

### 2.2.3.5 結果 湿式：CUAZ

大日本木材防腐株式会社において、CUAZ を用いて、生産用注薬缶で実施した実大パネル試験結果を以下に示す。

#### 1) 試験体の概要

表 2.2.3.5-1 に試験体密度を示す。試験体密度は平均 416 kg/m<sup>3</sup> だった。

表 2.2.3.5-1 試験体密度

番号	密度 (kg/m <sup>3</sup> )
ⅢD-1	410
ⅢD-2	420
ⅢD-3	424
ⅢD-4	411

#### 2) 注入条件と注入量

薬剤として CUAZ を用いた実大パネルの注入は、バットを用いた空気圧による注入で行った。注入風景を写真 2.2.3.5-1 に示す。

バットを使用した注入は、液面高さの都合で 1 度の処理枚数を 2 枚としたため、注入条件を変更して 2 回の処理を行った。

注入条件を表 2.2.3.5-2 に、注入量を表 2.2.3.5-3 に示す。

なお、減圧時間、加圧時間共に設定圧力に達してからの時間とした。

実大パネルでは、試験注薬缶で実施した小ブロック試験体の条件と比較すると、注入量は 1/4 程度となった。

表 2.2.3.5-2 注入条件

条件	加圧		後排気		所定圧までの 到達時間 (分)
	加圧 (MPa)	時間 (分)	減圧 (MPa)	時間 (分)	
1	0.75	10	0.08	30	33
2	0.50	10	0.08	30	26

表 2. 2. 3. 5-3 注入量

条件	番号	注入量 (kg/m <sup>3</sup> )
1	ⅢD-1	113
	ⅢD-2	122
2	ⅢD-3	101
	ⅢD-4	81



注入前 (バット内への導入)



注入後

写真 2. 2. 3. 5-1 注入処理風景

3) 乾燥条件と含水率

処理が終了した材料は、厚み 30mm の栈木を敷いて3日間の養生を行った後、人工乾燥を行った。人工乾燥スケジュールを図 2. 2. 3. 5-1 に示す。

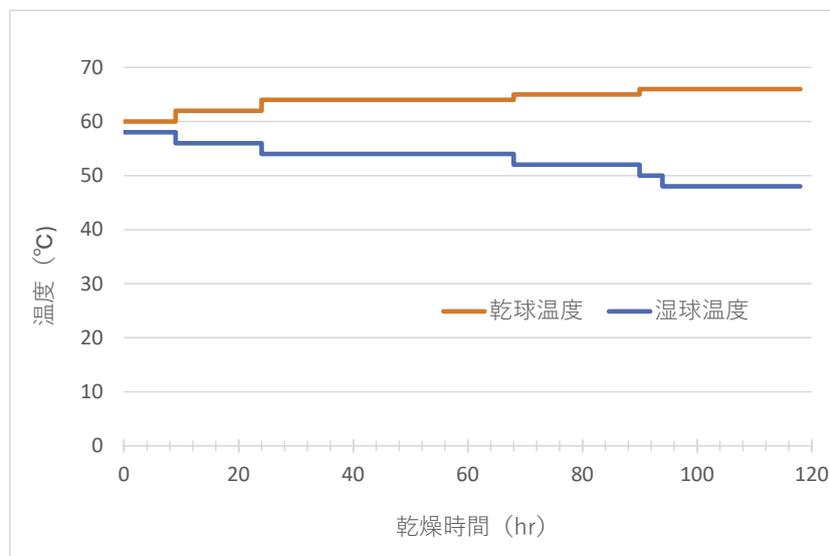


図 2. 2. 3. 5-1 人工乾燥スケジュール

人工乾燥は、途中 50 時間、98 時間経過時点で、重量と高周波式含水率計による含水率を測定して、118 時間で終了した。重量の変化を表 2. 2. 3. 5-4 に示す。

表 2. 2. 3. 5-4 注入～乾燥工程での重量変化

条件	番号	重量(kg)					
		注入前	注入後	養生後	人工乾燥 50hr	人工乾燥 98hr	人工乾燥 118hr
1	ⅢD-1	96.3	122.8	115.8	107.6	103.2	101.6
	ⅢD-2	98.6	127.3	120.7	110.8	105.1	104.1
2	ⅢD-3	99.5	123.3	116.2	107.8	103.7	102.5
	ⅢD-4	96.6	115.6	109.9	103.9	100.5	99.3

含水率の測定は材端の四隅 4 カ所（図中の白丸）と、中央部 4 カ所（図中の青丸）で測定した。それぞれの平均値の推移を図 2. 2. 3. 5-2 に示す。

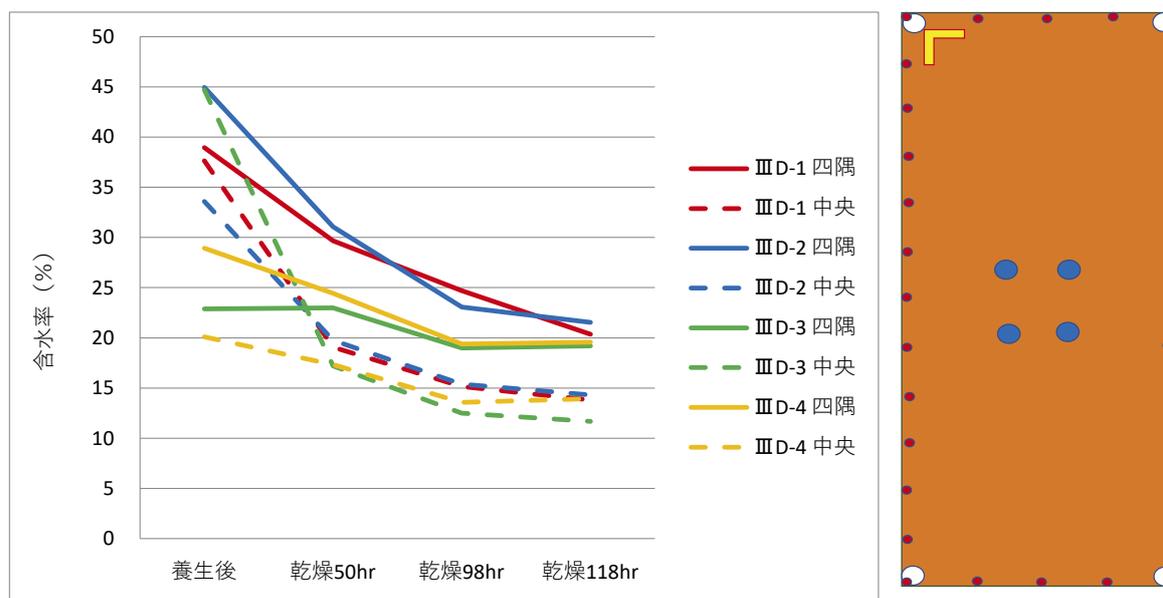


図 2. 2. 3. 5-2 乾燥工程中の含水率の変化と測定位置（高周波水分計）

本乾燥工程内では、高周波式含水率計による測定で 15%の含水率を下回る結果にはならない箇所があった。

本乾燥工程は、住宅の土台用の乾燥工程であり、D20 を目標にしているものであるため、15%以下を目標にする場合は乾燥工程スケジュールを見直す必要がある。

4) 寸法変化

寸法の測定は厚みのみとして、注入前と人工乾燥後に実施した。測定箇所は短辺の900mmを4等分した箇所、長辺の3,000mmを12等分した箇所で測定した（図2.2.3.5-3の赤点）。

測定箇所のナンバリングは図2.2.3.5-3の上辺左側をNo.1として、時計回りでNo.32まで測定した。測定箇所の寸法変化量を表2.2.3.5-5に示す。

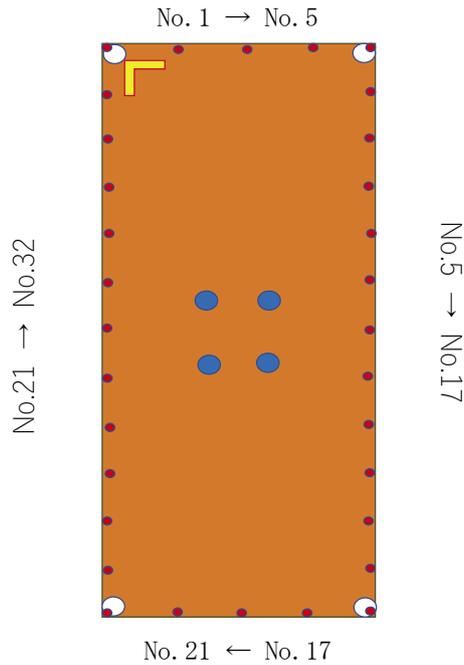


図 2. 2. 3. 5-3 CLT 寸法測定 of 測定箇所

表 2. 2. 3. 5-5 CLT の保存処理による寸法変化

検体ⅢD-1 : 寸法変化量(mm)													
短辺	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5								
	0.84	1.94	1.96	4.55	0.47								
長辺	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17
	-0.47	0.96	0.80	0.87	0.52	0.47	-0.29	1.00	0.89	1.45	1.10	1.08	1.17
短辺	No. 17	No. 18	No. 19	No. 20	No. 21								
	1.17	1.76	3.29	2.62	0.90								
長辺	No. 21	No. 22	No. 23	No. 24	No. 25	No. 26	No. 27	No. 28	No. 29	No. 30	No. 31	No. 32	No. 1
	0.90	1.38	1.08	1.07	1.44	1.80	1.37	0.66	1.69	1.29	1.32	1.13	0.84

検体ⅢD-2 : 寸法変化量(mm)													
短辺	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5								
	0.37	3.14	1.70	3.28	2.24								
長辺	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17
	2.24	1.08	1.21	1.40	1.18	1.21	1.31	0.90	0.92	0.92	1.59	2.36	-0.14
短辺	No. 17	No. 18	No. 19	No. 20	No. 21								
	-0.14	3.22	1.57	2.36	0.64								
長辺	No. 21	No. 22	No. 23	No. 24	No. 25	No. 26	No. 27	No. 28	No. 29	No. 30	No. 31	No. 32	No. 1
	0.64	1.47	1.99	1.62	1.45	1.21	1.13	1.49	1.69	2.07	1.81	2.26	0.37

検体ⅢD-3 : 寸法変化量(mm)													
短辺	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5								
	0.18	1.02	1.55	0.90	0.76								
長辺	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17
	0.76	1.21	1.73	1.20	0.89	1.51	0.59	2.01	0.89	1.92	0.39	1.54	0.76
短辺	No. 17	No. 18	No. 19	No. 20	No. 21								
	0.76	1.12	1.36	1.53	1.63								
長辺	No. 21	No. 22	No. 23	No. 24	No. 25	No. 26	No. 27	No. 28	No. 29	No. 30	No. 31	No. 32	No. 1
	1.63	1.12	0.42	1.00	0.97	1.78	0.86	1.02	0.87	1.74	0.89	1.33	0.18

検体ⅢD-4 : 寸法変化量(mm)													
短辺	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5								
	0.70	1.24	0.85	1.61	1.07								
長辺	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17
	1.07	1.03	1.79	1.45	0.82	0.69	1.39	0.63	1.02	0.92	0.55	0.82	0.55
短辺	No. 17	No. 18	No. 19	No. 20	No. 21								
	0.55	1.24	1.92	2.06	2.12								
長辺	No. 21	No. 22	No. 23	No. 24	No. 25	No. 26	No. 27	No. 28	No. 29	No. 30	No. 31	No. 32	No. 1
	2.12	1.98	0.83	1.95	0.77	1.02	1.57	1.00	0.55	0.82	1.12	0.97	0.70

