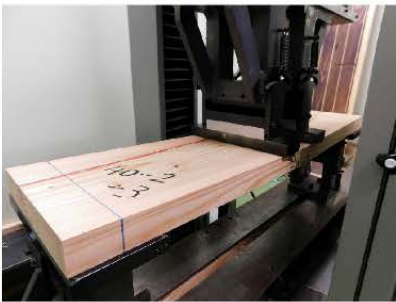
FJ 40-2,3 E-1



FJ 40-2,3 E-2



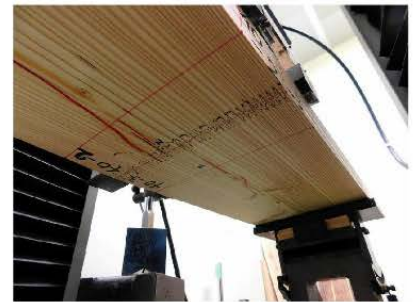
FJ 40-2,3 E-3



FJ 40-2,3 F-1



FJ 40-2,3 F-2



FJ 40-2,3 F-3



FJ 41-1,4 E-1



FJ 41-1,4 E-2



FJ 41-1,4 E-3



FJ 41-1,4 F-1



FJ 41-1,4 F-2



FJ 41-1,4 F-3

写真3-2-11 FJ 材のEW-FW 曲げ強度試験-7



FJ 42-1,4 E-1



FJ 42-1,4 E-2



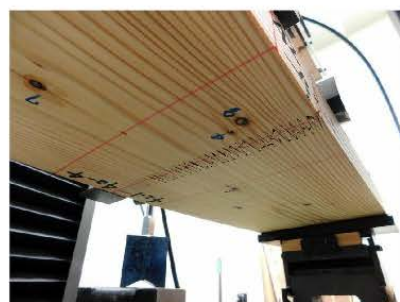
FJ 42-1,4 E-3



FJ 42-1,4 F-1



FJ 42-1,4 F-2



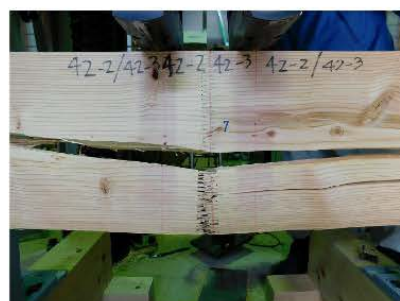
FJ 42-1,4 F-3



FJ 42-2,3 E-1



FJ 42-2,3 E-2



FJ 42-2,3 E-3



FJ 42-2,3 F-1



FJ 42-2,3 F-2



FJ 42-2,3 F-3

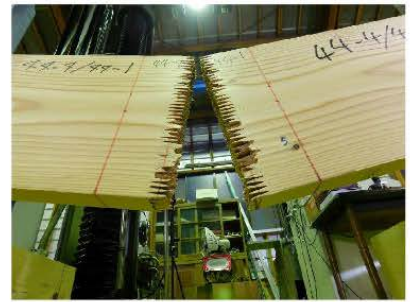
写真3-2-12 FJ 材のEW-FW 曲げ強度試験-8



FJ 44-1,4 E-1



FJ 44-1,4 E-2



FJ 44-1,4 E-3



FJ 44-1,4 F-1



FJ 44-1,4 F-2



FJ 44-1,4 F-3



FJ 44-2,3 E-1



FJ 44-2,3 E-2



FJ 44-2,3 E-3



FJ 44-2,3 F-1



FJ 44-2,3 F-2



FJ 44-2,3 F-3

写真3-2-13 FJ 材のEW-FW 曲げ強度試験-9



FJ 45-1,4 E-1



FJ 45-1,4 E-2



FJ 45-1,4 E-3



FJ 45-1,4 F-1



FJ 45-1,4 F-2



FJ 45-1,4 F-3



FJ 45-2,3 E-1



FJ 45-2,3 E-2



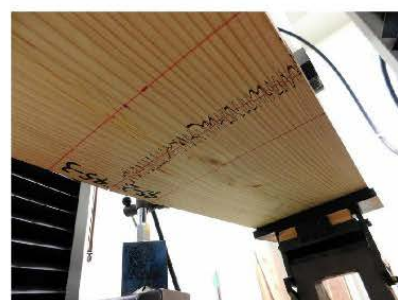
FJ 45-2,3 E-3



FJ 45-2,3 F-1



FJ 45-2,3 F-2



FJ 45-2,3 F-3

写真3-2-14 FJ材のEW-FW曲げ強度試験-10

3.3 FJ材の引張り試験

4mを超える16フィートなどの長尺材への対応としてフィンガージョイントによるたて継ぎ材（以下、FJ材）がある。ここでは、カラマツ210製材から作製したFJ材について、「集成材の日本農林規格」の長さ方向に接着したラミナの引張り試験の方法に準じた引張り強度試験を行い、JASの甲種たて継ぎ材のたて継ぎ部としての引張り強度性能を検討した。

3.3.1 試験体

カラマツ5m丸太から作製したフィンガージョイントたて継ぎ（以下、FJ）210材13体と、カラマツ4m丸太から作製したFJ210材20体の合計33体を引張り試験体とした。

カラマツ5m丸太からは、「3 カラマツたて継ぎ材の曲げ性能評価試験 3.1 製材とFJ材の曲げ強度試験」に記載した曲げ試験体を、図3-1-1及び図3-3-1に示した基本木取りにより、210材を4体制材した（製材曲げ試験体2体、FJ曲げ試験体2体）。しかし、丸太の径級により、5または6体の210材が製材できた場合には、樹幹の中心部に近い部分から製材された210材から、1または2体のFJ材を作製し、合計13体を引張り試験体とした。試験体の木取りを図3-3-2に示した。

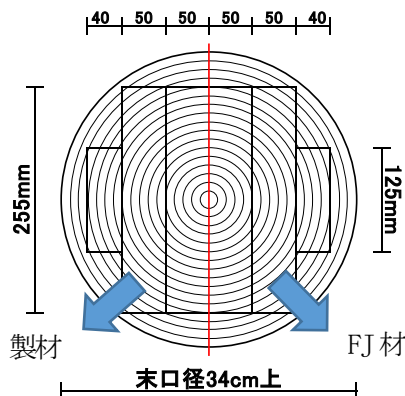


図3-3-1 カラマツ5m丸太の基本製材方法

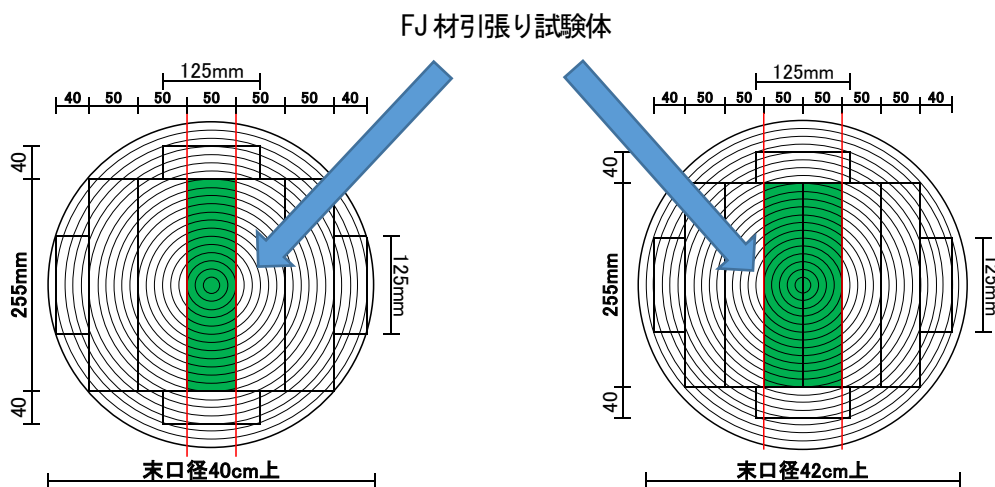
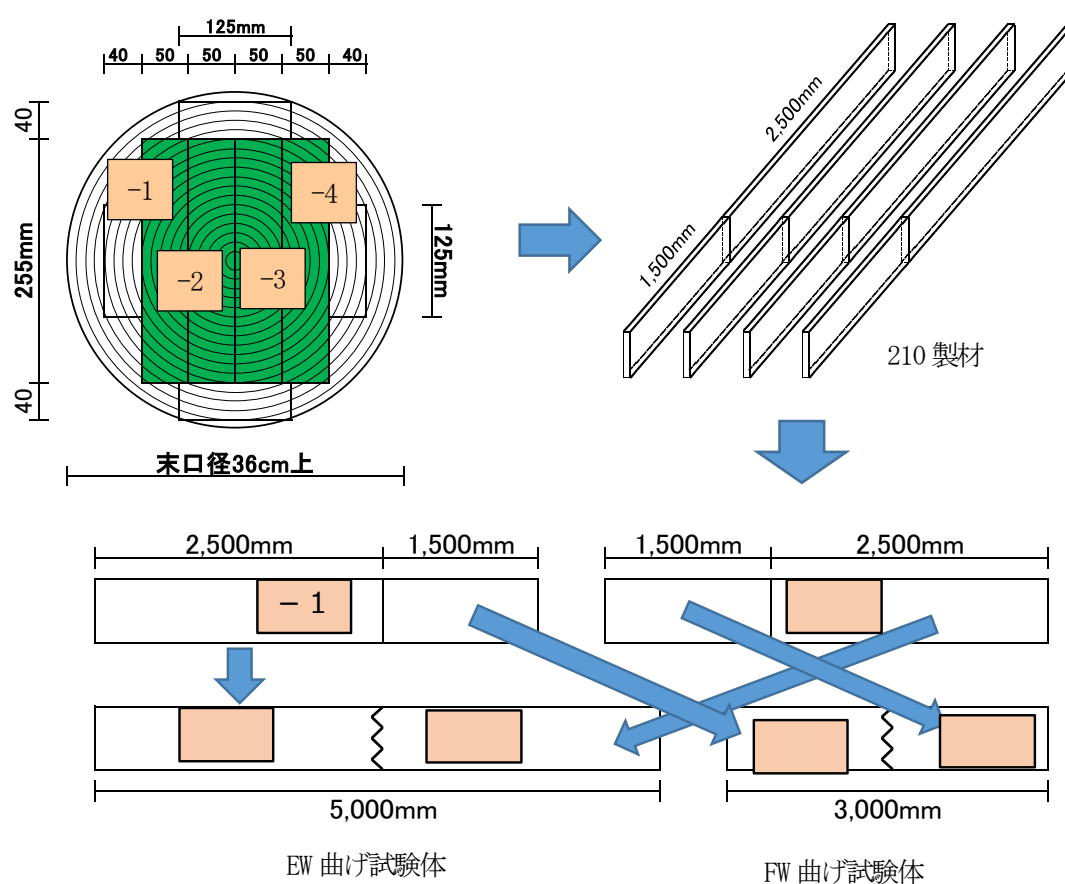


図3-3-2 カラマツ5m丸太からのFJ引張り試験体

カラマツ 4m 丸太からは、「3 カラマツたて継ぎ材の曲げ性能評価試験 3.2 FJ 材のフラットワイズとエッジワイズによる曲げ強度試験」に記載した曲げ試験体を、図 3-3-3 に示した基本木取りにより作製した。ここで、測定したカラマツ 4m 丸太 15 本の Efr の平均値が等しくなるように、丸太で 10 体と 5 体の 2 グループに分けた。このうち 4m 丸太 5 体を FJ 引張り試験体とした。なお、試験体の作製方法の詳細は、「1 供試した大径材の諸元と試験体の作製 1.3 試験体の作製方法 1.3.2 カラマツ 4m 丸太の木取り 2) FJ 材のエッジワイズとフラットワイズによる曲げ強度試験」に記載している。

作製した 5m210FJ 材及び 3m210FJ 材について、幅、厚さは 210 材のそのままとし、長さは、チャック間距離 600mm にクランプ部の 700mm×2 か所を加えた 2,000mm とし引張り試験体とした。なお、接着部分 (FJ) が試験体の中央部、約 1m の位置にするように作製した。



※4,000mm 材を長さ 2,500mm と 1,500mm に切断し、2,500mm2 体、1,500mm2 体をそれぞれたて継ぎ加工し、エッジ曲げ試験体長さ 5,000mm、フラット曲げ試験体長さ 3,000mm を作製する。この時エッジ及びワイズ曲げ試験体は、同一の 4m210m 材を組み合わせるため、外と外 (-1 と-4) 内と内 (-2 と-3) を組み合わせる。

図 3-3-3 カラマツ 4m 丸太からの FJ 引張り試験体の作製

3.3.2 試験方法

「甲種たて継ぎ材」の縦引張り試験の方法については、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」に定められていないため、「集成材の日本農林規格」の長さ方向に接着したラミナの引張り試験の方法に準じて行った。

作製した 5m210FJ 材及び 3m210FJ 材について、幅、厚さは 210 材のそのままとし、長さは、チャック間距離 600mm にクランプ部の 700mm×2 か所を加えた 2,000mm とし引張り試験体とした。なお、接着部分 (FJ) が試験体の中央部、約 1m の位置にするように作製した。

荷重を加え始めてから試験体が破壊するまでの時間は 1 分以上となるように行った。試験の実施状況を写真 3-3-1 に示す。

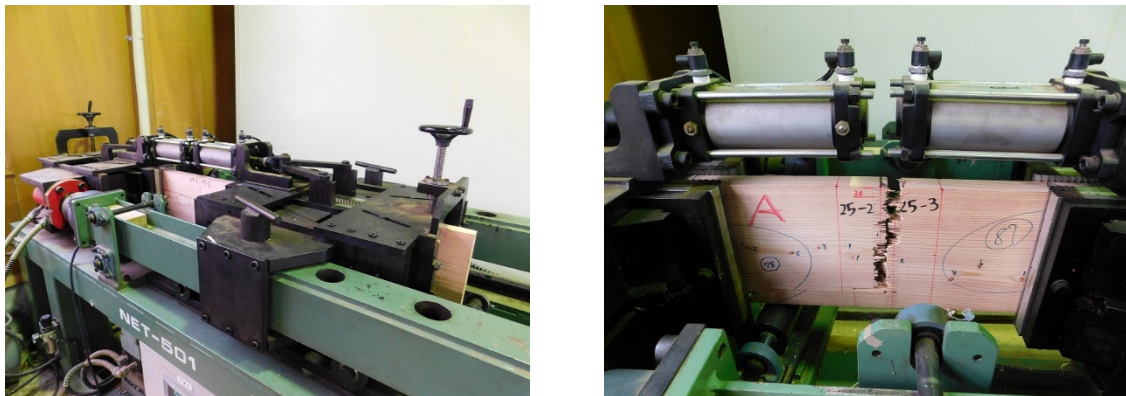


写真 3-3-1 引張り試験の実施状況

3.3.3 試験結果

試験結果の概要を表 3-3-1 に示し、Efr と縦引張り強さの関係を図 3-3-4 に、密度と縦引張り強さの関係を図 3-3-5 に示した。

表 3-3-1 引張り試験結果の概要

	Efr (kN/mm ²)	縦引張り強さ (N/mm ²)	密度 (g/cm ³)	平均年輪幅 (mm/年)	全乾法含水率 (%)
平均	11.90	27.9	0.453	5.2	9.4
標準偏差	1.83	8.6	0.044	1.7	0.8
変動係数	15.4	30.9	9.8	32.2	8.1
最小	8.76	13.3	0.381	2.0	8.2
最大	15.09	44.3	0.577	8.4	11.3
データ数	33	33	33	33	33