人工乾燥後の含水率が、注入前よりも高い結果となったため、全体的に寸法が膨潤した結果だった。特に短辺の寸法が局所的に大きな膨潤を示す結果となった。

これは、写真 2.2.3.5-2 に示すように、板目材が平行に固定されて並べられているため、注入時に材料の膨潤した部分の行き場所がなくなり、材内に圧力がかかることで目廻り状の割れが入ったことと、注入-人工乾燥に至る膨潤収縮での接着剥離が原因と考えられた。



注入後の短辺写真①



注入後の短辺写真②



人工乾燥後の短辺写真①



人工乾燥後の短辺写真②

### 写真 2.2.3.5-2 保存処理 CLT の膨潤原因

#### 5) 浸潤度・含水率

人工乾燥が終了した CLT は、図 2.2.3.1-2 に示すように左上の角を始点として、外層ラミナ 5 枚分、内層ラミナ 14 枚分の箇所を 4 枚に分割した。

次に浸潤度の観察のために、始点を含む区画を測定対象として、外周にあたる部分の外側から 5cm を切断し、切断面を浸潤度測定部位とした（図 2.2.3.1-3：緑線）。

次に、始点から外層、内層それぞれラミナ 3 枚に該当するラインで、残った材料から全乾含水率試験体を切り取った（図 2.2.3.1-3：青線）。切り取った試験体から最も外側にあたる角と、最も内側にあたる角から 5cm 角を切り取り、全乾法による含水率測定試験片とした（図 2.2.3.1-3：青色塗りつぶし箇所）。

浸潤度は辺材部および露出している材表面から 10mm 範囲に存在している心材を対象として測定した。浸潤度を示す写真を写真 2.2.3.5-3 に、浸潤度の測定結果を表 2.2.3.5-6 に示す。

番号	部位	浸潤写真
ⅢD-1	短辺	
	長辺	
ⅢD-2	短辺	
	長辺	
ⅢD-3	短辺	
	長辺	
ⅢD-4	短辺	
	長辺	

写真 2. 2. 3. 5-3 保存処理 CLT の薬剤浸潤

表 2.2.3.5-6 保存処理 CLT の薬剤浸潤度

番号	浸潤度 (%)	
	辺材部	材表面から 10mm 範囲
ⅢD-1	100	87
ⅢD-2	100	80
ⅢD-3	96	93
ⅢD-4	100	50

全乾法による含水率の測定結果を、表 2.2.3-6 に示す。

表 2.2.3.5-7 保存処理 CLT の含水率（全乾法）

番号	含水率 (%)	
	外側	内側
ⅢD-1	28.8	14.7
ⅢD-2	32.9	12.8
ⅢD-3	13.7	11.4
ⅢD-4	16.3	9.7

#### 6) 吸収量

写真 2.2.3.5-3 の短辺の 5cm 切断面から辺材部を抜き取り、有効成分の吸収量の測定を実施した。試験結果を表 2.2.3-8 に示す。

表 2.2.3.5-8 吸収量の測定結果

番号	吸収量 (kg/m <sup>3</sup> )
ⅢD-1	1.3
ⅢD-2	2.0
ⅢD-3	1.7
ⅢD-4	1.3

本試験では、前排気を行わない注入方法で処理を行ったため、酸化銅として 0.33% の薬剤濃度で実施した。これは、通常の屋外仕様（JAS K4）の濃度である。

辺材の吸収量であったことと、薬剤濃度を高い設定にしたため、吸収量としては高いレベルを保持していた。

7) 品質検査用 小ブロックでの注入処理

実大パネルと同時に、2.2.2.5で使用した小ブロックと同じ寸法、シール処理の試験体も6体注入した。

実大パネルと同様に材端部から5cm部位で切断し、5)と同じく浸潤部を呈色させた後、浸潤度を測定した。注入量および浸潤度の測定結果を表2.2.3.5-9に、浸潤写真を写真2.2.3.5-4に示す。

表 2.2.3.5-9 CLT（小ブロック）の注入量、浸潤度

条件	番号	注入量 (kg/m <sup>3</sup> )	浸潤度(%)	
			辺材部	材表面から 10mm 範囲
1	ⅠD-2	195	100	96
	ⅠD-3	253	100	98
	ⅠD-8	280	100	90
	ⅡD-2	276	100	100
	ⅡD-4	302	100	96
	ⅡD-6	215	100	96
	平均値	253	100	96
	標準偏差	41	0	3
2	ⅠD-2	161	100	90
	ⅠD-3	216	100	97
	ⅠD-8	238	95	95
	ⅡD-2	178	100	99
	ⅡD-4	226	100	98
	ⅡD-6	182	98	100
	平均値	200	99	97
	標準偏差	31	2	4

平均注入量は実大パネルの注入量の2倍強の値を示した。これは実大パネルの方が未浸潤域の体積が大きいことに起因している。

浸潤度は、辺材部の数値は実大パネルと同じ数値を示したが、材表面から10mm範囲の心材部の浸潤度は実大パネルより大きな値を示した。

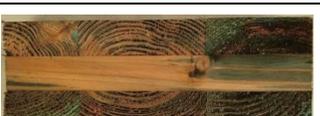
注入 条件	番号	浸潤写真	
		短辺	長辺
1	I D-2		
	I D-3		
	I D-8		
	II D-2		
	II D-4		
	II D-6		
2	I D-2		
	I D-3		
	I D-8		
	II D-2		
	II D-4		
	II D-6		

写真 2. 2. 3. 5-4 小ブロック CLT の薬剤浸潤

### 2.2.3.6 まとめ

製品処理 CLT の製造において含水率及び寸法精度が基準を満足するための適正な薬剤注入条件の導出を目的として、各種注入条件と保存性能、品質の関係を明らかにするための基礎的なデータ収集を行った。試験には 87mm×900mm×3000mm の 3 層 3 プライ実大 CLT パネルを用いた。一連の結果を表 2.2.3.6-1 にまとめて示す。

小ブロック試験の結果及び工場設備での注入処理を考慮して「加圧のみ」、「減圧のみ」を注入条件として実施した。

湿式処理において、注入量は「加圧のみ」では 80～118 kg/m<sup>3</sup>、「減圧のみ」では 37kg/m<sup>3</sup> となった。同時に処理した小ブロック試験体の注入量はそれぞれ 185～254 kg/m<sup>3</sup> と 81 kg/m<sup>3</sup> で、小ブロック試験結果から目標とした 150～250 kg/m<sup>3</sup> は達成された。一方、全断面浸潤を目標としない処理における注入量による評価は処理材の体積の影響を考慮する必要があることが明らかになった。

湿式処理における仕上がり含水率は、注入量を低く設定することで概ね 15%以下にすることができたと考えられる。しかし、パネルの 4 つの隅角など一部に含水率が高い箇所があることも確認された。薬剤注入土台の生産を基本とする乾燥スケジュールの場合は、15%以下の水準を達成するには見直しが必要となる可能性がある。

厚さの寸法精度については、処理前に対して平均的に増加する傾向にある。乾式で +0.4mm、乾燥が一定の水準に達した湿式で +0.6～1.2mm 程度であった。ただし、表層ラミナの木口が見える面では、ラミナのあばれの影響を大きく受けた。ラミナの割れ等寸法変化を抑えるのであればラミナの木裏を CLT 表面に出すのが効果的との研究報告があるが、今回は注入薬剤の乾燥の容易さを考慮して辺材のある木表を CLT 表面に出して構成した。CLT 表層のラミナの向きについては引き続き検討の余地がある。

浸潤度については、木口から 50mm の断面で評価することを試みた。その上で、集成材 JAS の基準対象である「辺材部の浸潤度が 80%以上」と「材面から深さ 10mm 部分の心材部の浸潤度」に着目して評価を行った。その結果、湿式に関しては、前者の基準 80%には概ね合格するものの後者の 80%以上には課題が残る結果となった。インサイジング処理の併用など引き続き検討の余地があると考えられる。

乾式に関しては、JAS 規格の測定法による全乾含水率、寸法精度、浸潤度、吸収量に関して問題点はなかった。

表 2.2.3.6-1

薬剤・方式		乾式	湿式	湿式	湿式	湿式
主たる注入処理		加圧	減圧	加圧	加圧	加圧
圧力	MPa	0.8	0.08	1.1	0.75	0.5
時間	分	3	60	4	10	10
密度	kg/m <sup>3</sup>	423	415	420	416	418
注入量	kg/m <sup>3</sup>		37	80	118	91
含水率（含水率計）		10.9	15.1	6.8		
含水率	平均	9.8	12.7	8.7	22.3	12.8
全幹法	最小	6.2	11.8	5.1	12.8	9.7
(%)	最大	11.8	13.3	11.3	32.9	16.3
寸法精度	平均	0.52	0.70	1.21	1.85	1.21
短辺	最小	-0.18	0.06	0.56	-0.47	0.18
(mm)	最大	1.42	1.56	1.96	4.55	2.12
寸法精度	平均	0.42	0.70	0.56	1.17	1.10
長辺	最小	-0.37	0.11	0.06	-0.47	0.18
(mm)	最大	1.23	1.20	1.11	2.36	2.12
浸潤度最小	木口辺材	100	81		100	96
(%)	表層心材	100	25		80	50
小ブロック	注入量		80	185	254	200
	浸潤度辺材		86		100	95
	浸潤度心材		5		90	90

#### 2.2.4 製品処理試験のまとめ

昨年度の事業成果の一つとして、従来の土台材などの軸材を対象として作られてきた JAS 規格の体系が必ずしも大判の面材である CLT の品質評価に適さないことを示した。しかしながら、一方で注入条件を従来の条件から変更した場合に浸潤度等製品の保存性能に与える影響については不明な点も多い。

そこで、今年度は薬剤の浸潤度評価は現行の製品の中央ではなく、製品端部から任意の距離で実施することを想定するとともに、この考え方に沿う適正な注入処理条件の導出を目的とした。対象とする保存薬剤は、乾式の AZN に加えて湿式の ACQ、AAC、CUAZ とした。

検討にあたっては、まずスギラミナ (29mm×105mm×500mm) を用いて各種注入条件と注入量の関係について実験した結果、従来の「減圧+加圧」では圧力を低くし処理時間を短くしても一定の注入量となってしまうこと、「減圧のみ」の場合は注入量を減少させることはできるがバラツキが大きいこと、「加圧のみ」の場合は圧力と処理時間を調節することで注入量を減少させるとともにバラツキも抑えられることがわかった。

次に、CLT の小ブロック (3 層 3 プライ、87mm×203mm×300mm) を用いた注入試験を行った結果、「加圧のみ」の場合は、圧力 0.3~0.5MPa で時間を 10 分程度、圧力 0.8MPa で時間を 1~3 分程度に調節することで注入量をコントロールして減少させるとともにバラツキも抑えられることが明らかになった。