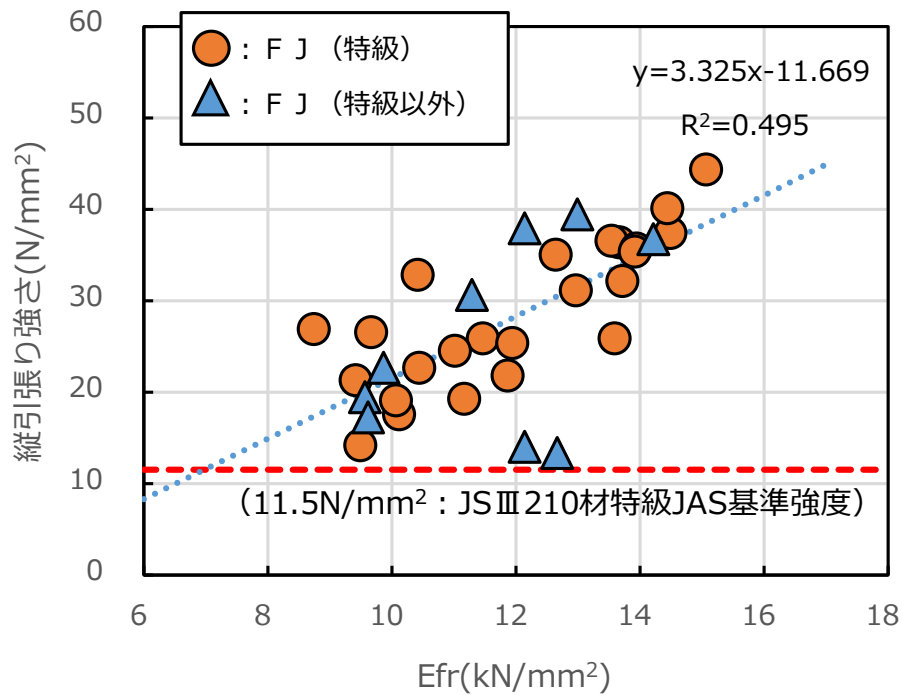


図 3-3-4 Efr と縦引張り強さ試験の関係

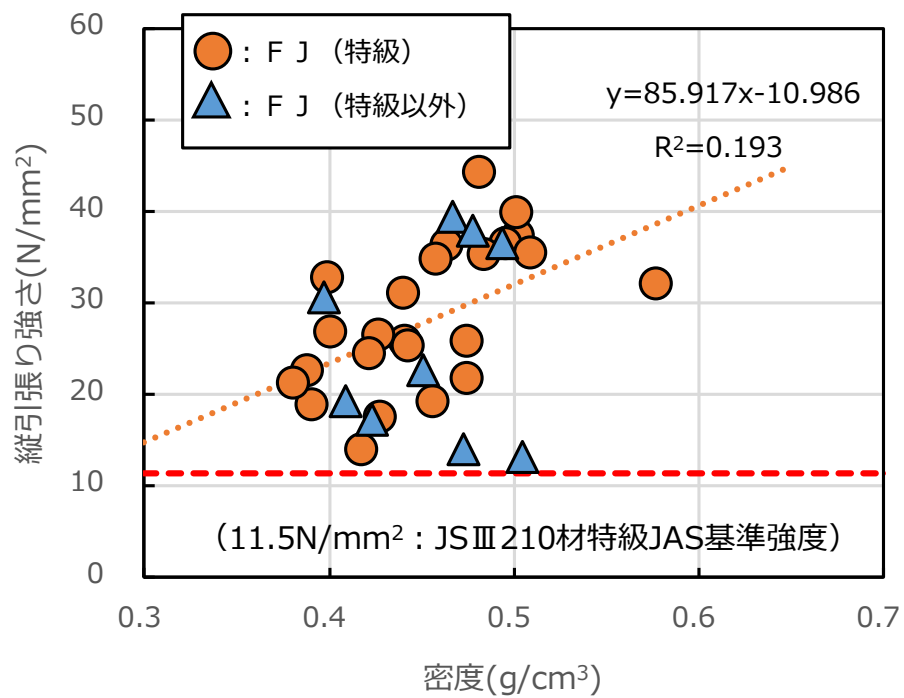


図 3-3-5 密度と縦引張り強さ試験の関係



FJ 04-3 1



FJ 04-3 2



FJ 04-3 3



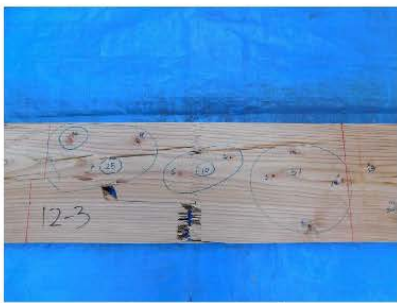
FJ 11-3 1



FJ 11-3 2



FJ 11-3 3



FJ 12-3 1



FJ 12-3 2



FJ 12-3 3



FJ 12-4 1



FJ 12-4 2



FJ 12-4 3

写真 3-3-2 引張り試験の実施状況-1



FJ 13-4 1



FJ 13-4 2



FJ 13-4 3



FJ 16-3 1



FJ 16-3 2



FJ 16-3 3



FJ 19-3 1



FJ 19-3 2



FJ 19-3 3



FJ 20-3 1



FJ 20-3 2

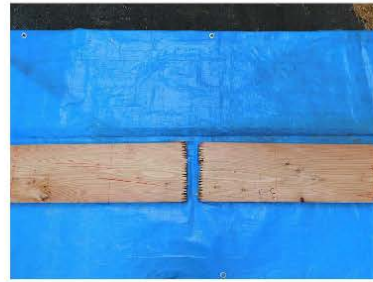


FJ 20-3 3

写真 3-3-3 引張り試験の実施状況-2



FJ 03-3 1



FJ 03-3 2



FJ 09-3 1



FJ 09-3 2



FJ 11-4 1



FJ 11-4 2



FJ 13-3 1



FJ 13-3 2



FJ 20-4 1



FJ 20-4 2

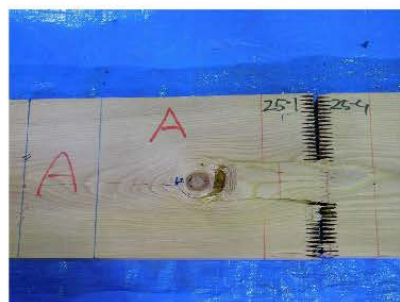
写真 3-3-4 引張り試験の実施状況-3



FJ 25-1,4 A 1



FJ 25-1,4 A 2



FJ 25-1,4 A 3



FJ 25-1,4 B 1



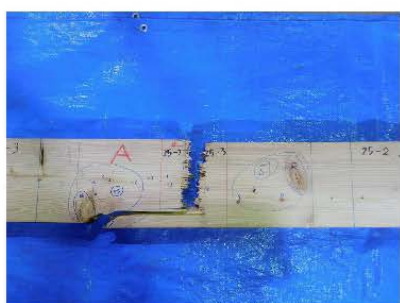
FJ 25-1,4 B 2



FJ 25-1,4 B 3



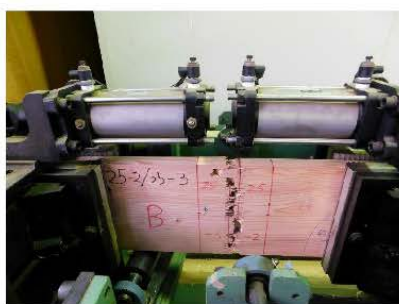
FJ 25-2,3 A 1



FJ 25-2,3 A 2



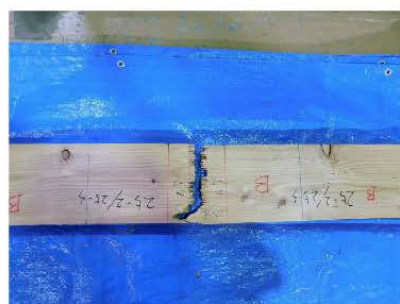
FJ 25-2,3 A 3



FJ 25-2,3 B 1

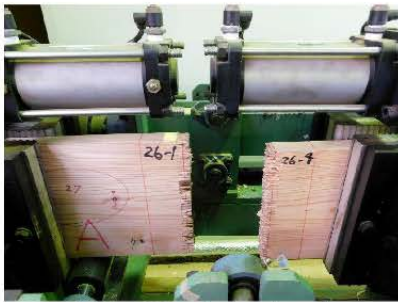


FJ 25-2,3 B 2

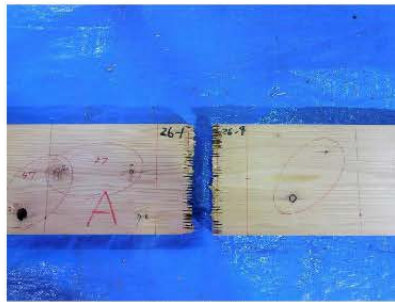


FJ 25-2,3 B 3

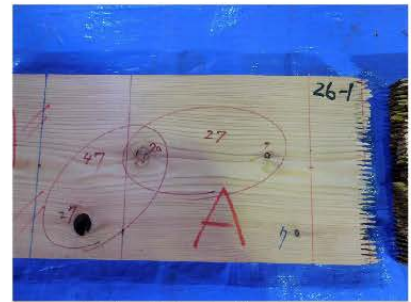
写真 3-3-5 引張り試験の実施状況-4



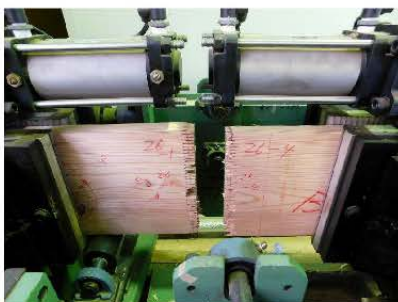
FJ 26-1,4 A 1



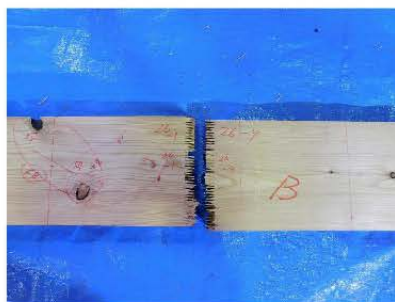
FJ 26-1,4 A 2



FJ 26-1,4 A 3



FJ 26-1,4 B 1



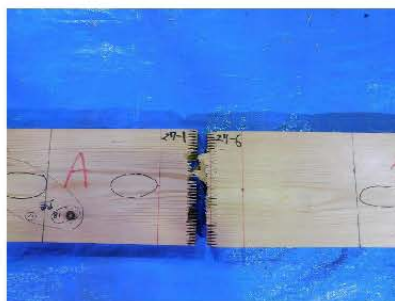
FJ 26-1,4 B 2



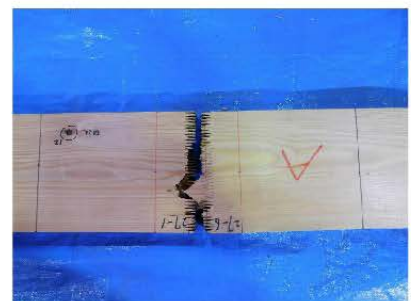
FJ 26-1,4 B 3



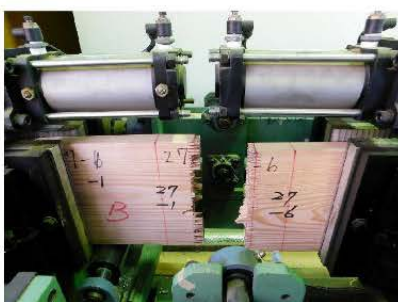
FJ 27-1,6 A 1



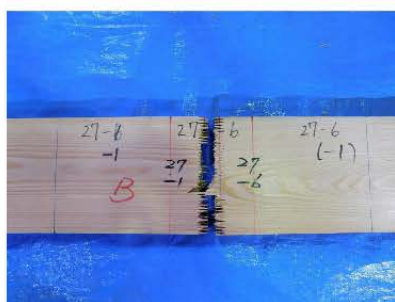
FJ 27-1,6 A 2



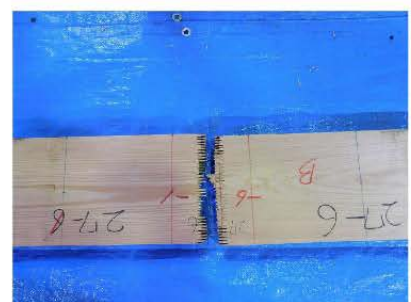
FJ 27-1,6 A 3



FJ 27-1,6 B 1



FJ 27-1,6 B 2



FJ 27-1,6 B 3

写真 3-3-6 引張り試験の実施状況-5



FJ 27-3,4 A 1



FJ 27-3,4 A 2



FJ 27-3,4 A 3



FJ 27-3,4 B 1



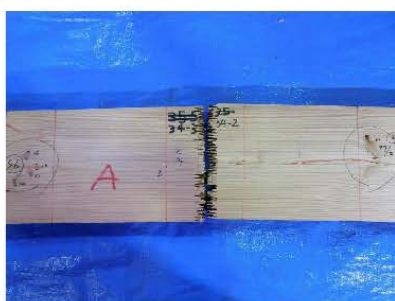
FJ 27-3,4 B 2



FJ 27-3,4 B 3



FJ 34-2,3 A 1



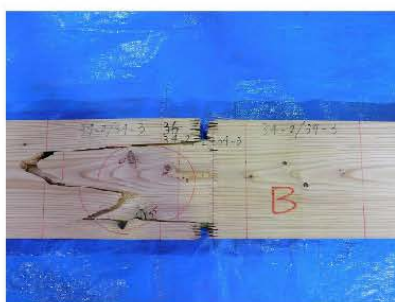
FJ 34-2,3 A 2



FJ 34-2,3 A 3



FJ 34-2,3 B 1

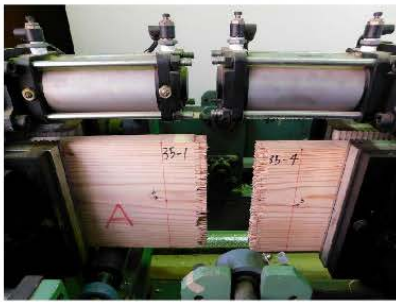


FJ 34-2,3 B 2

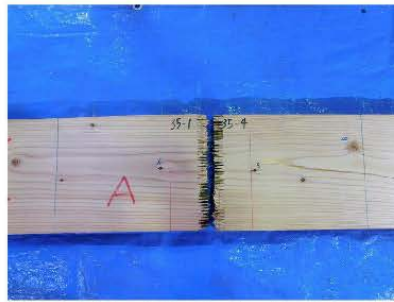


FJ 34-2,3 B 3

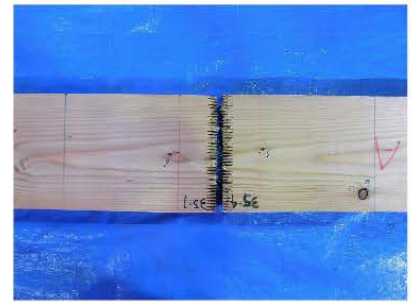
写真 3-3-7 引張り試験の実施状況-6



FJ 35-1,4 A 1



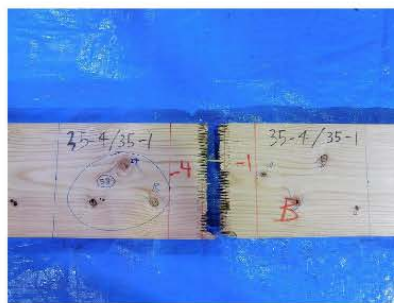
FJ 35-1,4 A 2



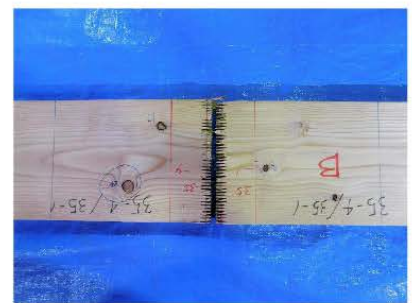
FJ 35-1,4 A 3



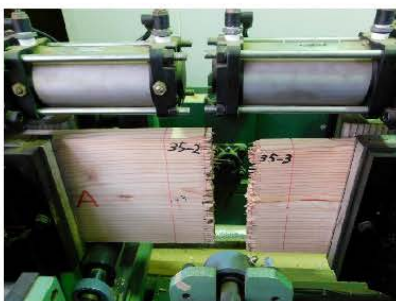
FJ 35-1,4 B 1



FJ 35-1,4 B 2



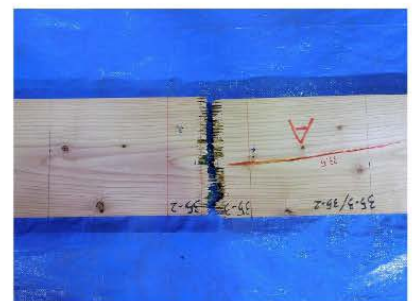
FJ 35-1,4 B 3



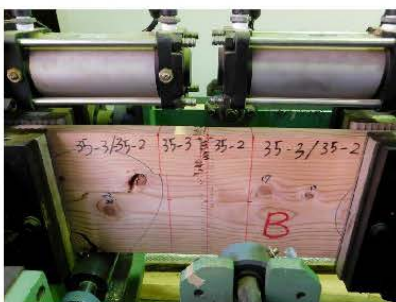
FJ 35-2,3 A 1



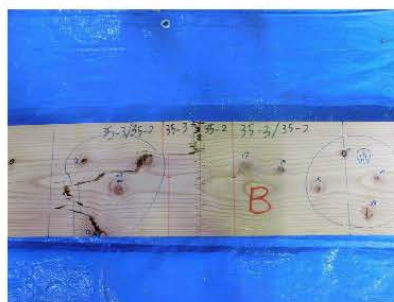
FJ 35-2,3 A 2



FJ 35-2,3 A 3



FJ 35-2,3 B 1



FJ 35-2,3 B 2

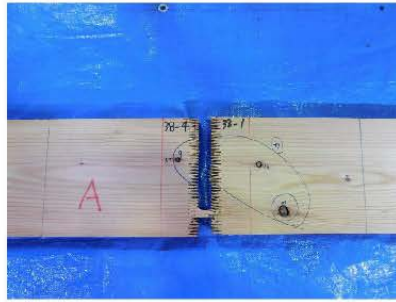


FJ 35-2,3 B 3

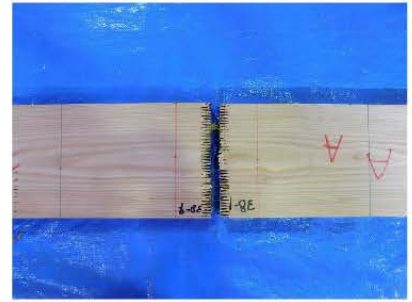
写真 3-3-8 引張り試験の実施状況-7



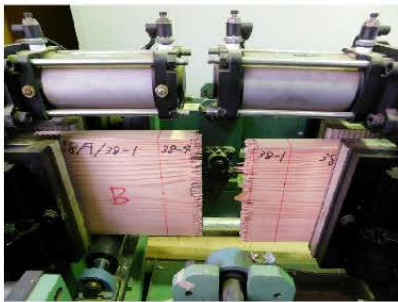
FJ 38-1,4 A 1



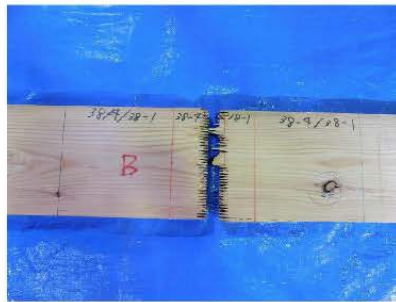
FJ 38-1,4 A 2



FJ 38-1,4 A 3



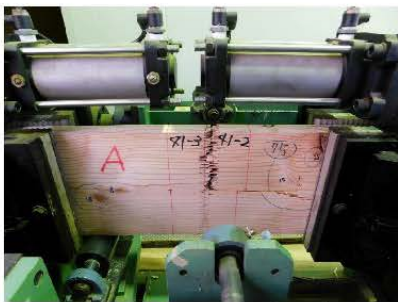
FJ 38-1,4 B 1



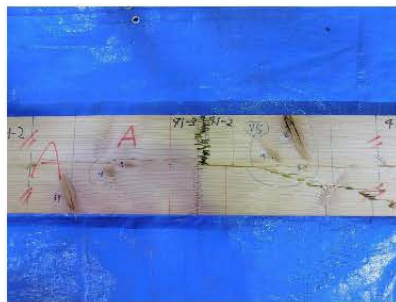
FJ 38-1,4 B 2



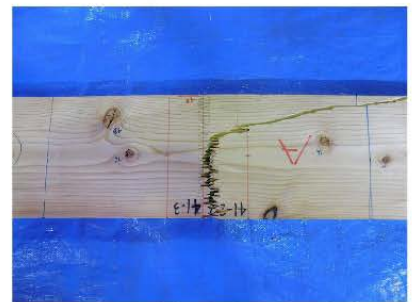
FJ 38-1,4 B 3



FJ 41-2,3 A 1



FJ 41-2,3 A 2



FJ 41-2,3 A 3



FJ 41-2,3 B 1



FJ 41-2,3 B 2



FJ 41-2,3 B 3

写真 3-3-9 引張り試験の実施状況-8

3.4 FJ材の接着性能試験

本課題では、大径A材丸太の大断面を活かした横架材として製材した甲種たて継ぎ 210 材について、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」の「甲種たて継ぎ材の接着の程度」の評価を実施した。

3.4.1 試験体及び試験片の作製

床パネル作製用に作成した、たて継ぎ 16 フィートカラマツ 210 材のうち、床パネルに使用しなかった FJ210 材 18 体を試験体とした。

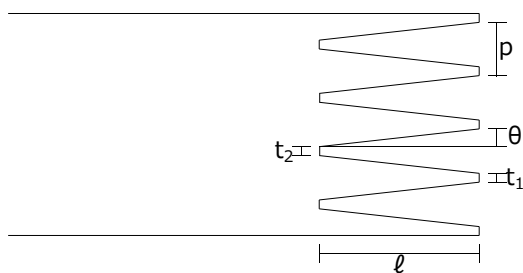
たて継ぎ材のフィンガージョイント（以下、FJ）の基準寸法と規格を図 3-4-1 に示す。フィンガーの長さは 18.63mm と 16mm 以上のため、フィンガーの中央部を切断し、各 FJ 部について試験片 2 個を作成した(写真 3-4-1)

煮沸繰返し試験：

FJ210 材 8 体から FJ 部を 10 箇所切り出し、各 FJ 部について各 2 個、合計 20 個の試験片を作製した。

減圧加圧試験：

FJ210 材 10 体から FJ 部を 14 箇所切り出し、各 FJ 部について各 2 個、合計 28 個の試験片を作製した。



規格項目	記号	基準寸法
フィンガーの長さ	ℓ	18.63mm
ピッチ	p	6mm
フィンガー先端厚さ	t_1	0.8mm
フィンガーの底部幅	t_2	0.6mm
勘合度	t_1-t_2	0.2mm
スカーフ傾斜比	θ	1/8.1

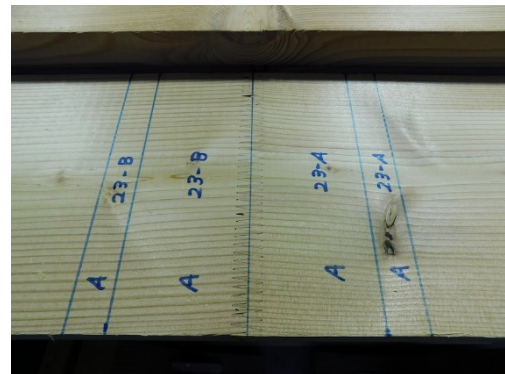


写真 3-4-1 FJ 接着性能試験片の作製

図 3-4-1 FJ の各部の基準寸法と規格

3.4.2 試験方法

「接着の程度」の評価は、煮沸繰返し試験と減圧加圧試験を行った。

煮沸繰返し試験の実施状況を写真3-4-2に示す。

試験片を煮沸水中に5時間浸せきし、更に室温水中に1時間浸せきした後、水中から取り出し、 $60\pm3^{\circ}\text{C}$ の恒温乾燥器中に18時間以上入れ、含水率が19%以下となるように乾燥した後、試験片2個の平均剥離率を算出した。

次に、減圧加圧試験の実施状況を写真3-4-3に示す。

試験片を室温水中に浸せきし、0.068MPaから0.085MPaまでによる減圧を30分間行い、更に $0.51\pm0.03\text{MPa}$ の加圧を2時間行った後、水中から取り出し、 $70\pm3^{\circ}\text{C}$ の恒温乾燥器中に18時間以上入れ、含水率が19%以下となるように乾燥した後、試験片2個の平均剥離率を算出した。



煮沸水中5時間浸せき



室温水中に1時間浸せき

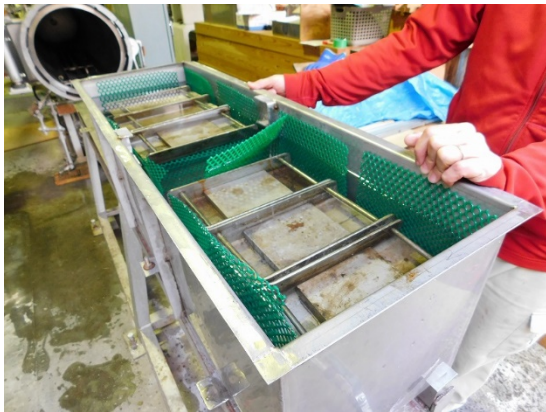


処理試験体



$60\pm3^{\circ}\text{C}$ の恒温乾燥器中18時間以上

写真3-4-2 煮沸繰返し試験の実施状況



室溫水中に浸せき



減圧：
0.085MPa による減圧を 30 分間



70±3°Cの恒温乾燥器中 18 時間以上



加圧：
0.51±0.03MPa の加圧を 2 時間

写真 3-4-3 減圧加圧試験の実施状況

3.4.3 試験結果

煮沸繰返し試験の結果を表 3-4-2 に示し、減圧加圧試験の結果を表 3-4-3 に示した。また、煮沸繰返し試験後の試験片を写真 3-4-4～6 に示し減圧加圧試験後の試験片を写真 3-4-7～10 に示した。

各試験片について、次式により剥離率を算出し、平均剥離率は 2 個の試験片の剥離率の平均とした。その結果、煮沸繰返し試験及び減圧加圧試験の全ての試験片の平均剥離率が 5% 以下であり、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」の「甲種たて継ぎ材の接着の程度」に適合していた。

$$\text{剥離率 (\%)} = \frac{\text{木口面の剥離の長さの合計}}{\text{木口面の接着層の長さの合計}} \times 100$$

図 3-4-2 煮沸繰返し試験結果

試験体No.	試験片No.	接着層			剥離		試験片No.	接着層			剥離		平均剥離率 (%)
		層数 (層)	1層の長さ (mm)	層の長さ合計 (mm)	剥離長さ (mm)	剥離率 (%)		層数 (層)	1層の長さ (mm)	層の長さ合計 (mm)	剥離長さ (mm)	剥離率 (%)	
1(1)	1A(1)	78	38.05	2967.9	0	0.0	1B(1)	78	37.89	2955.42	0	0.0	0.0
1(2)	1A(2)	79	37.93	2996.47	0	0.0	1B(2)	78	37.95	2960.1	0	0.0	0.0
2	2A	78	38	2964	4.33	0.1	2B	78	37.95	2960.1	0	0.0	0.1
3	3A	78	38.02	2965.56	0	0.0	3B	79	37.96	2998.84	0	0.0	0.0
4(1)	4A(1)	78	37.85	2952.3	30.75	1.0	4B(1)	78	37.84	2951.52	58.69	2.0	1.5
4(2)	4A(2)	78	37.93	2958.54	116.39	3.9	4B(2)	78	37.86	2953.08	23.58	0.8	2.4
5	5A	78	37.94	2959.32	0	0.0	5B	79	37.91	2994.89	0	0.0	0.0
6	6A	78	37.97	2961.66	0	0.0	6B	78	37.93	2958.54	0	0.0	0.0
7	7A	78	37.9	2956.2	0	0.0	7B	78	38	2964	0	0.0	0.0
23	23A	78	37.92	2957.76	123.21	4.2	23B	78	37.98	2962.44	16.07	0.5	2.4

図 3-4-3 減圧加圧試験結果

試験体No.	試験片No.	接着層			剥離		試験片No.	接着層			剥離		平均剥離率 (%)
		層数 (層)	1層の長さ (mm)	層の長さ合計 (mm)	剥離長さ (mm)	剥離率 (%)		層数 (層)	1層の長さ (mm)	層の長さ合計 (mm)	剥離長さ (mm)	剥離率 (%)	
1(1)	1A	78	37.95	2960.10	0	0.0	1B	78	37.92	2957.76	0	0.0	0.0
1(2)	2A(1)	78	37.94	2959.32	0	0.0	2B(1)	79	37.92	2995.68	0	0.0	0.0
2	2A(2)	79	37.9	2994.10	0	0.0	2B(2)	78	37.9	2956.20	0	0.0	0.0
3	3A	78	37.98	2962.44	0	0.0	3B	78	37.93	2958.54	0	0.0	0.0
4(1)	4A(1)	78	37.98	2962.44	0	0.0	4B(1)	78	38	2964.00	0	0.0	0.0
4(2)	4A(2)	79	38	3002.00	0	0.0	4B(2)	79	37.97	2999.63	0	0.0	0.0
5	5A	78	37.96	2960.88	0	0.0	5B	78	37.97	2961.66	0	0.0	0.0
6	6A	78	37.91	2956.98	0	0.0	6B	79	37.91	2994.89	0	0.0	0.0
7(1)	7A(1)	79	37.94	2997.26	0	0.0	7B(1)	79	37.91	2994.89	0	0.0	0.0
7(2)	7A(2)	78	37.91	2956.98	0	0.0	7B(2)	78	37.93	2958.54	0	0.0	0.0
8	8A	79	37.85	2990.15	0	0.0	8B	79	37.86	2990.94	0	0.0	0.0
11(1)	11A(1)	78	37.85	2952.3	8.64	0.3	11B(1)	77	37.95	2922.15	0	0.0	0.1
11(2)	11A(2)	79	37.9	2994.1	0	0.0	11B(2)	78	37.95	2960.1	10.99	0.4	0.2
12	12A	79	37.9	2994.1	0	0.0	12B	78	37.95	2960.1	145.95	4.9	2.5



A01-1-1



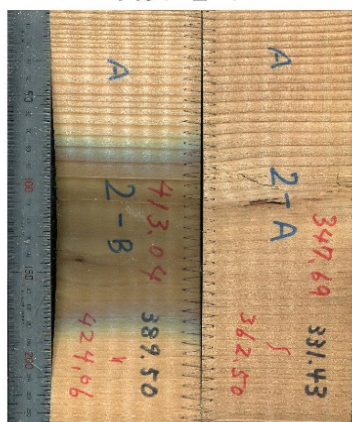
A01-1-2



A01-2-1



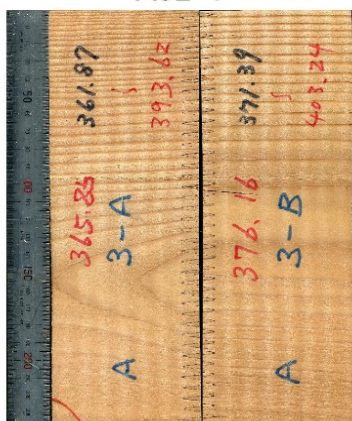
A01-2-2



A02-1



A02-2



A03-1



A03-2

写真3-4-4 煮沸試験の試験片-1



A04-1-1



A04-1-2



A04-2-1



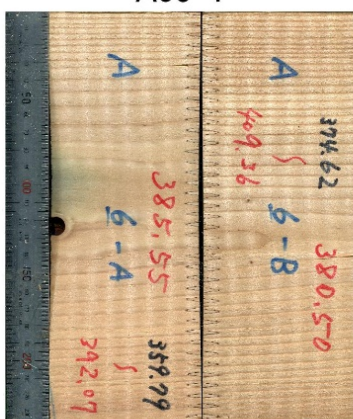
A04-2-2



A05-1



A05-2



A06-1



A06-2

写真 3-4-5 煮沸試験の試験片-2



A07-1



A07-2



A23-1



A23-2

写真 3-4-6 煮沸試験の試験片—3



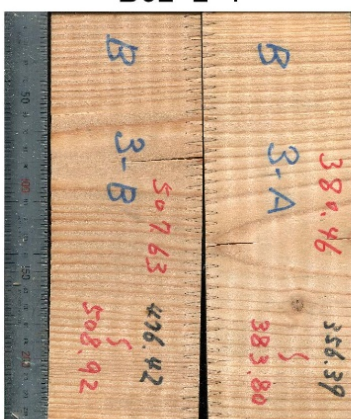
B01-1



B02-1-1



B02-2-1



B03-1



B01-2



B02-1-2



B02-2-2



B03-2

写真3-4-7 減圧加圧試験の試験片ー 1



B04-1-1



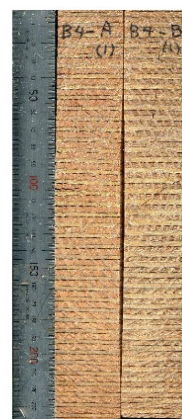
B04-2-1



B05-1



B06-1



B04-1-2



B04-2-2



B05-2



B06-2

写真3-4-8 減圧加圧試験の試験片-2



B07-1-1



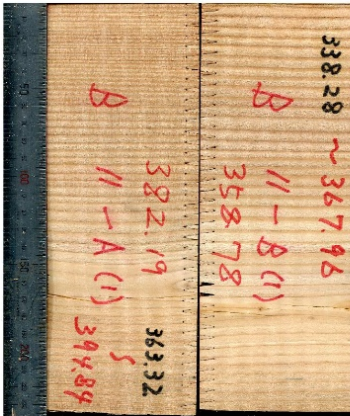
B07-1-2



B07-2-1



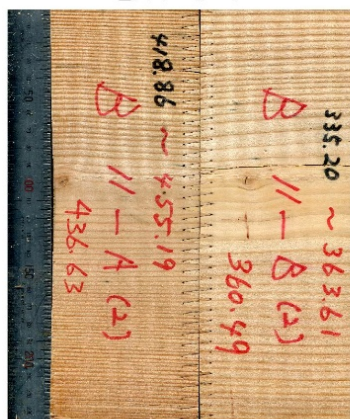
B07-2-2



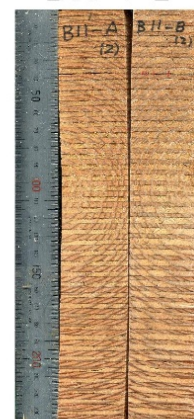
B11-1-1



B11-1-2

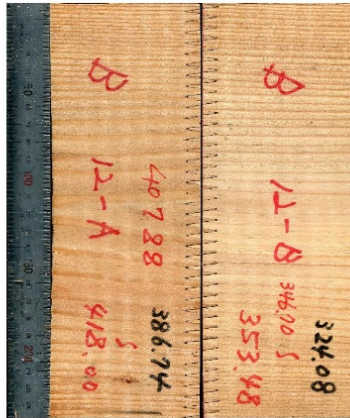


B11-2-1



B11-2-2

写真3-4-9 減圧加圧試験の試験片-3



B12-1



B12-2



B8-1



B8-2

写真 3-4-10 減圧加圧試験の試験片ー 4

3.5 製材とFJ材の長期荷重性能試験

木材には、一定の荷重をかけ続けると変形（たわみ）が増大していく性質（クリープ特性）がある。大径材から木取られる210材についても、長期間の荷重に対する性能を把握しておく必要がある。本課題においては、大径A材丸太から木取られた210材について、製材とFJ材の違いによるクリープ変形の違いを検討する。

3.5.1 試験体

クリープ試験体は、カラムツ 5m 丸太から製材された 5m210 製材と 5m210FJ 材とした。5m 丸太からの 210 材の基本木取りと、5m210 製材と 5m210FJ 材の作製方法の概要を図 3-5-1 に示す。なお、試験体の作製方法の詳細は、

「1 供試した大径材の諸元と試験体の作製 1.3 試験体の作製方法 1.3.1 カラムツ 5m 丸太の木取り
2) カラムツ 210 製材とたて継ぎ (FJ) 210 材の曲げ強度試験体」に記載している。

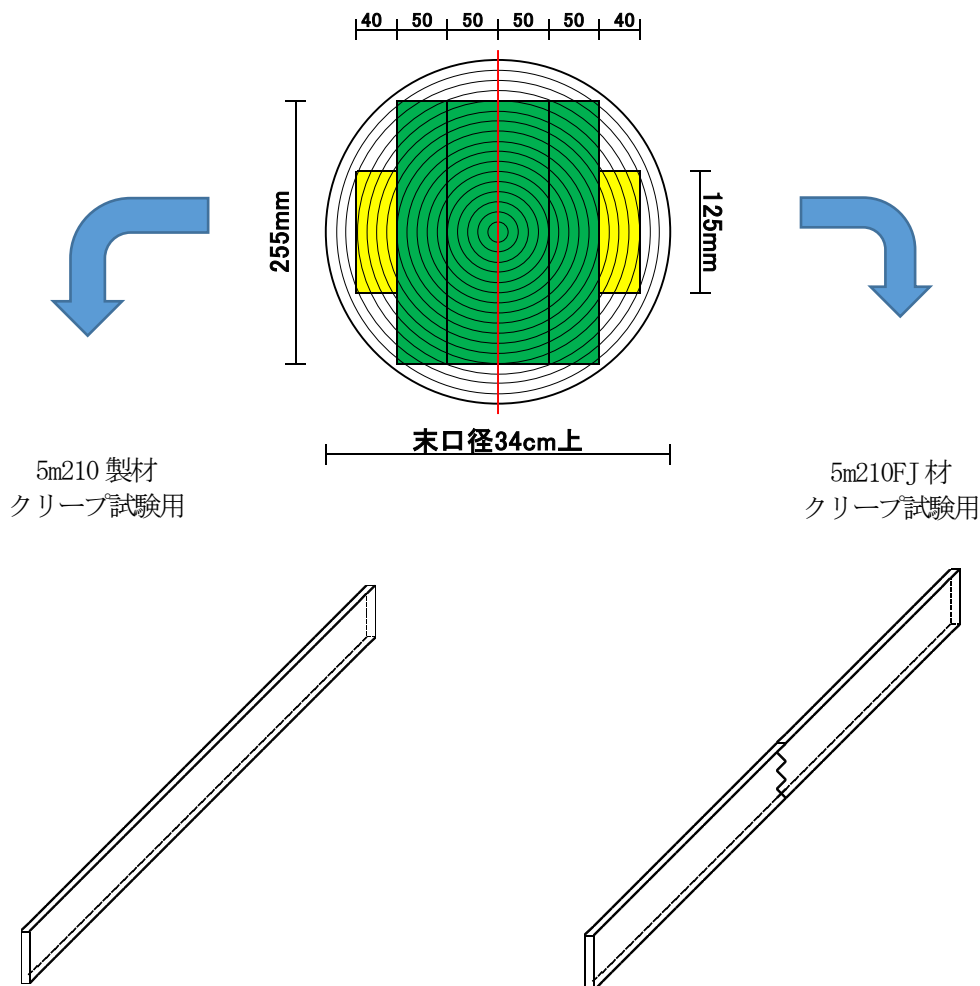


図 3-5-1 カラムツ 5m210 製材と 5m210FJ 材 クリープ試験体の作製方法

3.5.2 試験方法

試験方法及び解析方法は、建築基準法第 37 条に基づく指定建築材料の品質基準を定めるための測定方法が記載された平成 12 年度建設省告示第 1446 号及び「構造用木材の強度試験マニュアル」（財）日本住宅木材・技術センター）に基づいて行う。