これらの結果に基づいて注入条件を決定し、実大パネル (3 層 3 プライ、87mm×0.9m×3m) を用いて保存処理 CLT を試作し各種試験を行って品質を明らかにした。その結果、湿式処理においては、注入量を低く設定することでその仕上がり含水率を概ね 15%以下にすることが出来る条件を明らかにした。しかし、パネルの 4 つの隅角など一部に含水率が高い箇所があることも確認されており、乾燥スケジュールの見直しが必要となると示唆された。また、厚さの寸法精度については、処理前に対して平均的に増加する傾向にあるが、乾式、湿式に関わらず一定の基準を満たせる可能性が示された。ただし、表層ラミナの木口が見える面では、ラミナのあばれの影響を大きく受ける場合があり、ラミナの木裏/木表等の構成については検討の余地が示された。

浸潤度については、木口から 50mm の断面で評価した上で、集成材 JAS の基準対象である「辺材部の浸潤度が 80%以上」と「材面から深さ 10mm 部分の心材部の浸潤度」に着目して評価を行った結果、湿式に関しては、前者の基準 80%には概ね合格するものの後者の基準 80%以上には課題が残る結果となった。インサイジング処理の併用など検討の余地があると考えられる。

乾式に関しては、JAS 規格の測定法による全乾含水率、寸法精度、浸潤度、吸収量に関して問題点はなかった。

今後の課題としては、3 層 3 プライ以外の層構成への適用性、スギ以外の樹種への適用性、適正な乾燥条件の検討、接着や強度性能への影響などを明らかにする必要がある。

## 2.3 ラミナ処理試験

### 2.3.1 試験体製造の概要

CLT パネルの製造のうちラミナ調達、等級区分、注入処理ラミナの乾燥、たて継ぎ、積層接着、試験体切り出しは、昨年と同じ(株)サイプレス・スナダヤのCLT工場にて実施した。ラミナ注入に用いた薬剤はCUAZとし、インサイジング処理および加圧注入は大日本木材防腐(株)本社工場で実施した。(処理方法等は、次節2.3.2参照)

加圧注入したラミナはCLT工場において中温乾燥(70℃)を行った(スケジュールについては令和2年度事業報告書2.2.1節参照)。再乾燥ラミナは再度等級区分することなく、当初の等級区分に応じて外層用、内層用として用いた。4mラミナは節等の欠点をチェックしながら長さ2m以下に裁断した後、水平型フィンガージョイントにより所定の長さなたて継ぎした。たて継ぎ用接着剤は使用環境Aのメラミン樹脂とした。積層前のラミナ幅は105mm、厚さは昨年と同じ29mmとした。

製造したCLTの層構成は5層5プライ、幅はぎ接着なし、パネルの寸法は幅2.5m×長さ6.1m×厚さ145mmであった。積層用接着剤は、使用環境Aのレゾルシノール系樹脂を用いた。塗布量は昨年の実績に基づいて260g/m<sup>2</sup>、圧縮時間は6時間以上とした。インサイジング処理の有無で各2枚、計4枚製造し、その後、強度試験体、接合試験体を切り出した(図2.3.1-1、図2.3.1-2)。

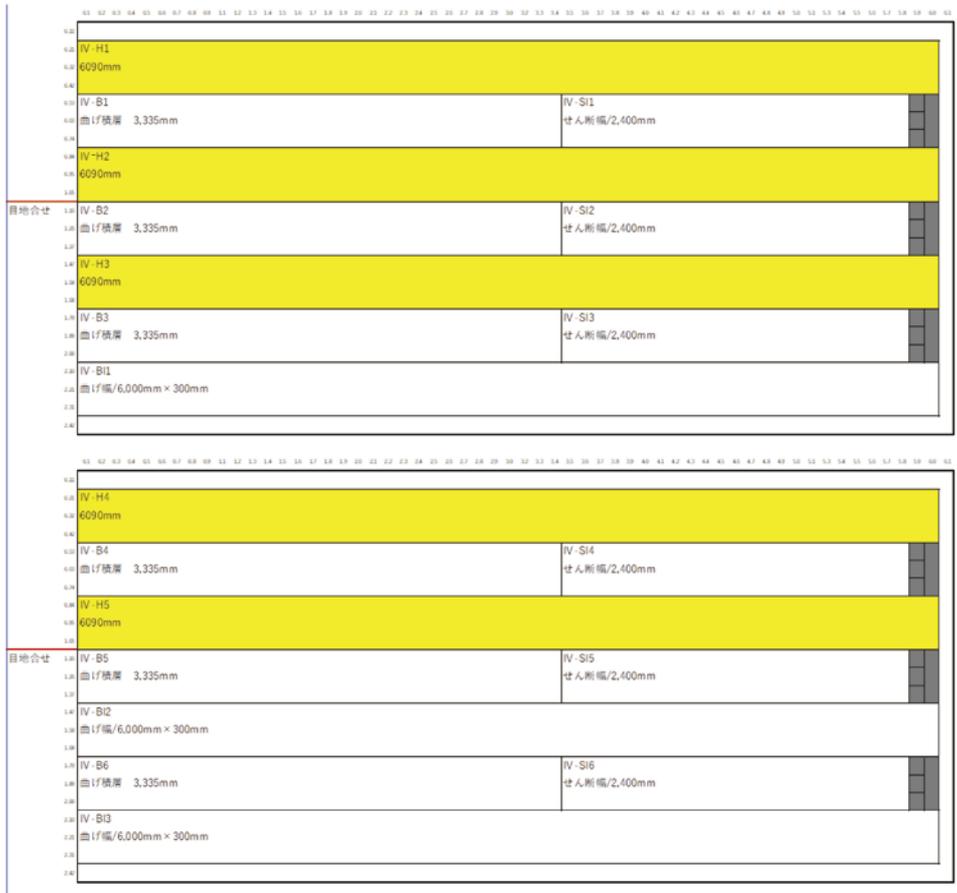


図 2.3.1-1 CLT パネルからの各種試験体の採材パターン

IV-C1 圧縮/870mm	IV-S01 せん断積層/1,015mm	IV-C2 圧縮/870mm	IV-D1 接層/ 300mm	IV-JB1 接合引きボルト1,000	加工 余長 210	IV-JS1 スプライン 400	IV-JS2 スプライン 400	IV-JS3 スプライン 400	
IV-C3 圧縮/870mm	IV-S02 せん断積層/1,015mm	IV-C4 圧縮/870mm	IV-D2 接層/ 300mm	IV-JB2 接合引きボルト1,000	加工 余長 210	IV-JS4 スプライン 400	IV-JS5 スプライン 400	IV-JS6 スプライン 400	
IV-C5 圧縮/870mm	IV-S03 せん断積層/1,015mm	IV-C6 圧縮/870mm	IV-D3 接層/ 300mm	IV-JB3 接合引きボルト1,000	加工 余長 210	IV-JS7 スプライン 400	IV-JS8 スプライン 400	IV-JS9 スプライン 400	
IV-S04 せん断積層/1,015mm	IV-D4 接層/ 300mm	IV-S05 せん断積層/1,015mm	IV-JB4 接合引きボルト1,000	加工 余長 210	IV-JS10 スプライン 400	IV-JS11 スプライン 400	IV-JS12 スプライン 400	IV-JS16 スプライン 400	IV-JS17 スプライン 400
IV-D5 接層/ 300mm	IV-S06 せん断積層/1,015mm	IV-D6 接層/ 300mm	IV-JB5 接合引きボルト1,000	IV-JB6 接合引きボルト1,000	加工 余長 210	IV-JS13 スプライン 400	IV-JS14 スプライン 400	IV-JS15 スプライン 400	IV-JS18 スプライン 400

図 2.3.1-2 軸材状 CLT からの接合試験体等の採材パターン

なお、接合試験体の接合部加工は、ハセベつくば工場において実施した。

また、今回 CLT 製造に用いたラミナの強度性能を把握するためにたて継ぎラミナ試験体を同じ CLT 工場のたて継ぎラインで作製した。たて継ぎラミナは図 2.3.1-1 に示すような FJ の位置を指定した 29mm×105mm×4000mm の材で、外層用、内層用とインサイジングの有無を組み合わせさせた 4 条件で、各 34 枚以上製造した。

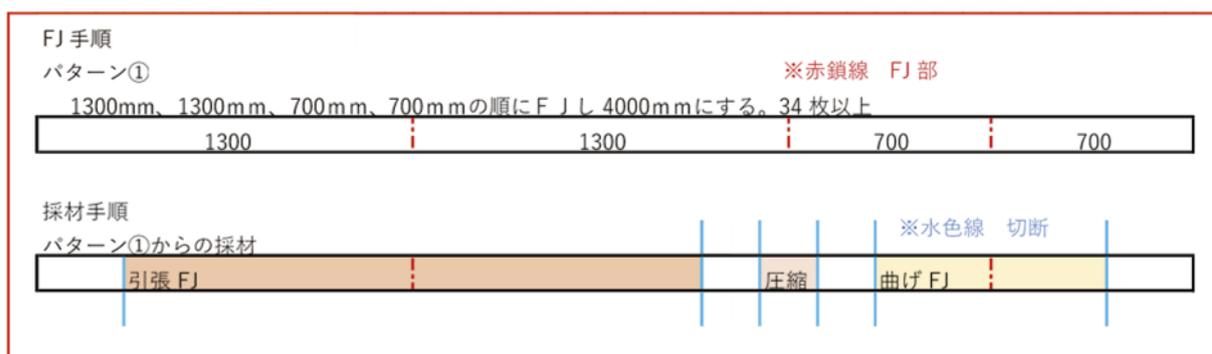


図 2.3.1-3 たて継ぎラミナ試験体の概要

### 2.3.2 ラミナ注入

ラミナ処理試験体における薬剤処理は、大日本木材防腐株式会社が担当して実施した。

#### 1) 材料の納品

令和4年8月31日付で、株式会社サイプレス・スナダヤより CLT ラミナ 1,280 枚の納品があった（写真 2.3.2-1）。材料の明細を表 2.3.2-1 に示す。

表 2.3.2-1 CLT ラミナの明細

品名	樹種	寸法(mm)	強度等級区分	枚数
CLT ラミナ	スギ	w118×t 33×L4,000	外層用	560
			内層用	720

#### 2) インサイジング

令和4年9月8日に、各等級区分枚数のうち半数にラミナ時点でのインサイジング加工を行った（写真 2.3.2-2～3）。

インサイジング機は表 2.3.2-2 の仕様のもので実施したが、材料の厚みの都合上、片面ずつのインサイジング加工を2回施工することで2面のインサイジング加工とした。なお、狭面の 33 mm 厚み部分にはインサイジング加工は実施しなかった。

表 2.3.2-2 インサイジング機の仕様

全国木材検査・研究協会 認証番号	適応樹種	刃数・密度 (個/m <sup>2</sup> )	刃の寸法(mm)		
			厚み	幅	深さ
JLIRA-IS-21	全樹種	4,700	4	10	12



写真 2.3.2-1 ラミナ納品



写真 2.3.2-2 インサイジング

#### 3) 注入前の重量、含水率の測定

令和4年9月12日に、ラミナの重量及び含水率を測定した。重量の測定は注入処理用に一定枚数を結束した状態で、重量計付きのリフトで計測した（トヨタフォ

ークリフト L-239)。

外層用ラミナの一部はインサイジングあり、インサイジングなしの1結束をばらして、1本単位で重量測定を実施した(写真 2.3.2-4)。

含水率の測定は、外層用および内層用ラミナからランダムに60枚を抜き取り、高周波水分計(Merlin社 HM9-WS25)を使用して、材長に対して中央部で計測を行った。