クリープ試験装置は、林業総合センターのモーメントアーム方式のクリープ試験装置を用いて行う。試験機は、試験体の荷重点に約 15 倍程度の荷重が加わる仕様となっており、試験前に実際に荷重点に生じる荷重をロードセルで測定し確認する。

荷重条件は、短期曲げ強度試験と同一としスパンを梁せいの18倍の4,230mmの3等分点4点荷重法とする(図3-5-2)。短期曲げ試験の方法については、「3 カラマツたて継ぎ材の曲げ性能評価試験 3.1.1.2 曲げ試験の方法」に記載している。短期曲げ試験と同様に載荷時の試験体の横座屈を防止する目的でラテラルサポート(横座屈防止治具)4基を設置した。曲げ試験の実施状況を写真3-5-1に示した。なお、FJ材については、荷重点間の中央部にFJ部を設置した。設置に際しては、荷重点や支持点においてめり込み変位が生じないようにするため、支点の支持の長さ200mm、及び荷重点の支持の長さは48mmとした(写真3-5-2)。

変位については、試験体の中央部の中立軸において、全スパンのたわみと、ヨークを用いてモーメントが一定になる荷重点間のたわみを測定した（写真 3-5-3）。計測は、データーロガーにより、荷重を加え始めてから、1 日（24 時間（1,440 分）は 1 分間隔で、その後は 1 時間間隔で自動測定、自動収集した。

試験環境は、温度 20℃、相対湿度 65%の恒温恒湿室内で実施した（写真 3-5-1）。

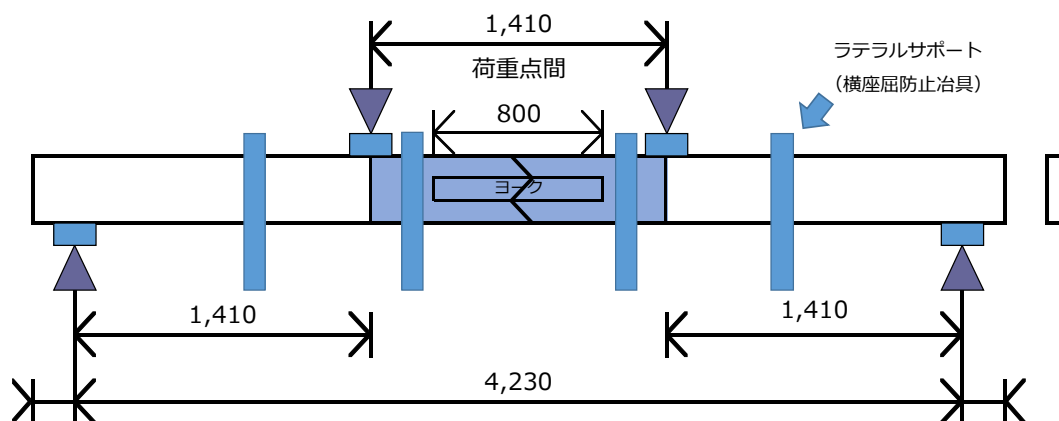


図 3-5-2 製材-FJクリープ試験の荷重条件



恒温恒湿室内



ラテラルサポートの設置

写真 3-5-1 試験体設置状況

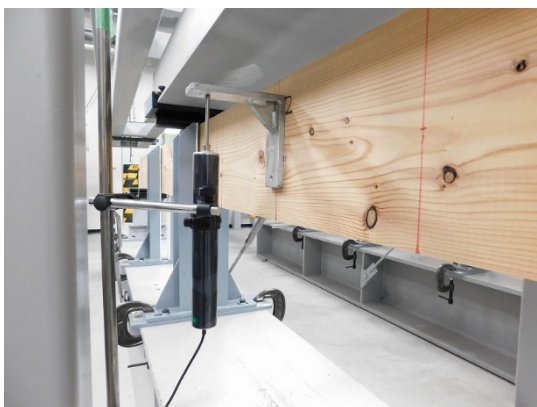


支点



荷重点

写真 3-5-2 支点及び荷重点の支持の状況



全スパンのたわみ



モーメントが一定区間のたわみ

写真 3-5-3 変位（たわみ）の測定状況

3.5.3 荷重レベル

荷重レベルは、平成12年建設省告示第1446号（木質複合軸材材料等）や枠組壁工法建築物構造計算指針、「構造用木材の強度試験マニュアル」などにより二つの方法が考えられる。一つは、サイドマッチング試験体による短期曲げ強度試験を行いその平均値に相当する値に、長期基準許容応力度などの設定荷重レベルを乗じた値を負荷する方法。もう一つは、平成12年建設省告示第1452号に定められた基準強度に設定荷重レベルを乗じた値を負荷する方法が示されている。ここでは、「3.1 製材とFJ材の曲げ強度試験」に記載している短期曲げ強度試験の平均値と告示基準強度を考慮して、荷重レベルを決定した。

積載荷重等の概要を表3-5-1に示す。短期曲げ強度試験の平均値に長期基準許容応力度（1.1/3）を乗じた荷重レベルは平均8.27kNとなった。また、平成12年度建設省告示第1452号に定められた基準強度に1.1/3を乗じた値は平均2.81kNとなった。ここで、短期曲げ試験の破壊荷重の最小値が8.02kNであったことと、当センターのクリープ試験装置の最小荷重レベルから、荷重レベルを6.20～6.40kNとした。

表3-5-1 試験体及び積載荷重レベル等の概要

試験体 No.		区分	Efr (kN/mm ²)	含水率計 含水率 (%)	短期曲げ試験結果から			基準強度から				荷重レベル		
					短期 曲げ試験 平均強度 (N/mm ²)	想定 破壊荷重 (kN)	積載荷重(kN) (想定荷重×1.1/3)		基準強度 (N/mm ²)	想定 破壊荷重 (kN)	積載荷重(kN) (想定荷重×1.1/3)		積載荷重(kN)	
							(kN)	(kg)			(kN)	(kg)	(kN)	(kg)
16	2	製材	10.32	6.0	45.0	22.65	8.31	847	15.3	7.70	2.82	288	6.40	653
	4	FJ材	11.07	4.0	45.0	22.59	8.28	844	15.3	7.68	2.82	287	6.20	632
20	6	FJ材	14.58	7.5	45.0	22.44	8.23	839	15.3	7.63	2.80	285	6.20	632

3.5.4 解析方法

試験で得られたクリープたわみー時間曲線から、クリープ調整係数等を求める。

解析は、平成12年度建設省告示第1446号による方法（以下、告示法という）と、試験マニュアルによる方法（以下、パワー則という）を行った。また、既往の研究¹⁾により、載荷後500分までのデータを除外し載荷後24時間以降のデータを対象とした解析についても、両法について行った。

告示法による解析方法を示す。

経過時間 t 分ごとに測定されたたわみ δ_t に対する初期たわみ δ_0 (1分のだわみ) の比 (クリープたわみ比 K_t) を計算する (5-1) 式。次に、クリープたわみ比 K_t の常用対数 $\log_{10} K_t$ と経過時間の常用対数 $\log_{10} t$ について線形回帰分析を行い、回帰直線の切片及び傾きを算出する (5-2) 式。

$$K_t = \delta_0 / \delta_t \quad (5-1)$$

$$\log_{10} K_t = e + f \cdot \log_{10} t \quad (5-2)$$

ここで、 K_t : t 分後のたわみに対する初期たわみの比 (クリープたわみ比)

δ_0 : 載荷直後の初期たわみ (mm)

δ_t : t 分後のたわみ (mm)

e : $\log_{10} K_t$ と $\log_{10} t$ の回帰直線の切片

f : $\log_{10} K_t$ と $\log_{10} t$ の回帰直線の傾き

次に、(5-2) 式で得られた定数 e と f を次式 (5-3) に代入し、荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比 K_{50y} を算出する。

$$K_{50y} = 10^e \times t_{50y}^f \quad (5-3)$$

ここで、 K_{50y} : 荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比

t_{50y} : 50 年分の時間 t 分で $50 \times 365 \times 24 \times 60 = 26,280,000$ 分

従って、

$$K_{50y} = 10^e \times 26,280,000^f \quad (5-4)$$

次に、(5-4) 式で得られた荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比 K_{50y} の逆数により、荷重継続時間 50 年に対するクリープ調整係数 δ_{50y} / δ_0 を得る。

$$1 / K_{50y} = \delta_{50y} / \delta_0 \quad (5-5)$$

ここで、 δ_{50y} / δ_0 : 荷重継続時間 50 年に対するクリープ調整係数

δ_{50y} : 50 年後の予測たわみ (mm)

次に、パワー則による解析方法を示す。

経過時間 t 分ごとに測定されたたわみ δ_t から初期たわみ δ_0 (通常 1 分のたわみ) を除いたクリープたわみ $\delta_c(t)$ を計算する(5-6)式。次に、クリープたわみ $\delta_c(t)$ の常用対数 $\text{Log}_{10} \delta_c(t)$ と経過時間の常用対数 $\text{log}_{10} t$ について線形回帰分析を行い、回帰直線の切片及び傾きを算出する(5-7)式。

$$\delta_c(t) = \delta_t - \delta_0 \quad (5-6)$$

$$\text{Log}_{10} \delta_c(t) = a \cdot \text{log}_{10} t + b \quad (5-7)$$

ここで、 $\delta_c(t)$: t 分後のクリープたわみ

δ_t : t 分後のたわみ(mm)

δ_0 : 載荷直後の初期たわみ(mm)

b : $\text{Log}_{10} \delta_c(t)$ と $\text{log}_{10} t$ の回帰直線の切片

a : $\text{Log}_{10} \delta_c(t)$ と $\text{log}_{10} t$ の回帰直線の傾き

次に、(5-7)式で得られた定数 b と a を、次式(5-8)に代入し、荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみを算出する。

$$\delta_c(t_{50y}) = t_{50y}^a \times 10^b \quad (5-8)$$

ここで、 $\delta_c(t_{50y})$: 荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ

t_{50y} : 50 年分の時間 t 分で $50 \times 365 \times 24 \times 60 = 26,280,000$ 分

従って、

$$\delta_c(t_{50y}) = 26,280,000^a \times 10^b \quad (5-9)$$

次に、(5-9)式で得られた荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみにより、50 年後のたわみ δ_{50y} を求め(5-10)、荷重継続時間 50 年に対するクリープ調整係数 δ_{50y} / δ_0 (5-11)式及び荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比(5-12)式を求める。

$$\delta_{50y} = \delta_c(t_{50y}) + \delta_0 \quad (5-10)$$

$$\delta_{50y} / \delta_0 = \delta_c(t_{50y}) / \delta_0 + 1 \quad (5-11)$$

$$\delta_0 / \delta_{50y} = K_{50y} \quad (5-12)$$

ここで、 δ_{50y} : 荷重継続時間 50 年の予測たわみ(mm)

δ_0 : 載荷直後の初期たわみ(mm)

δ_{50y} / δ_0 : 荷重継続時間 50 年に対するクリープ調整係数

K_{50y} : 荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比

3.5.5 試験結果

告示法によるクリープ解析結果を表 3-5-2 及び図 3-5-3 に示し、告示法の 24 時間以内のデータを除外した解析について表 3-5-3 及び図 3-5-4 に示す。また、パワー則による解析結果を、表 3-5-4 及び図 3-5-5 に示し、パワー則の 24 時間以内のデータを除外した解析について表 3-5-5 及び図 3-5-6 に示す。

表 3-5-4 及び図 3-5-5 に示すパワー則（全データ）による解析以外は、実測値に近く良く適合していた。また、パワー則（全データ）による解析以外では製材、FJ 材とも変形増大係数は 2 以下であった。

引用・参考資料

- 1) 大橋義徳、松本和茂、佐藤司、平井卓郎：木材学会誌 54(4)、174-182(2008)

表 3-5-2 クリープ試験の結果（告示法）

試験体No.	区分	δ_{1min}	傾き f	切片 e	δ_{50y}	C_{cp}	K_{50y}
16	2 製材	11.04	-0.023	0.029	15.23	1.379	0.725
	4 FJ材	15.79	-0.013	0.018	19.05	1.206	0.829
20	6 FJ材	13.48	-0.012	0.018	15.77	1.170	0.855

※ δ_{1min} ：1分のたわみ(mm)、 $f \cdot e$ ： $\log_{10}Kt$ と $\log_{10}t$ の回帰曲線の切片eと傾きf、
 δ_{50y} ：50年後の予測たわみ(mm)、 C_{cp} ：50年後のクリープ係数、
 K_{50y} ：荷重継続時間50年に対するクリープたわみ比の予測値