重量の測定結果は表 2.3.2-5、含水率の測定結果は表 2.3.2-3 示す。

表 2.3.2-3 含水率測定結果(単位: %)

区分	平均値	最大値	最小値	変動係数
外層用	11.9	15.8	7.5	0.15
内層用	9.2	13.9	6.5	0.20



写真 2.3.2-3 インサイジング

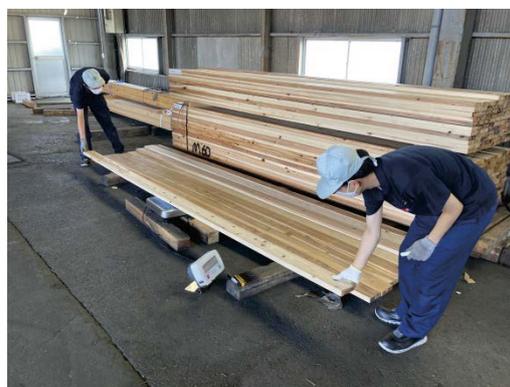


写真 2.3.2-4 重量計測

#### 4) 注入処理

令和4年9月13日に、大日本木材防腐(株)本社工場にて薬剤名タナリスCYを用いて注入処理を行った(写真 2.3.2-5~6)。処理方法はJIS A 9002「木質材料の加圧式保存処理方法」に基づき、処理条件 表 2.3.2-4にて実施した。注入結果を表 2.3.2-5に示す。

処理ラミナは1週間以上の養生の後、人工乾燥およびCLT製造に向けて、株式会社サイプレス・スナダヤに返送した。

表 2.3.2-4 薬剤処理条件

前排気圧力 (時間)	加圧 (時間)	後排気圧力 (時間)	圧入量 (kg/m <sup>3</sup> )	薬剤濃度 (% as CuO)
0.08MPa (0.5hr)	1.60MPa (5.5hr)	0.08MPa (0.5hr)	654	0.25

表 2.3.2-5 注入量の測定結果（結束単位）

区分	No.	インサイジング	入数 (枚)	材積 (m <sup>3</sup> )	初期 重量 (kg)	容積重 (kg/m <sup>3</sup> )	処理後 重量 (kg)	注入量 (kg/m <sup>3</sup> )
外層用	A	なし	104	1.62	770	475	1,630	531
	B		152	2.37	1,070	452	2,450	583
	C		24	0.37				
	ave					461		562
	1	あり	96	1.50	680	455	1,660	655
	2		96	1.50	700	468	1,650	635
	3		83	1.29	620	480	1,420	619
	ave					467		637
内層用	A	なし	112	1.74	670	384	1,880	694
	B		152	2.37	930	393	2,610	710
	C		96	1.50	620	415	1,510	595
	ave					396		674
	1	あり	135	2.10	880	418	2,240	647
	2		135	2.10	900	428	2,280	656
	3		90	1.40	610	435	1,520	649
	ave					426		651

- ※ 各区分の平均値は、材積の要素を掛け合わせて算出している。
- ※ 外層用 No. Cは測定を行わなかった。
- ※ 外層用の材料は5枚をインサイジング機の設定の段階で消費した。



写真 2.3.2-5 注入前材料

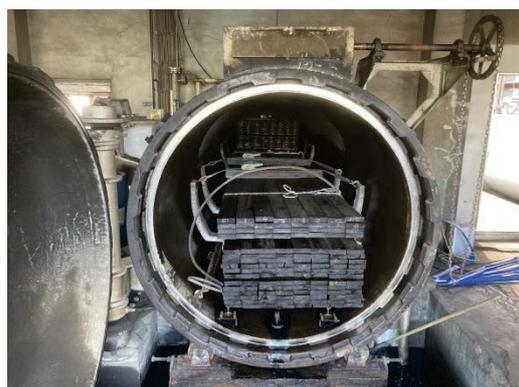


写真 2.3.2-6 注入処理後

5) 結束内の注入量分布

表 2.3.2-5 中の、外層用 No. A (インサイジングなし) および外層用 No. 1 (インサイジングあり) の材料は、1 本ごとの注入量を測定した。結果を表 2.3.2-6 および図 2.3.2-7 に示す。

表 2.3.2-6 1 本単位での注入量測定結果

区分	インサイジング	注入量(kg/m <sup>3</sup> )			
		平均	最大	最小	変動係数
外層用 No. A	なし	547	760	399	0.15
内層用 No. 1	あり	635	754	518	0.09

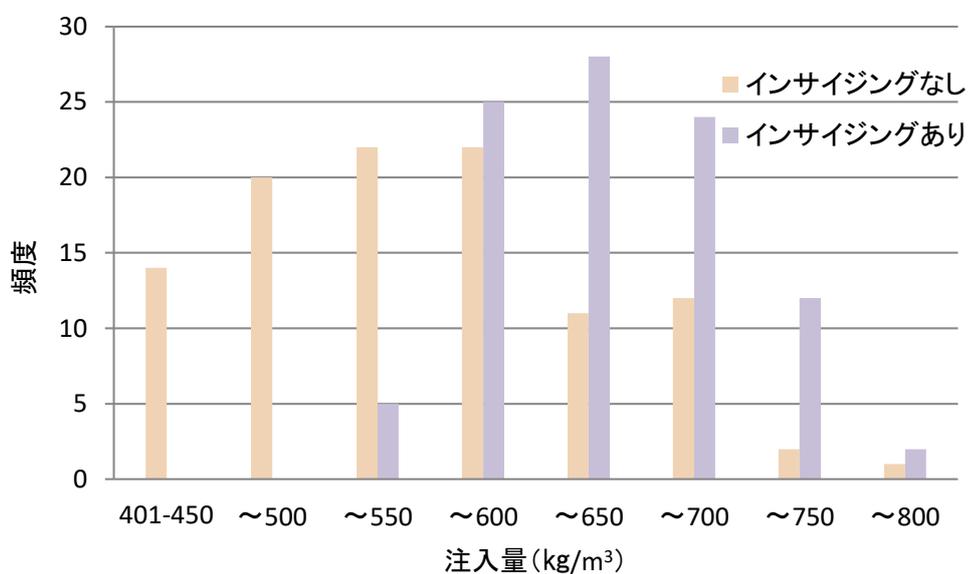


図 2.3.2-7 1 本単位での注入量ヒストグラム

6) 考察

表 2.3.2-5 の各区分の平均値を用いて、注入前の含水率を 10%、木材の真比重を 1.5、薬液の比重を 1.0 として算出した体積構成比率を、図 2.3.2-8 に示す。

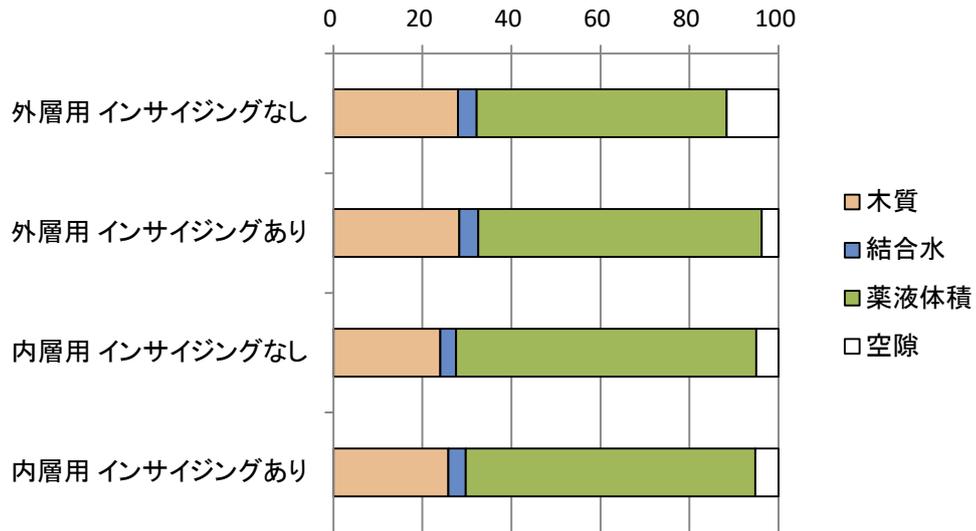


図 2.3.2-8 注入後の体積構成比率 (百分率)

図 2.3.2-8 の構成比率の値から、本注入では材料全体に対して十分な注入が実施できたと考えられた。インサイジングの実施は、外層用のラミナに対しては注入量が上昇したこと、変動係数の減少や図 2.3.2-7 に観られるようにバラツキを小さくする効果があった。

内層用ラミナについては、インサイジングなしの状態ですべてのレベルでの注入量が確保されたため、インサイジングの効果は観察されなかった。

## 2.3.3 強度性能

### 2.3.3.1 ラミナの強度性能

#### 2.3.3.1.1 供試体

CUAZ 処理・インサイジングなし・外層用、CUAZ 処理・インサイジングなし・内層用、CUAZ 処理・インサイジングあり・外層用、CUAZ 処理・インサイジングあり・内層用の 4 種類のラミナを供試体とした。寸法はいずれも厚さ 29mm×幅 105mm×長さ 3900mm であり、複数のフィンガージョイント (FJ) を有している。供試体の概要を表 2.3.3.1.1-1 に示す。これらの供試体から、FJ 位置がそれぞれほぼ中央になるようにしてフラットワイズ曲げ試験体、縦引張試験体、縦圧縮試験体を採材した。採取パターンを図 2.3.3.1.1-1 に示す。

表 2.3.3.1.1-1 ラミナ供試体の概要

保存処理材	インサイジングの有無	ラミナ分類	本数
CUAZ	なし	外層用	48
		内層用	32
	あり	外層用	42
		内層用	44

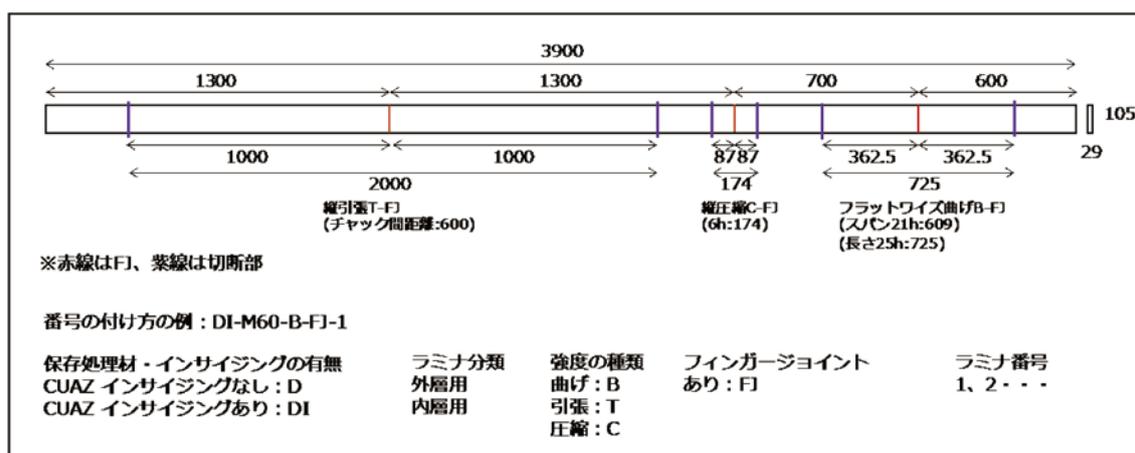


図 2.3.3.1.1-1 ラミナ供試体からの採材パターン

#### 2.3.3.1.2 FJラミナのフラットワイズ曲げ試験

##### (1) 試験方法

曲げ試験に先立ち、密度、縦振動法によるヤング係数を測定した。フラットワイズ曲げ試験は直交集成板の JAS のラミナの曲げ C 試験に従って行った。すなわち、スパン (609mm) を厚さ (29mm) の 21 倍とした 3 等分点 4 点曲げ試験とした。FJ は荷重点内に配置した。材料試験機 (ミネベア製 TCM10000) により载荷した。クロスヘッド速度は 10mm/min とした。試験体の側面中央部に変位計 (東京測器研究所製 CDP-50) を設置し試験体の全たわみを測定した。試験終了後、全たわみから求めた見かけの曲げヤング係数、比例限度応力、曲げ強度を算出した。また、破壊後の試験体の FJ の両側から長さが約 20mm の含水率測定用試験体を 1 体ずつ切り出し、全乾法で含水率を測定した。試験体の含水率は両含水率試験体の平均値とした。曲げ試験の様子を写真 2.3.3.1.2-1~2 に示す。



写真 2.3.3.1.2-1~2 FJ ラミナのフラットワイズ曲げ試験の様子

(2) 結果

FJ ラミナのフラットワイズ曲げ試験の結果の概要を表 2.3.3.1.2-1 に示すとともに、各グループの破壊形態の例を写真 2.3.3.1.2-3~12 に示す。大部分の試験体が FJ 部で破壊したが、一部の試験体で節や繊維傾斜を含んで破壊した試験体も存在した。インサイジングあり外層用の 1 体で FJ で抜けた試験体があった (写真 2.3.3.1.2-9~10)。この試験体は他の試験体に比べて曲げ強度が大きく低下していた。

表 2.3.3.1.2-1 FJラミナのフラットワイズ曲げ試験の結果の概要

試験体概要		密度	含水率	縦振動法の ヤング係数	見かけの 曲げヤング係数	比例限度 応力	曲げ強度
		(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kN/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
処理区分：ラミナ処理	試験体数	48	48	48	48	48	48
保存処理材：CUAZ	平均値	433	9.06	10.9	9.56	34.7	35.0
インサイジング：なし	最小値	378	8.08	8.26	7.35	26.0	26.9
記号：D	最大値	480	10.6	14.6	11.9	46.4	46.4
分類：外層用	標準偏差	24.7	0.533	1.37	1.08	4.76	4.52
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	5.70	5.88	12.6	11.3	13.7	12.9
処理区分：ラミナ処理	試験体数	32	32	32	32	32	32
保存処理材：CUAZ	平均値	382	8.61	5.73	5.03	21.3	21.8
インサイジング：なし	最小値	324	8.00	4.29	3.79	6.06	8.04
記号：D	最大値	460	10.5	8.73	7.92	32.8	32.8
分類：内層用	標準偏差	32.4	0.516	0.868	0.811	5.34	5.08
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	8.49	6.00	15.1	16.1	25.1	23.3
処理区分：ラミナ処理	試験体数	42	42	42	42	42	42
保存処理材：CUAZ	平均値	451	8.73	10.1	8.06	29.8	31.0
インサイジング：あり	最小値	358	7.75	7.48	5.85	5.82	9.22
記号：DI	最大値	529	9.84	14.2	10.5	38.9	40.5
分類：外層用	標準偏差	41.7	0.392	1.25	1.11	5.87	5.41
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	9.24	4.50	12.4	13.8	19.7	17.4
処理区分：ラミナ処理	試験体数	44	44	44	44	44	44
保存処理材：CUAZ	平均値	400	8.31	6.69	5.34	21.2	22.3
インサイジング：あり	最小値	327	7.29	5.33	3.86	10.5	10.5
記号：DI	最大値	503	8.98	8.19	6.45	29.6	30.6
分類：内層用	標準偏差	36.9	0.378	0.722	0.558	4.27	4.20
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	9.21	4.55	10.8	10.4	20.1	18.8

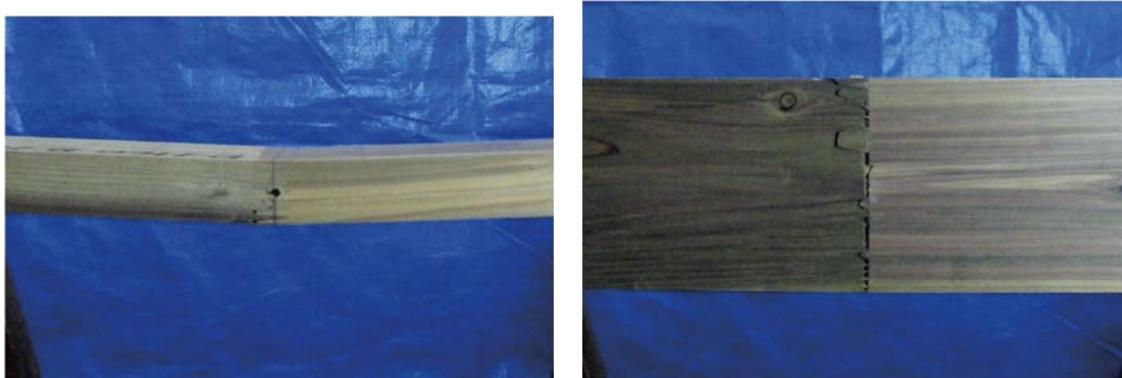


写真 2.3.3.1.2-3~4 インサイジングなし外層用の破壊形態の例 (No. 3) FJによる破壊

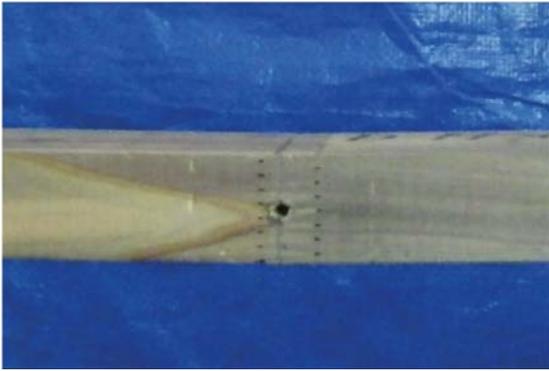


写真 2.3.3.1.2-5~6 インサイジングなし内層用の破壊形態の例 (No. 15) FJ+欠けによる破壊



写真 2.3.3.1.2-7~8 インサイジングあり外層用の破壊形態の例 (No. 18) 繊維傾斜+FJによる破壊

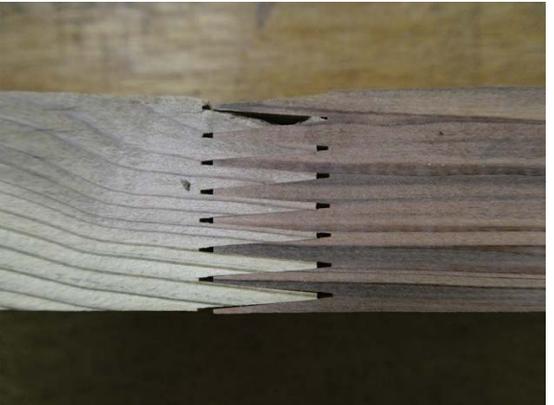
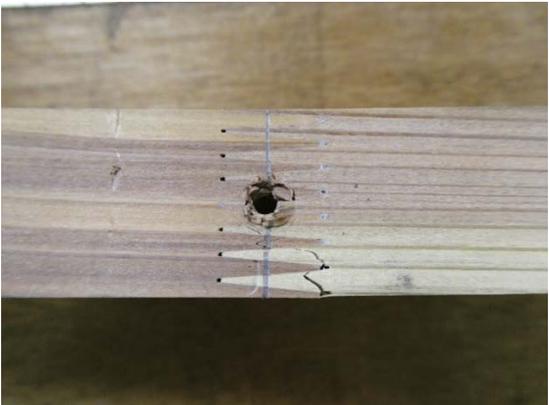


写真 2.3.3.1.2-9~10 インサイジングあり外層用の破壊形態の例 (No. 42) FJ 抜けによる破壊



写真 2.3.3.1.2-11~12 インサイジングあり内層用の破壊形態の例 (No.14) FJ+繊維傾斜+節による破壊

見かけの曲げヤング係数および曲げ強度の平均値および 5%下限値を JAS 基準値と比較したものを表 2.3.3.1.2-2~3 に示す。

見かけの曲げヤング係数について、インサイジングなし外層用は平均値・下限値とも M90A 相当であった。インサイジングあり外層用は平均値・下限値とも M60A 相当であった。インサイジングなし内層用とインサイジングあり内層用は平均値・下限値とも M30A 相当であった。

曲げ強度について、インサイジングなし外層用は平均値・下限値とも M90A 相当であった。インサイジングあり外層用は平均値は M60A 相当であったが、下限値は M30A 相当であった。下限値が M60A 相当を下回ったのは、1 体の FJ 抜けした曲げ強度の低い試験体 (DI-M60-B-FJ-42、 $9.2 \text{ N/mm}^2$ ) が影響したと考えられる。なお、正規分布を仮定して 5%下限値を算出すると、インサイジングあり外層用の下限値は  $21.1 \text{ N/mm}^2$  となり、M60A の基準強度相当であった。インサイジングなし内層用とインサイジングあり内層用は平均値では M30A 相当であったが、下限値は M30A の基準値をともに下回った。これは一部の曲げ強度の低い試験体 (例えば写真 2.3.3.1.2-5~6 に示した D-M30-B-FJ-15 の曲げ強度は  $8.04 \text{ N/mm}^2$  であった) が影響したと考えられる。なお、正規分布を仮定して 5%下限値を算出すると、インサイジングなし内層用とインサイジングあり内層用でそれぞれ  $12.3 \text{ N/mm}^2$ 、 $14.6 \text{ N/mm}^2$  となり、インサイジングあり内層用は M30A の下限値を上回るが、インサイジングなし内層用は M30A の下限値を下回った。

表 2.3.3.1.2-2 見かけの曲げヤング係数の JAS 基準値との比較 (単位: kN/mm<sup>2</sup>)

JAS 等級または本試験体	平均値	下限値
M90A	9.0	7.5
M60A	6.0	5.0
M30A	3.0	2.5
インサイジングなし外層用	9.56	7.78
インサイジングあり外層用	8.06	5.95
インサイジングなし内層用	5.03	3.81
インサイジングあり内層用	5.34	4.09

注：下限値は ASTM D2915 に基づいた信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値 (順位法) である。

表 2.3.3.1.2-3 曲げ強度の JAS 基準値との比較 (単位: N/mm<sup>2</sup>)

JAS 等級または本試験体	平均値	下限値
M90A	34.5	26.0
M60A	27.0	20.0
M30A	19.5	14.5
インサイジングなし外層用	35.0	27.4
インサイジングあり外層用	31.0	16.6
インサイジングなし内層用	21.8	8.91
インサイジングあり内層用	22.3	13.1