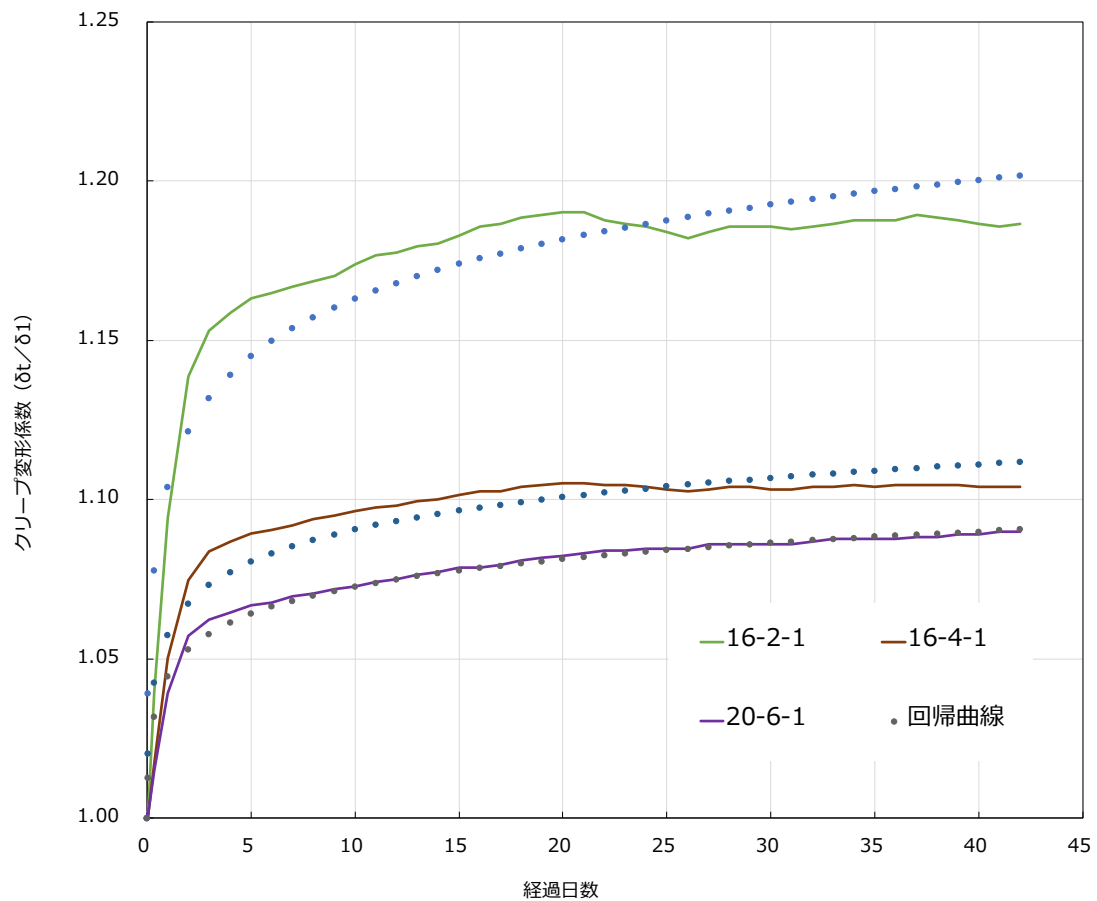


図 3-5-3 クリープ試験の結果（告示法）

表 3-5-3 クリープ試験の結果（告示法-24H 以降）

試験体No.	区分	$\delta_{1\text{min}}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50\text{y}}$	C_{cp}	$K_{50\text{y}}$
16	2 製材	11.04	-0.015	-0.004	14.50	1.313	0.762
	4 FJ材	15.79	-0.010	0.002	18.59	1.177	0.849
20	6 FJ材	13.48	-0.011	0.015	15.72	1.166	0.858

※ $\delta_{1\text{min}}$: 1分のたわみ(mm)、 $f \cdot e$: $\log_{10}Kt$ と $\log_{10}t$ の回帰曲線の切片eと傾きf、
 $\delta_{50\text{y}}$: 50年後の予測たわみ(mm)、 C_{cp} : 50年後のクリープ係数、
 $K_{50\text{y}}$: 荷重継続時間50年に対するクリープたわみ比の予測値

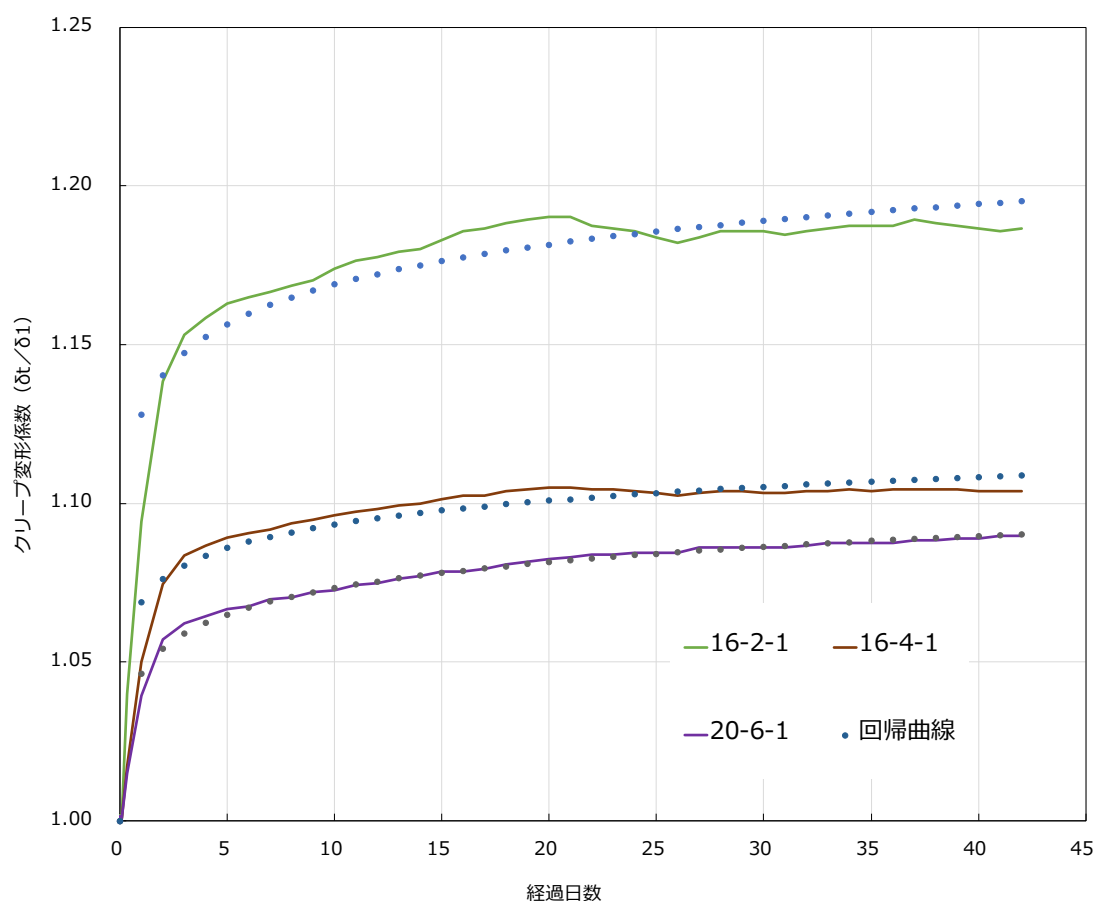


図 3-5-4 クリープ試験の結果（告示法-24H 以降）

表 3-5-4 クリープ試験の結果（パワー則）

試験体No.	区分	δ_{1min}	傾き f	切片 e	δ_{50y}	C_{cp}	K_{50y}
16	2 製材	11.04	0.574	-2.241	114.95	10.412	0.096
	4 FJ材	15.79	0.561	-2.286	90.97	5.762	0.174
20	6 FJ材	13.48	0.533	-2.325	55.92	4.148	0.241

※ δ_{1min} ：1分のたわみ(mm)、 $f \cdot e$ ： $\log_{10} Kt$ と $\log_{10} t$ の回帰曲線の切片eと傾きf、
 δ_{50y} ：50年後の予測たわみ(mm)、 C_{cp} ：50年後のクリープ係数、
 K_{50y} ：荷重継続時間50年に対するクリープたわみ比の予測値

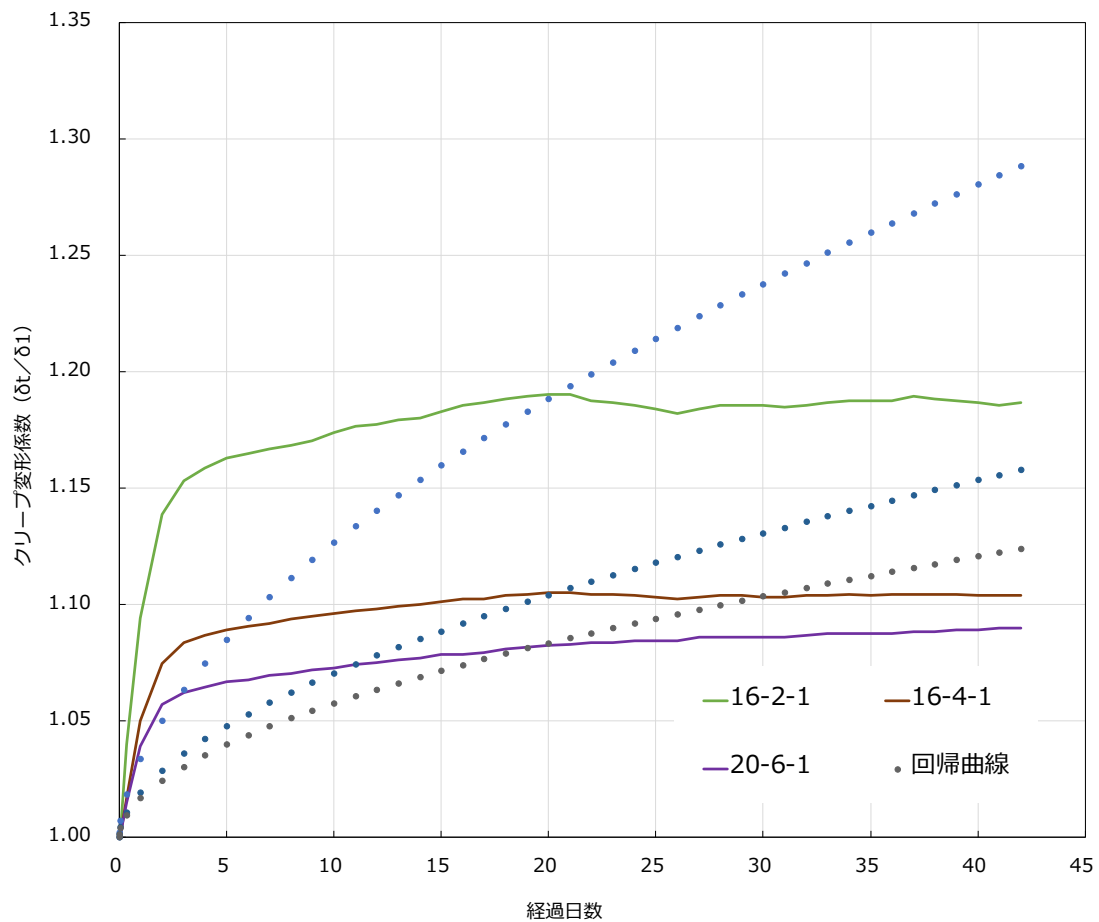


図 3-5-5 クリープ試験の結果（パワー則）

表 3-5-5 クリープ試験の結果 (パワー則-24H 以降)

試験体No.	区分	δ_{1min}	傾き f	切片 e	δ_{50y}	C_{cp}	K_{50y}
16	2 製材	11.04	0.118	-0.224	15.51	1.405	0.712
	4 FJ材	15.79	0.128	-0.370	19.59	1.241	0.806
20	6 FJ材	13.48	0.172	-0.727	17.01	1.262	0.793

※ δ_{1min} : 1分のたわみ(mm)、 $f \cdot e$: $\log_{10}Kt$ と $\log_{10}t$ の回帰曲線の切片eと傾きf、
 δ_{50y} : 50年後の予測たわみ(mm)、 C_{cp} : 50年後のクリープ係数、
 K_{50y} : 荷重継続時間50年に対するクリープたわみ比の予測値

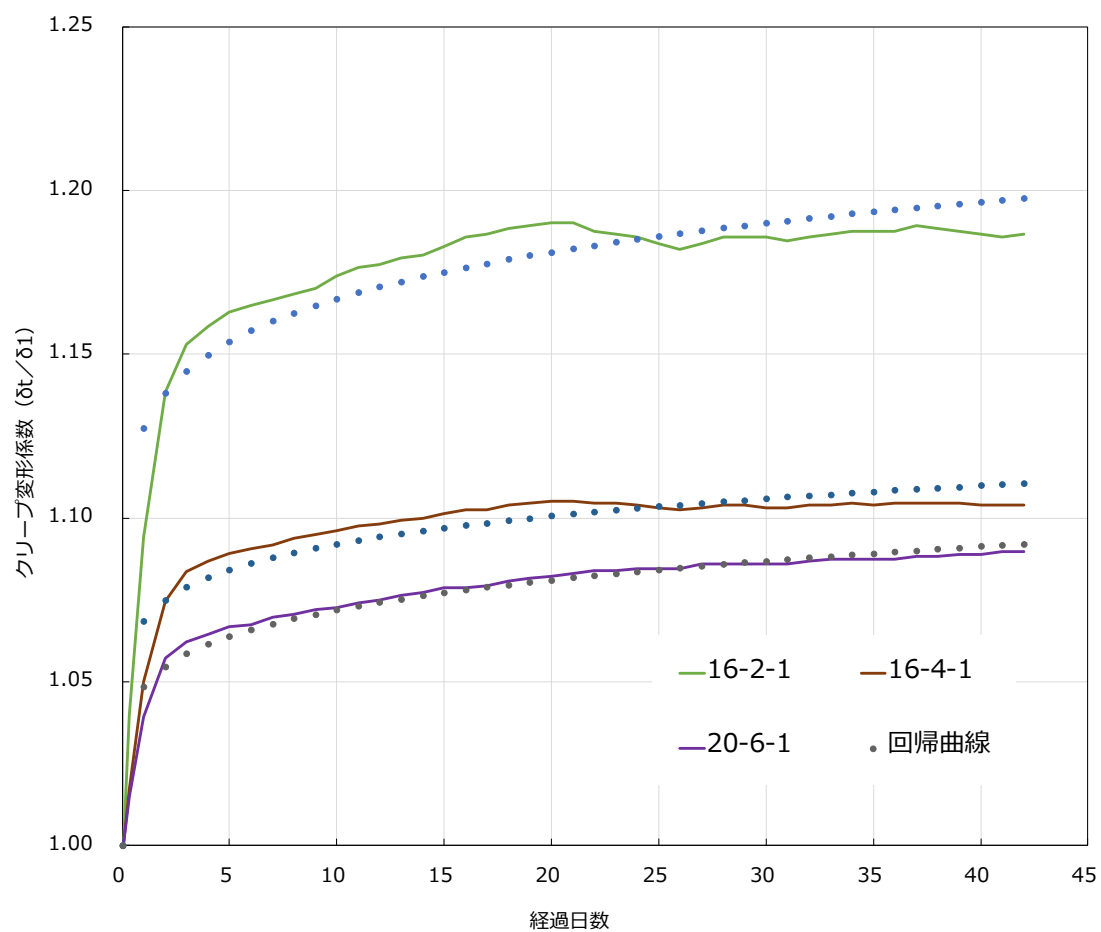


図 3-5-6 クリープ試験の結果 (パワー則-24H 以降)