注：下限値は ASTM D2915 に基づいた信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値 (順位法) である。

縦振動法のヤング係数、見かけの曲げヤング係数、曲げ強度におけるインサイジングの有無の影響について、t 検定により平均値を比較したものを図 2.3.3.1.2-1~6 に示す。有意水準 5% で有意差があったもののみ  $p$  値を示した (以下同様)。外層用ではいずれの物性値においても有意にインサイジングなしの方が高い値を示した。内層用では縦振動法のヤング係数のみ、外層用とは逆にインサイジングありの方が高い値を示し、他は有意差はなかった。これまでの製材品等の知見から、インサイジングが縦振動法のヤング係数に及ぼす影響は小さいと考えられる。外層用では見かけの曲げヤング係数と曲げ強度の  $p$  値が縦振動法のヤング係数よりも小さくなっていること、内層用では縦振動法のヤング係数で見られた有意差が見かけの曲げヤング係数と曲げ強度で見られないことを考えると、インサイジングが見かけの曲げヤング係数と曲げ強度を低下させる可能性は否定できないと考えられる。

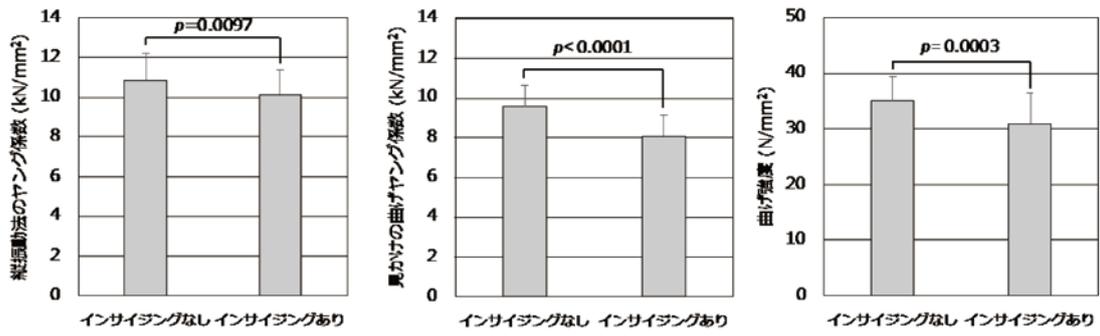


図 2.3.3.1.2-1~3 インサイジングの有無による平均値の比較（外層用）

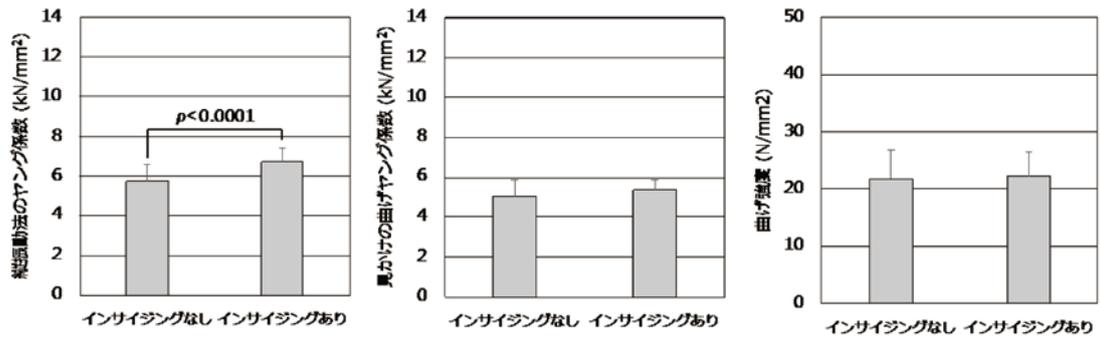


図 2.3.3.1.2-4~6 インサイジングの有無による平均値の比較（内層用）

フラットワイズ曲げ試験のすべての結果を表 2.3.3.1.2-4~7 に示す。

表 2.3.3.1.2-4 CUAZ 処理・インサイジングなし・外層用のフラットワイズ曲げ試験結果

試験体番号	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)	縦振動法の ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	見かけの 曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	比例限度 応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破壊形態
D M60 B FJ 1	437	8.54	8.87	7.89	29.8	29.8	FJ
D M60 B FJ 2	392	8.26	10.8	9.46	26.0	26.9	FJ
D M60 B FJ 3	436	8.27	10.4	9.66	35.2	35.2	FJ
D M60 B FJ 4	458	8.68	10.7	9.34	39.1	39.1	FJ
D M60 B FJ 5	409	9.31	10.9	9.84	34.0	34.0	FJ
D M60 B FJ 6	431	9.01	11.9	10.6	42.5	42.7	FJ
D M60 B FJ 7	435	8.99	11.2	10.1	39.7	39.7	FJ
D M60 B FJ 8	404	8.32	11.6	9.87	34.3	34.9	FJ
D M60 B FJ 9	412	8.20	11.2	9.63	30.6	32.1	FJ
D M60 B FJ 10	454	9.39	10.9	9.57	35.6	35.6	FJ
D M60 B FJ 11	394	9.33	9.81	8.67	29.0	29.0	FJ
D M60 B FJ 12	434	8.41	12.7	11.3	32.8	32.8	FJ
D M60 B FJ 13	442	10.0	11.8	11.0	35.5	35.5	FJ
D M60 B FJ 14	421	8.61	12.7	11.3	34.1	34.1	FJ
D M60 B FJ 15	462	8.85	9.18	8.52	29.5	29.5	FJ
D M60 B FJ 16	415	9.02	9.44	9.05	31.8	31.8	FJ
D M60 B FJ 17	416	9.13	9.25	8.15	29.3	29.3	FJ
D M60 B FJ 18	459	9.68	9.55	8.26	37.2	37.2	FJ+K
D M60 B FJ 19	464	9.33	9.28	8.58	37.9	37.9	FJ
D M60 B FJ 20	475	9.17	9.97	8.99	33.0	33.0	FJ
D M60 B FJ 21	441	9.61	11.8	10.3	35.6	35.6	FJ
D M60 B FJ 22	439	9.87	10.6	9.36	42.6	42.6	FJ
D M60 B FJ 23	378	8.43	11.8	9.37	38.0	38.0	FJ
D M60 B FJ 24	449	9.64	13.7	11.6	40.6	40.8	FJ
D M60 B FJ 25	394	8.98	10.1	9.15	32.1	32.1	FJ
D M60 B FJ 26	427	8.68	12.4	10.6	33.8	35.2	FJ
D M60 B FJ 27	402	9.19	10.3	9.02	27.5	27.5	FJ
D M60 B FJ 28	405	8.08	11.7	10.3	38.3	38.3	FJ
D M60 B FJ 29	448	8.93	11.2	10.2	34.5	35.4	FJ
D M60 B FJ 30	439	9.38	9.72	8.80	32.7	32.7	FJ
D M60 B FJ 31	449	9.39	9.26	8.49	39.8	40.3	FJ
D M60 B FJ 32	436	9.19	12.3	11.4	41.0	41.0	FJ
D M60 B FJ 33	480	9.01	9.34	8.18	41.3	41.3	FJ+K
D M60 B FJ 34	425	9.27	8.26	7.35	27.1	31.5	FJ
D M60 B FJ 35	462	9.27	9.35	8.25	32.2	32.4	FJ
D M60 B FJ 36	385	9.30	10.5	9.48	38.4	38.4	FJ
D M60 B FJ 37	405	9.00	10.9	9.63	28.2	29.3	FJ
D M60 B FJ 38	424	9.38	9.91	9.77	34.1	34.1	FJ
D M60 B FJ 39	475	9.61	14.6	11.9	33.3	33.3	FJ
D M60 B FJ 40	453	8.87	10.3	8.89	35.8	35.8	FJ
D M60 B FJ 41	442	8.28	12.0	9.92	33.1	33.1	FJ+K
D M60 B FJ 42	447	9.11	13.4	11.2	27.9	30.8	FJ
D M60 B FJ 43	433	8.98	10.2	9.17	31.6	31.6	FJ
D M60 B FJ 44	455	10.6	10.9	8.61	28.0	28.0	FJ
D M60 B FJ 45	431	8.85	11.2	10.0	42.2	42.5	FJ
D M60 B FJ 46	434	8.57	9.76	8.36	36.4	36.4	FJ
D M60 B FJ 47	461	10.04	12.8	11.1	46.4	46.4	FJ
D M60 B FJ 48	425	8.84	10.5	8.90	34.0	34.0	FJ

注：便宜的に記号を M60 としている。破壊形態について、FJ はフィンガージョイント、K は節によるものである。

表 2.3.3.1.2-5 CUAZ 処理・インサイジングなし・内層用のフラットワイズ曲げ試験結果

試験体番号	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)	縦振動法の	見かけの	比例限度	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破壊形態
			ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	応力 (N/mm <sup>2</sup> )		
D M30 B FJ 1	399	9.28	5.43	4.57	25.1	25.1	FJ
D M30 B FJ 2	401	8.75	5.63	5.15	20.8	20.8	FJ
D M30 B FJ 3	356	8.22	6.29	5.56	30.0	30.5	FJ
D M30 B FJ 4	359	8.17	4.47	3.93	23.8	23.8	FJ
D M30 B FJ 5	345	8.10	6.15	5.52	17.8	17.8	FJ
D M30 B FJ 6	384	8.94	5.49	4.92	25.7	25.7	FJ
D M30 B FJ 7	364	8.15	5.02	4.26	13.5	13.5	FJ
D M30 B FJ 8	376	8.01	4.86	4.10	25.3	25.3	FJ
D M30 B FJ 9	377	8.25	6.81	5.68	23.3	23.3	FJ
D M30 B FJ 10	353	8.60	6.57	5.44	21.5	21.6	FJ
D M30 B FJ 11	346	8.67	5.69	4.77	19.2	19.2	FJ
D M30 B FJ 12	389	8.65	5.87	5.30	15.1	15.8	FJ
D M30 B FJ 13	370	10.5	8.73	7.92	32.8	32.8	FJ
D M30 B FJ 14	378	8.43	5.48	4.92	20.3	22.6	FJ
D M30 B FJ 15	398	8.72	4.86	4.05	6.06	8.04	FJ+欠け
D M30 B FJ 16	352	8.12	4.97	4.45	21.2	21.5	FJ
D M30 B FJ 17	418	8.94	4.69	4.16	18.6	18.6	FJ
D M30 B FJ 18	373	8.53	4.84	4.07	14.7	14.7	FJ
D M30 B FJ 19	396	8.61	6.26	5.51	25.2	27.0	FJ+K
D M30 B FJ 20	344	8.21	6.67	6.08	19.4	21.2	FJ
D M30 B FJ 21	324	8.46	6.00	5.37	20.0	20.0	FJ
D M30 B FJ 22	370	8.41	5.26	4.54	21.5	21.7	FJ
D M30 B FJ 23	361	8.54	6.95	5.82	20.7	21.2	FJ
D M30 B FJ 24	403	8.72	5.66	4.74	16.8	18.5	FJ
D M30 B FJ 25	460	8.82	5.98	4.67	28.3	28.3	FJ
D M30 B FJ 26	359	8.28	6.41	5.66	20.6	20.7	FJ
D M30 B FJ 27	423	9.51	5.69	5.22	26.5	26.5	FJ
D M30 B FJ 28	408	8.00	5.86	5.51	28.9	28.9	FJ
D M30 B FJ 29	348	8.66	5.62	4.98	18.8	18.8	FJ
D M30 B FJ 30	400	8.02	4.29	3.79	15.9	18.6	FJ
D M30 B FJ 31	442	9.10	5.43	4.92	20.8	21.4	FJ
D M30 B FJ 32	447	9.11	5.53	5.39	22.5	22.5	FJ