4 県南スギ 210 材の曲げ強度試験

長野県南信地方のスギから製材した、4m スギ 210 材について、曲げ強度性能を検討した。

4.1 試験体

末口短径 36cm 上長さ 4m の丸太からの 210 材の基本木取りと 210 材の作製方法の概要を図 4-1 に示す。なお、試験体の作製方法の詳細は、「1 供試した大径材の諸元と試験体の作製 1.3 試験体の作製方法 1.3.3 スギ 4m 丸太の木取り」に記載している。

スギ 4m の縦振動ヤング係数の平均値と、変動係数がほぼ等しくなるよう分けた 2 つのグループのうちの 1 グループのスギ 4m 供試丸太 10 本を対象としたが、丸太 1 本から製材した 210 材 4 体は製材寸法が間違っていたため、9 本から製材した 210 材 36 体を試験体とした。

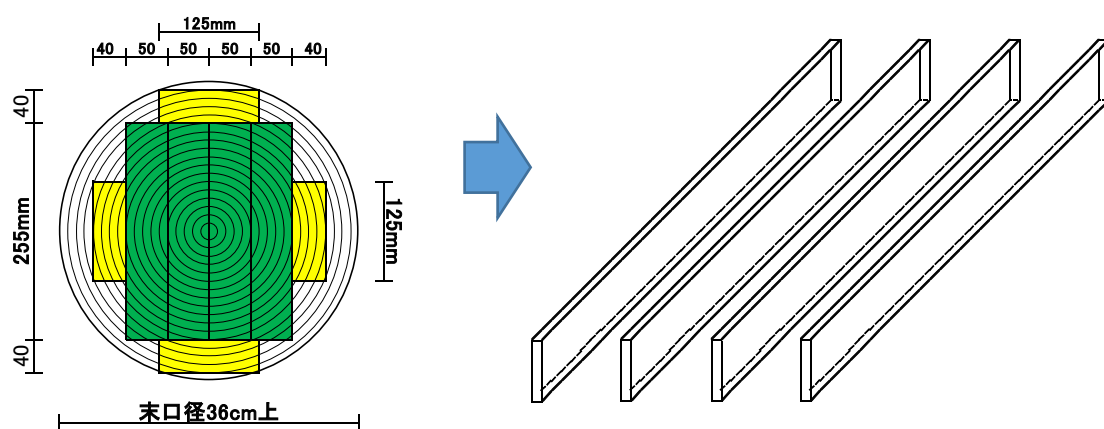


図 4-1 県南スギ 4m210 材の曲げ強度試験体作製図

4.2 試験方法

実大材曲げ試験機 UH-1000Kna（島津製作所）を用いて曲げ強度試験を行った。支点間距離 3760mm（梁せいの 16 倍）、荷重点間距離 1253mm の 3 等分点 4 点荷重方式、載荷速度は 10mm/min で実施し、荷重を加え始めてから試験体が破壊するまでの時間は 1 分以上となるように行った。荷重点および支点の幅はともに 200mm である。曲げ試験条件を図 4-2 に示し、曲げ試験の様子を写真 4-1 に示した。なお、曲げ載荷時に試験体の横座屈を防止する目的でラレラルサポート（横座屈防止治具）を設置した。

たわみの計測は、中央部において、全スパンのたわみ（写真 4-2）と、ヨークを用いてモーメントが一定になる荷重点間 600mm のたわみ（写真 4-3）を測定した。最大荷重 F_{ult} から曲げ強さ（ F_b ）を求め、また、荷重と全スパンのたわみから「見かけの曲げヤング係数（ E_m ）」を、荷重と曲げモーメント一定区間のたわみの関係から「真の曲げヤング係数（ E_b ）」を算出した。

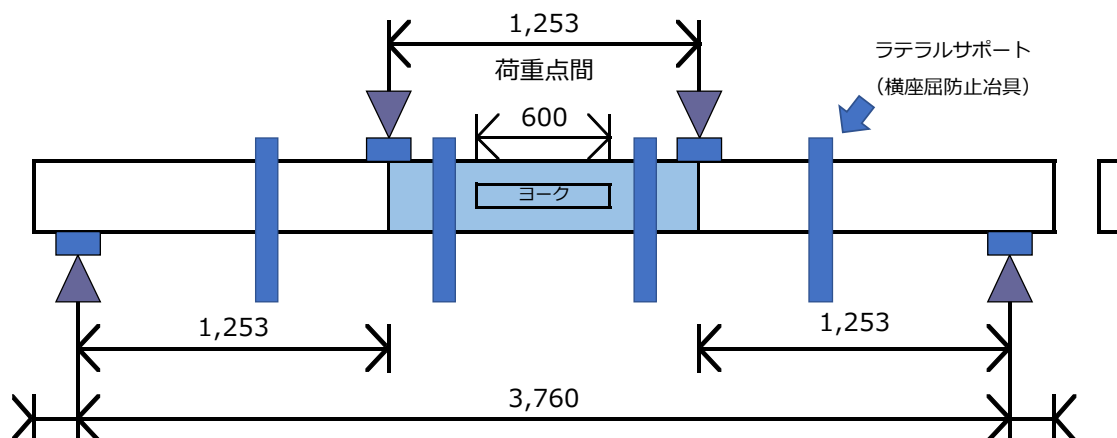


図 4-2 県南スギ 4m210 材の曲げ強度試験条件



写真 4-1 県南スギ 4m210 材の曲げ強度試験の実施状況

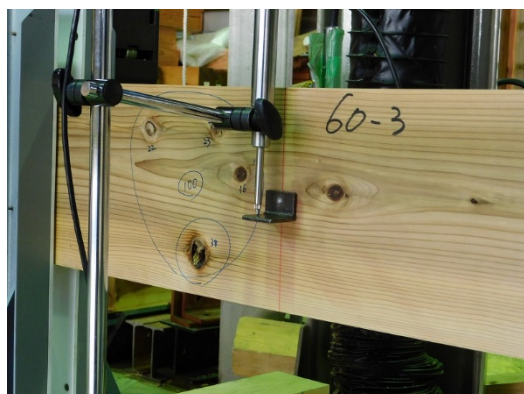


写真 4-2 全スパンのたわみの測定



写真 4-3 荷重点間内のたわみの測定

$$F_b = \frac{aF_{ult}}{2Z}$$

ここで、

F_b : 曲げ強さ (N/mm²)

a : 支点から荷重点までの距離

F_{ult} : 最大荷重

Z : 断面係数 ((幅×高さ²)/6)

$$E_m = \frac{a(3L^2 - 4a^2)(F_2 - F_1)}{48I(w_2 - w_1)}$$

ここで、

E_m : せん断変形の影響を含んだ曲げヤング係数 (kN/mm²)

a : 支点から荷重点までの距離

L : 試験スパン

$F_2 - F_1$: 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。

F_1 は F_{ult} (最大荷重) の約10%、 F_2 は約40%とする。

I : 断面 2 次モーメント ((幅×高さ³)/12)

$w_2 - w_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分。

$$E_b = \frac{a\ell^2(F_2 - F_1)}{16I(w_2 - w_1)}$$

ここで、

E_b : せん断変形の影響を含まない曲げヤング係数 (kN/mm²)

a : 支点から荷重点までの距離

ℓ : 荷重点間内の変位量測定区間の長さ

$F_2 - F_1$: 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。

F_1 は F_{ult} (最大荷重) の約10%、 F_2 は約40%とする。

I : 断面 2 次モーメント ((幅×高さ³)/12)

$w_2 - w_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分。

4.3 試験結果

スギ 4m210 製材 36 体の曲げ試験結果の概要を表 4-1 に示し、甲種桝組材の特級と特級以外の等級に分けて、見かけの MOE と MOR の関係を図 4-3 に示した。また、各試験体の破壊の様子を写真 4-4～12 に示す。

特級以外を含めた全ての 4m スギ 210 製材について、桝組壁工法構造用製材の JAS の JS II（スギ）甲種特級 210 材の告示第 1452 号の曲げ基準強度 19.3N/mm^2 (28.4×0.68) を上回った。

表 4-1 県南スギ 4m210 材の曲げ強度試験結果の概要

	Efr (kN/mm^2)	見かけの ヤング係数 (kN/mm^2)	真の ヤング係数 (kN/mm^2)	曲げ強さ (N/mm^2)	全乾法含水率 (%)
平均	7.85	7.67	7.86	37.2	9.7
標準偏差	1.30	1.19	1.28	8.6	0.9
変動係数	16.6	15.5	16.2	23.1	9.0
最小	5.59	5.41	5.29	20.8	8.2
最大	10.68	9.65	10.23	49.7	11.2
データ数	36	36	36	36	36

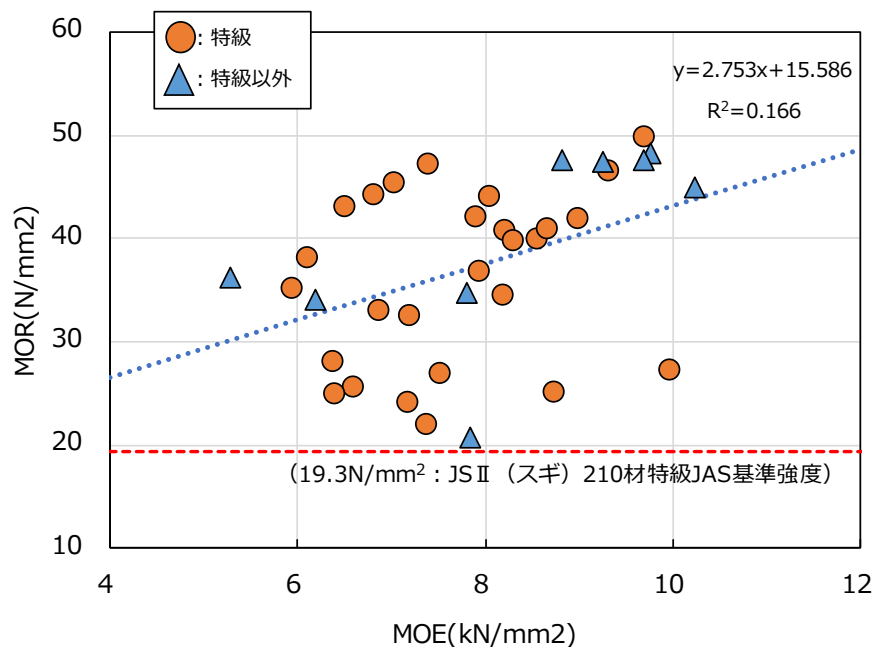


図 4-3 県南スギ 4m210 材の曲げ強度試験結果の概要



53-1 1



53-1 2



53-1 3



53-2 1



53-2 2



53-2 3



53-3 1



53-3 2



53-3 3



53-4 1



53-4 2



53-4 3

写真 4-4 スギ 4m210 材の曲げ強度試験の実施状況-1



55-1 1



55-1 2



55-1 3



55-2 1



55-2 2



55-2 3



55-3 1



55-3 2



55-3 3



55-4 1



55-4 2



55-4 3

写真4-5 スギ4m210 材の曲げ強度試験の実施状況-2



56-1 1



56-1 2



56-1 3



56-2 1



56-2 2



56-2 3



56-3 1



56-3 2



56-3 3



56-4 1



56-4 2



56-4 3

写真4-6 スギ4m210 材の曲げ強度試験の実施状況-3



58-1 1



58-1 2



58-1 3



58-2 1



58-2 2



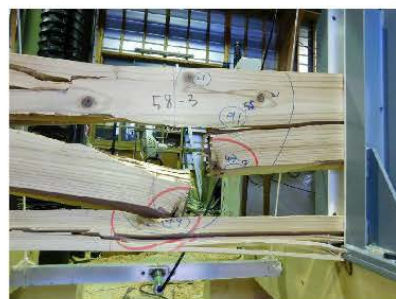
58-2 3



58-3 1



58-3 2



58-3 3



58-4 1



58-4 2



58-4 3

写真4-7 スギ4m210 材の曲げ強度試験の実施状況-4



60-1 1



60-1 2



60-1 3



60-2 1



60-2 2



60-2 3



60-3 1



60-3 2



60-3 3



60-4 1



60-4 2



60-4 3

写真4-8 スギ4m210 材の曲げ強度試験の実施状況-5



62-1 1



62-1 2



62-1 3



62-2 1



62-2 2



62-2 3



62-3 1



62-3 2



62-3 3



62-4 1



62-4 2



62-4 3

写真4-9 スギ4m210材の曲げ強度試験の実施状況-6



63-1 1



63-1 2



63-1 3



63-2 1



63-2 2



63-2 3



63-3 1



63-3 2



63-3 3



63-4 1



63-4 2



63-4 3

写真 4-10 スギ 4m210 材の曲げ強度試験の実施状況-7



68-1 1



68-1 2



68-1 3



68-1 4



68-2 1



68-2 2



68-2 3



68-3 1



68-3 2



68-3 3



68-4 1



68-4 2

写真 4-11 スギ 4m210 材の曲げ強度試験の実施状況-8



68-4 3



70-1 1



70-1 2



70-1 3



70-2 1



70-2 2



70-2 3



70-3 1



70-3 2



70-4 1



70-4 2



70-4 3

写真 4-12 スギ 4m210 材の曲げ強度試験の実施状況-9

5 高強度集成材用ラミナのヤング係数等級区分

本課題においては、大径A材丸太から 210 材を横架材として製材した外周部から木取られる集成材ラミナについて、機械等級区分機によるヤング係数を把握することを目的とした。

5.1 試験体

カラマツ 5m 丸太 20 本及び 4m 丸太 30 本、スギ 4m 丸太 20 本から 210 材を製材し、その外周部からの各丸太 4 体の集成材ラミナを製材した。木取り方法を図 5-1 に示す。カラマツ 5m 丸太 20 本から 80 体、4m 丸太 30 本から 120 体、スギ 4m 丸太 20 本から 80 体を製材した（写真 5-1）。

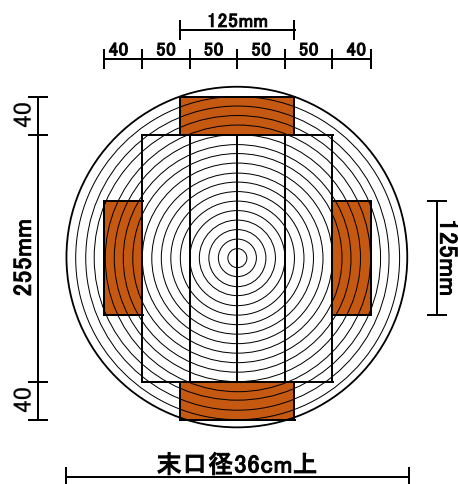


図 5-1 集成材ラミナの木取り図



写真 5-1 集成材ラミナ

5.2 試験方法

機械等級区分は、齋藤木材工業（株）において集成材ラミナ用の機械等級区分機により、曲げヤング係数の測定を行った。

機械等級区分機は、長さ方向に移動させながら連続して曲げヤング係数を測定しており、ヤング係数は、長さ方向の平均ヤング係数で評価している。

5.3 試験結果

機械等級区分機によるヤング係数測定結果を表5-1に示し、またヤング係数区分別の頻度を図5-2に示した。また、カラマツの異等級構成構造用集成材のラミナの等級の構成を図5-3に示した。

カラマツ 5m 材及び 4m 材において、L140 以上が 45%であったことから、最外層に L140 を使用する強度等級 E120-F330 が製造可能であることが示唆された。

表5-1 ヤング係数測定結果

樹種	カラマツ		スギ
材種	5 m材	4 m材	4 m材
平均	13.80	13.38	7.77
標準偏差	1.77	1.71	1.10
変動係数(%)	12.84	12.80	14.16
最小	10.10	8.10	4.80
最大	17.20	16.60	9.80
データ数	80	120	80
L140以上のデータ数	37	54	0
L140以上の割合 (%)	46.3	45.0	0

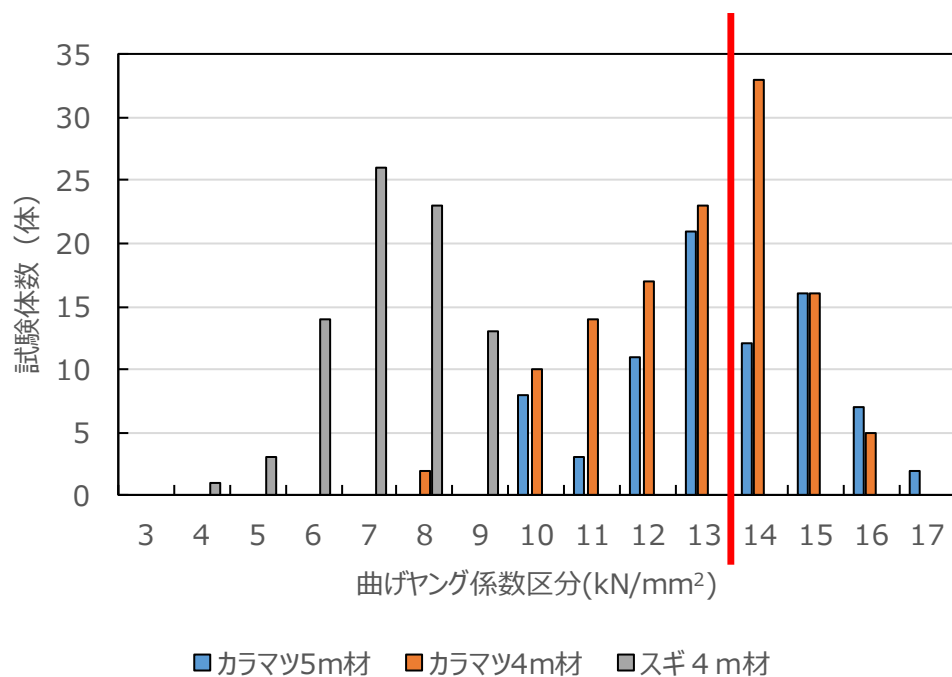


図5-2 ヤング係数測定結果の度数分布

	強度等級 E135-F375	強度等級 E120-F330	強度等級 E105-F300	強度等級 E95-F270
最外層(1/16以内)	1級=L160	2級=L140	3級=L125	4級=L110
外層(1/16～1/8)	L140	L125	2等 or L110	3等 or L100
中間層	L125	3等 or L110	3等 or L100	3等 or L90
内層(1/4以上)	4等 or L100	4等 or L90	4等 or L80	4等 or L70
中間層	L125	3等 or L110	3等 or L100	3等 or L90
外層(1/16～1/8)	L140	L125	2等 or L110	3等 or L100
最外層(1/16以内)	1級=L160	2級=L140	3級=L125	4級=L110

図 5-3 構造用集成材（異等級構成）のラミナの等級の構成

第4章 まとめ

前年度の結果を踏まえ、長野県産カラマツ・スギ 210 材の一層の社会実装に向けて、床パネルによる実証試験と 210 材のさらなる性能評価を行い、以下の成果を得た。

なお、本年度供試した 210 材は、長野県産のカラマツ 5m丸太 20 本、カラマツ 4m丸太 30 本、スギ 4m丸太 20 本から作製した。

「1 床パネルによる実証試験」と「2 県産 210 材の性能評価」の各試験を行うため、上記の各丸太は縦振動ヤング係数の平均値と変動係数がほぼ等しくなるように 2 分割した上で、それぞれの試験体を作製した。

1 床パネルによる実証試験

次の①～④の 210 材を用い、コンポーネント事業者 2 社にて下記の床パネルを作製した。

この内、③のみは市販品を使用した。また、いずれのパネルにも、長野県産材による 15mm 厚合板を使用した。

① カラマツ 5m材、 ② カラマツたて継ぎ (F J) 16f (4,880mm) 材、 ③ S P F 5m材

→ 床パネル 1,820×4,550 mm 各 2 体/社

④ スギ 4m材 → 床パネル 1,820×3,640 mm 2 体/社

(1) 納品時における長野県産 210 材の等級評価

①、②及び④の 210 材は無選別で全数を 2 社に納品し、評価を受けた。

その結果、①の 71%、②の 83%、④の 72%が「特級」と評価された。「1 級」以下となった材の欠点因子としては、「貫通割れ」と「寸法(幅)超過」が多かった。

今回の材は全体に過乾燥気味であったので、割れが拡大した可能性が高い。また、寸法(幅)超過は、過乾燥状態で規格寸法にモルダー仕上げをしたため、その後の吸湿で膨潤したものと考えられる。

よって、県産 210 材に適した人工乾燥を行い、十分に養生してから寸法仕上げをすれば、「特級」の確率はさらに高まるものと期待される。

(2) 床パネル作製時における県産 210 材の評価

S P F と同一条件で釘を打つと、カラマツ材では釘が 2～3mm 残ることがあった。逆に、スギ材では 1～2mm 程度めり込んだ。ただし、これらは空気圧の調整等で対応可能な範囲であり、問題はなかった。

また、カラマツ材では釘打ち時の木口割れが懸念されたが、実際の釘打ち工程の結果を見ると、問題はなかった。カラマツ材はやや重い、その優れた強度性能を考慮に入れると、許容範囲内であった。

以上より、2 社とも「パネル作製時における長野県産 210 材の問題はない」との判断であった。

(3) 県産 210 材パネルの経過観察による評価

パネル作製後、2 社の工場にて、それぞれ 3 か月余の経過観察を行った。その結果、カラマツ材、カラマツ F J 材、スギ材、S P F 材とも根太の形状変化はほとんどなく、J A S 特級レベルであり、パネル製品への影響は特になかった。特に、カラマツ F J 材においては、曲がり・反り等が極めて軽微であった。

以上より、2 社とも「長野県産 210 材はカラマツ・スギとも製品上特に問題はなく、2×4 構造材・床材として十分に使用できる」との判断であった。

以上より、2 社とも「長野県産 210 材はカラマツ・スギとも製品上特に問題はなく、2×4 構造材・床材として十分に使用できる」との判断であった。

2 県産 210 材の性能評価

(1) 供試した大径材の諸元

本年度使用した丸太の末口短径は、平均値でカラマツ 5m丸太 396mm、カラマツ 4m丸太 385mm、スギ 4m丸太 387mmであった。

末口年輪数は、平均値でカラマツ 5m丸太 68 年、カラマツ 4m丸太 64 年、スギ 4m丸太 55 年であった。末口平均年輪幅は、平均値でカラマツ 5m丸太 3.0mm、カラマツ 4m丸太 3.2mm、スギ 4m丸太 3.6mmであった。

縦振動ヤング係数 (E_{fr-log}) は、平均値でカラマツ 5m丸太 11.4 kN/mm^2 、カラマツ 4m丸太 11.4 kN/mm^2 、スギ 4m丸太 7.1 kN/mm^2 であった。

(2) JAS 目視等級区分及びMSR等級区分

本年度作製した県産 210 材（上記 1 の床パネル試験用を含む）は選別せず、その全数を対象にして、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」の「甲種枠組材」及び「甲種たて継ぎ材」としての評価を実施した。

その結果、カラマツ 5m材 (62 体) の 68%、カラマツ FJ 材 (139 体) の 81%、スギ 4m材 (72 体) の 74%が目視等級区分の「特級」となった。「特級」以外に格付けされた材の欠点因子としては、「割れ」と「反り」が多かった。それらの主たる要因と対策は、1 (1)に記載したとおりである。

次に、集成材ミナ用の機械等級区分機を用いて曲げヤング係数を測定したところ、それぞれの平均値は、カラマツ 5m210 材で 13.10 kN/mm^2 、カラマツ 4m210 材で 13.00 kN/mm^2 、スギ 4m210 材で 7.22 kN/mm^2 であった。特に県産カラマツ材のヤング係数は高く、S-P-F 甲種 2 級の基準弾性係数 9.6 kN/mm^2 を 98%が上回り、また、約 95%がカラマツ甲種特級の基準弾性係数 10.4 kN/mm^2 を上回り、利用上、高評価を得られるものと期待される。

(3) カラマツたて継ぎ材の性能評価試験

(ア) 製材と FJ 材の曲げ強度試験

同一丸太を左右 2 分割し、「製材曲げ試験体」用と「たて継ぎ (FJ) 曲げ試験体」用の 210 材を作製し、下部支点間距離 4,230mmの 3 等分点 4 点荷重方式で曲げ強度試験を実施した。

その結果、「特級」以外も含めたすべての製材 (10 体) 及び FJ 材 (10 体) において、枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の JAS で定める JSⅢ (カラマツ) 甲種特級 210 材の告示第 1452 号による曲げ基準強度 15.3 N/mm^2 (22.5×0.68) を上回った。

(イ) FJ 材のエッジワイズとフラットワイズによる曲げ強度試験

カラマツ 4m210 材 40 体を長さ 2,500mmと 1,500mmに切断し、エッジワイズ曲げ試験体 (2,500+2,500mm) とフラットワイズ曲げ試験体 (1,500+1,500mm) を 20 体ずつ作製した。その際、4m210 材 2 体からエッジワイズ及びフラットワイズ曲げ試験体を 1 体ずつ作製した。FJ 部の曲げ試験は、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」に従って実施した。

その結果、エッジワイズ試験体では「特級」以外であった 1 試験体を除き、19 試験体が枠組壁工法構造用たて継ぎ材の JAS で定める JSⅢ (カラマツ) 甲種特級 210 材の告示第 1452 号による曲げ基準強度 15.3 N/mm^2 を上回った。また、フラットワイズ試験体では、「特級」以外も含め、20 試験体すべてが同基準強度 22.5 N/mm^2 を上回った。

よって、県産カラマツ 210 材の FJ 部は、十分な強度性能を有することが確認された。

以上より、長野県産カラマツ・スギ 210 材については、床パネルによる実証試験によって「製品上特に問題はなく、JAS 特級レベルであり、2×4 構造材・床材として十分に使用できる」ことが確認された。

また、県産 210 材のさらなる性能評価により、たて継ぎ材も含め、その優れた強度性能が実証された。

今後は、さらなる低コスト化に向けた検討・検証、実証建築による検証、販路の確保及び新需要開発等が強く期待される。

大径A材丸太（信州カラマツほか）の新需要創出に向けた技術開発・実証 報告書
ー 国産材 2×8、2×10 の社会実装に向けた実用化 ー

令和2年（2020年）2月

編集・著作権者

試験機関

床パネル実証協力企業

初版第1刷発行

事業主体：信州木材認証製品センター

〒380-8567 長野県長野市大字中御所字岡田 30-16

長野県林業総合センター木材部

三井ホームコンポーネント(株)

ウィング(株)