注：便宜的に記号を M30 としている。破壊形態について、FJ はフィンガージョイント、K は節によるものである。

表 2.3.3.1.2-6 CUAZ 処理・インサイジングあり・外層用のフラットワイズ曲げ試験結果

試験体番号	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)	縦振動法の ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	見かけの 曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	比例限度 応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破壊形態
DI M60 B FJ 1	451	8.39	9.51	7.40	27.2	27.2	FJ
DI M60 B FJ 2	382	8.32	9.62	7.12	25.3	26.5	FJ
DI M60 B FJ 3	487	8.22	9.30	7.80	28.6	29.9	FJ+荷重点直下材縁部
DI M60 B FJ 4	418	8.10	10.0	7.46	32.9	33.0	K(荷重点直下)
DI M60 B FJ 5	426	8.62	7.48	5.85	25.3	25.3	FJ
DI M60 B FJ 6	492	9.08	10.8	9.28	32.1	32.2	FJ
DI M60 B FJ 7	358	8.86	9.36	7.55	36.2	36.7	FJ
DI M60 B FJ 8	427	8.42	11.4	8.80	38.9	40.5	FJ
DI M60 B FJ 9	429	8.73	8.57	6.97	33.2	33.2	FJ
DI M60 B FJ 10	509	9.02	10.6	9.62	38.2	38.8	FJ
DI M60 B FJ 11	475	9.84	7.91	6.04	22.4	22.4	FJ+K
DI M60 B FJ 12	434	8.64	11.6	8.57	29.1	32.1	FJ
DI M60 B FJ 13	485	9.19	10.5	8.33	37.5	37.5	FJ
DI M60 B FJ 14	473	8.85	11.7	9.49	27.3	27.4	FJ
DI M60 B FJ 15	390	9.05	9.38	7.62	29.9	30.5	FJ
DI M60 B FJ 16	418	8.45	9.65	7.56	26.9	27.0	FJ+K
DI M60 B FJ 17	451	8.62	9.96	8.18	34.7	36.0	FJ
DI M60 B FJ 18	446	8.84	9.49	8.47	27.4	27.6	繊維傾斜+K
DI M60 B FJ 19	505	8.98	9.68	7.60	28.2	28.2	FJ
DI M60 B FJ 20	465	8.36	9.22	8.31	29.2	33.5	FJ
DI M60 B FJ 21	509	9.09	10.9	8.59	36.3	36.6	FJ
DI M60 B FJ 22	486	8.25	11.5	9.06	32.6	32.7	FJ
DI M60 B FJ 23	453	8.61	9.07	7.21	31.6	31.9	FJ
DI M60 B FJ 24	389	8.97	9.24	7.56	25.8	27.5	FJ
DI M60 B FJ 25	461	8.73	11.3	8.62	29.1	31.6	FJ
DI M60 B FJ 26	447	8.57	9.26	6.88	28.7	28.7	FJ
DI M60 B FJ 27	463	8.83	9.87	8.43	37.8	38.2	FJ
DI M60 B FJ 28	529	9.10	14.2	10.5	22.4	28.2	FJ
DI M60 B FJ 29	417	8.97	9.57	7.54	27.6	29.9	FJ
DI M60 B FJ 30	462	8.40	11.1	8.88	27.5	31.5	FJ
DI M60 B FJ 31	394	8.88	10.6	7.67	29.7	29.7	FJ
DI M60 B FJ 32	381	8.65	10.4	7.19	23.3	27.9	FJ
DI M60 B FJ 33	488	8.54	11.7	9.95	31.0	33.4	FJ
DI M60 B FJ 34	482	9.82	11.3	8.93	36.1	37.5	FJ
DI M60 B FJ 35	527	8.87	11.9	10.3	36.2	37.4	FJ
DI M60 B FJ 36	440	8.58	9.82	7.52	24.5	27.8	FJ
DI M60 B FJ 37	458	8.84	9.72	7.99	32.2	32.2	FJ
DI M60 B FJ 38	491	8.57	11.5	9.84	33.4	33.4	FJ
DI M60 B FJ 39	439	8.88	8.76	7.12	26.4	26.4	FJ
DI M60 B FJ 40	392	8.70	9.18	6.98	34.4	34.4	FJ
DI M60 B FJ 41	474	8.41	8.84	7.73	30.2	30.7	FJ
DI M60 B FJ 42	443	7.75	9.47	6.04	5.82	9.22	FJ(抜け)

注：便宜的に記号を M60 としている。破壊形態について、FJ はフィンガージョイント、K は節によるものである。

表 2.3.3.1.2-7 CUAZ 処理・インサイジングあり・内層用のフラットワイズ曲げ試験結果

試験体番号	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)	縦振動法の	見かけの	比例限度	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破壊形態
			ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	応力 (N/mm <sup>2</sup> )		
DI M30 B FJ 1	372	7.71	5.33	4.89	14.8	14.8	FJ
DI M30 B FJ 2	386	8.16	5.50	4.23	10.5	10.5	K
DI M30 B FJ 3	384	8.21	6.69	5.41	20.9	23.0	FJ
DI M30 B FJ 4	410	8.96	7.50	5.55	24.1	26.4	FJ
DI M30 B FJ 5	389	8.34	6.50	4.88	19.5	19.5	FJ+K
DI M30 B FJ 6	413	8.31	5.90	4.91	20.7	21.5	FJ
DI M30 B FJ 7	327	8.66	6.48	4.65	19.1	20.2	FJ
DI M30 B FJ 8	380	7.92	7.17	5.74	27.1	28.1	FJ
DI M30 B FJ 9	371	8.92	5.91	5.08	20.4	20.8	FJ
DI M30 B FJ 10	442	8.43	6.48	5.20	26.9	27.4	FJ+K
DI M30 B FJ 11	358	8.40	6.87	5.14	13.6	15.5	FJ+K
DI M30 B FJ 12	412	8.32	6.05	5.20	19.9	23.2	FJ
DI M30 B FJ 13	400	8.26	6.68	5.54	19.5	20.3	FJ
DI M30 B FJ 14	393	8.06	6.60	5.42	21.4	24.6	FJ+繊維傾斜+K
DI M30 B FJ 15	404	8.85	5.73	4.62	20.7	20.7	FJ
DI M30 B FJ 16	439	8.46	7.13	5.33	24.7	24.7	FJ
DI M30 B FJ 17	390	8.28	6.79	5.21	17.9	20.7	FJ
DI M30 B FJ 18	436	8.34	7.04	5.47	20.4	20.4	FJ
DI M30 B FJ 19	451	8.51	6.37	5.31	25.4	25.4	FJ+K
DI M30 B FJ 20	435	8.49	7.60	6.26	27.5	27.5	FJ
DI M30 B FJ 21	337	8.38	5.46	3.86	13.7	14.5	FJ+K
DI M30 B FJ 22	343	8.50	6.82	5.70	20.3	24.5	FJ
DI M30 B FJ 23	365	8.52	7.97	5.95	22.6	23.6	FJ
DI M30 B FJ 24	366	8.32	5.95	4.59	18.2	20.2	FJ
DI M30 B FJ 25	376	8.05	8.19	5.90	22.6	22.6	FJ
DI M30 B FJ 26	384	8.18	7.03	5.48	22.9	24.7	FJ
DI M30 B FJ 27	467	8.92	7.95	6.45	29.6	30.6	FJ
DI M30 B FJ 28	380	7.98	7.00	5.41	24.6	24.6	FJ
DI M30 B FJ 29	384	8.81	6.20	5.17	18.3	18.9	FJ
DI M30 B FJ 30	402	7.74	7.50	6.08	21.8	23.0	FJ
DI M30 B FJ 31	503	8.31	6.67	5.62	26.2	28.7	FJ
DI M30 B FJ 32	445	7.76	7.74	6.03	24.6	25.4	FJ
DI M30 B FJ 33	485	8.15	6.90	5.95	28.8	29.3	FJ
DI M30 B FJ 34	429	8.98	5.69	5.04	21.6	22.0	FJ+K
DI M30 B FJ 35	406	8.26	7.83	6.16	26.2	26.6	FJ
DI M30 B FJ 36	405	8.47	6.54	5.15	19.0	19.0	FJ+K
DI M30 B FJ 37	389	8.67	6.37	5.28	20.7	20.7	FJ
DI M30 B FJ 38	421	8.60	6.80	5.45	21.1	23.2	FJ
DI M30 B FJ 39	382	8.64	6.81	5.51	25.3	25.3	FJ
DI M30 B FJ 40	382	7.99	6.62	5.33	13.4	16.7	FJ
DI M30 B FJ 41	406	7.57	6.77	5.84	22.3	22.5	FJ
DI M30 B FJ 42	425	8.18	6.16	4.85	20.1	20.1	FJ
DI M30 B FJ 43	371	7.93	5.63	4.21	15.8	18.3	FJ
DI M30 B FJ 44	368	7.29	7.46	5.93	18.9	20.0	FJ

注：便宜的に記号を M30 としている。破壊形態について、FJ はフィンガージョイント、K は節によるものである。

### 2.3.3.1.3 FJラミナの縦圧縮試験

#### (1) 試験方法

縦圧縮試験に先立ち密度を測定した。試験体長さを断面短辺の6倍とした縦圧縮試験を行った。最大容量が3000kNの圧縮試験機（前川試験機製作所製 A-300-B4）により荷重レンジを300kNとして、球座を有する加力ヘッドにより載荷した。最大荷重に達するまでの時間が約1～2分になるように荷重速度を調整した。試験終了後、最大荷重から縦圧縮強度を算出した。また、破壊後の試験体全体を用いて全乾法で含水率を測定した。

試験の様子を写真2.3.3.1.3-1～2に示す。



写真 2.3.3.1.3-1～2 FJラミナの縦圧縮試験の様子

#### (2) 結果

FJラミナの縦圧縮試験の結果の概要を表2.3.3.1.3-1に示すとともに、各グループの破壊形態の例を写真2.3.3.1.3-3～4に示す。大部分はFJ部の潰れにより破壊したが、インサイジングありの試験体では、一部でインサイジングに沿った破壊も見られた（写真2.3.3.1.3-5～6）。

表 2.3.3.1.3-1 FJ ラミナの縦圧縮試験の結果の概要

試験体概要		密度	含水率	縦圧縮強度
		(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(N/mm <sup>2</sup> )
処理区分：ラミナ処理	試験体数	48	48	48
保存処理材：CUAZ	平均値	439	9.74	43.0
インサイジング：なし	最小値	377	8.98	28.4
記号：D	最大値	505	10.5	49.6
分類：外層用	標準偏差	29.6	0.285	4.02
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	6.73	2.93	9.35
処理区分：ラミナ処理	試験体数	32	32	32
保存処理材：CUAZ	平均値	381	9.78	29.3
インサイジング：なし	最小値	326	9.41	19.0
記号：D	最大値	432	10.2	35.7
分類：内層用	標準偏差	27.1	0.213	3.18
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	7.13	2.18	10.8
処理区分：ラミナ処理	試験体数	42	42	42
保存処理材：CUAZ	平均値	451	9.64	39.2
インサイジング：あり	最小値	391	8.93	27.6
記号：DI	最大値	545	10.2	48.1
分類：外層用	標準偏差	34.3	0.273	4.46
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	7.59	2.84	11.4
処理区分：ラミナ処理	試験体数	44	44	44
保存処理材：CUAZ	平均値	411	9.61	31.1
インサイジング：あり	最小値	343	9.14	26.5
記号：DI	最大値	474	10.4	36.9
分類：内層用	標準偏差	36.0	0.320	2.74
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	8.78	3.33	8.82

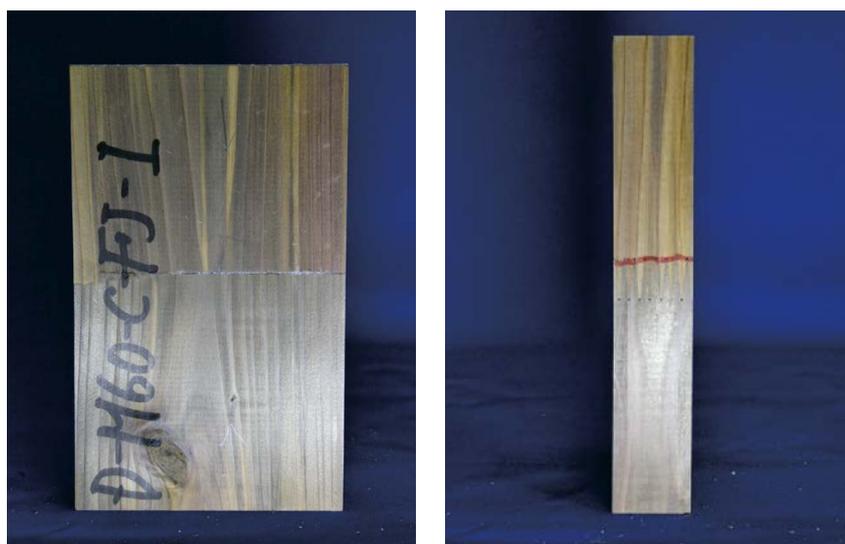


写真 2.3.3.1.3-3~4 インサイジングなし外層用の破壊形態の例

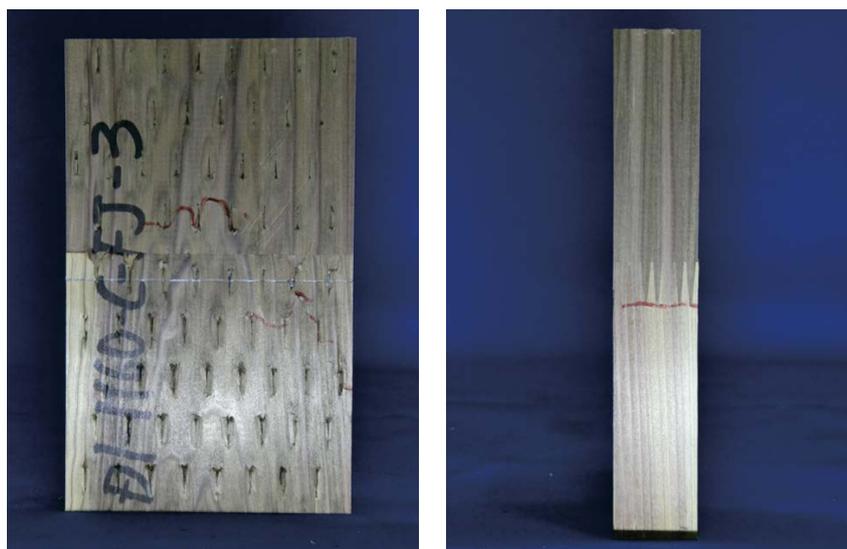


写真 2.3.3.1.3-5~6 インサイジングあり外層用の破壊形態の例

縦圧縮強度の平均値および5%下限値を表 2.3.3.1.3-2 に示す。

表 2.3.3.1.3-2 縦圧縮強度の平均値および5%下限値（単位：N/mm<sup>2</sup>）

JAS 等級または本試験体	平均値	下限値
インサイジングなし外層用	43.0	32.2
インサイジングあり外層用	39.2	29.1
インサイジングなし内層用	29.3	19.9
インサイジングあり内層用	31.1	26.5

注：下限値は ASTM D2915 に基づいた信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値（順位法）である。

縦圧縮強度におけるインサイジングの有無の影響について、t 検定により平均値を比較したものを図 2.3.3.1.3-1~2 に示す。

外層用では有意にインサイジングなしの方が高い値を示した。逆に内層用では有意にインサイジングありの方が高い値を示した。これらの原因は明らかではないが、内層用の試験体について、フラットワイズ曲げ試験体と後述する縦引張試験体の縦振動法のヤング係数はインサイジングありの方がインサイジングなしよりも平均値で有意に高い値を示しており、このことが影響した可能性がある。なお、縦圧縮試験体は長さが短いこともあり縦振動法のヤング係数は測定していない。

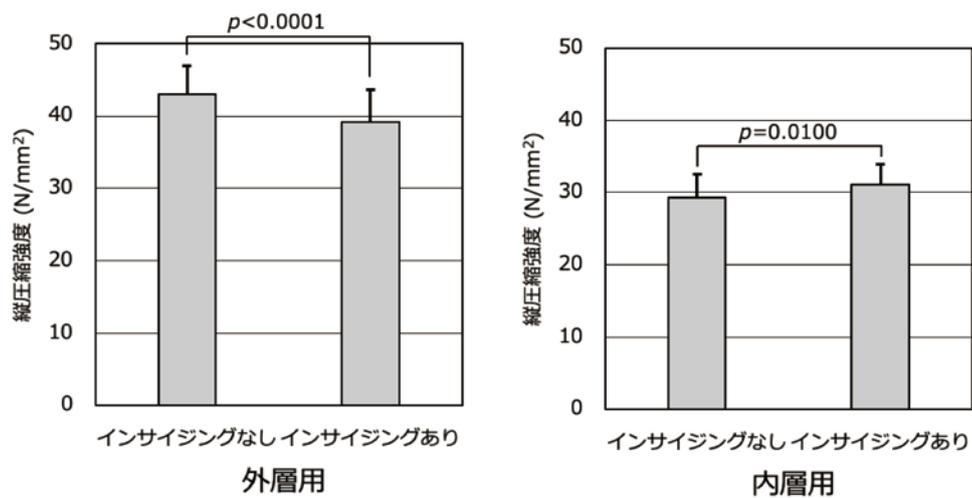


図 2.3.3.1.3-1~2 インサイジングの有無による縦圧縮強度の平均値の比較

縦圧縮試験のすべての結果を表 2.3.3.1.3-3~6 に示す。

表 2.3.3.1.3-3 CUAZ 処理・インサイジングなし・外層用の縦圧縮試験結果

試験体番号					密度	含水率	縦圧縮強度
					(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(N/mm <sup>2</sup> )
D	M60	C	FJ	1	505	9.36	46.6
D	M60	C	FJ	2	396	9.78	36.6
D	M60	C	FJ	3	422	9.93	43.7
D	M60	C	FJ	4	453	9.88	46.5
D	M60	C	FJ	5	439	10.0	41.8
D	M60	C	FJ	6	461	10.1	49.1
D	M60	C	FJ	7	454	10.4	47.2
D	M60	C	FJ	8	400	10.5	38.5
D	M60	C	FJ	9	481	9.38	49.6
D	M60	C	FJ	10	436	9.87	41.9
D	M60	C	FJ	11	377	9.74	39.7
D	M60	C	FJ	12	444	9.41	46.0
D	M60	C	FJ	13	452	9.48	46.5
D	M60	C	FJ	14	411	9.82	33.1
D	M60	C	FJ	15	481	9.91	47.1
D	M60	C	FJ	16	428	9.86	43.2
D	M60	C	FJ	17	431	10.1	43.0
D	M60	C	FJ	18	431	9.55	42.7
D	M60	C	FJ	19	415	9.94	39.2
D	M60	C	FJ	20	492	8.98	47.0
D	M60	C	FJ	21	430	9.52	46.7
D	M60	C	FJ	22	431	9.95	46.2
D	M60	C	FJ	23	413	9.71	43.7
D	M60	C	FJ	24	448	9.88	39.6
D	M60	C	FJ	25	407	9.61	41.7
D	M60	C	FJ	26	402	9.88	38.6
D	M60	C	FJ	27	455	9.94	42.4
D	M60	C	FJ	28	414	9.60	44.3
D	M60	C	FJ	29	435	9.38	46.4
D	M60	C	FJ	30	447	9.54	41.8
D	M60	C	FJ	31	410	9.98	41.2
D	M60	C	FJ	32	427	9.52	47.2
D	M60	C	FJ	33	457	9.47	43.2
D	M60	C	FJ	34	466	10.0	40.7
D	M60	C	FJ	35	426	9.96	28.4
D	M60	C	FJ	36	414	9.81	42.6
D	M60	C	FJ	37	410	9.64	43.6
D	M60	C	FJ	38	456	9.63	47.0
D	M60	C	FJ	39	477	9.87	44.8
D	M60	C	FJ	40	475	9.28	39.2
D	M60	C	FJ	41	418	9.56	43.7
D	M60	C	FJ	42	492	9.67	46.1
D	M60	C	FJ	43	466	9.63	44.0
D	M60	C	FJ	44	469	9.87	44.6
D	M60	C	FJ	45	420	9.78	44.0
D	M60	C	FJ	46	481	9.44	40.8
D	M60	C	FJ	47	439	9.90	44.6
D	M60	C	FJ	48	394	9.46	37.7

注：便宜的に記号を M60 としている。

表 2.3.3.1.3-4 CUAZ 処理・インサイジングなし・内層用の縦圧縮試験結果

試験体番号					密度	含水率	縦圧縮強度
					(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(N/mm <sup>2</sup> )
D	M30	C	FJ	1	383	10.1	26.8
D	M30	C	FJ	2	358	9.92	25.6
D	M30	C	FJ	3	358	10.1	27.7
D	M30	C	FJ	4	335	9.89	30.2
D	M30	C	FJ	5	326	9.71	28.1
D	M30	C	FJ	6	383	9.85	32.1
D	M30	C	FJ	7	339	10.1	26.9
D	M30	C	FJ	8	381	9.72	29.1
D	M30	C	FJ	9	369	9.56	32.6
D	M30	C	FJ	10	353	9.71	30.2
D	M30	C	FJ	11	371	9.54	32.4
D	M30	C	FJ	12	371	9.55	26.4
D	M30	C	FJ	13	365	10.0	29.0
D	M30	C	FJ	14	414	9.44	30.3
D	M30	C	FJ	15	432	9.95	19.0
D	M30	C	FJ	16	407	9.68	30.2
D	M30	C	FJ	17	428	10.2	26.0
D	M30	C	FJ	18	369	10.1	24.4
D	M30	C	FJ	19	378	9.66	32.9
D	M30	C	FJ	20	373	9.69	33.2
D	M30	C	FJ	21	342	9.76	26.3
D	M30	C	FJ	22	369	9.70	30.1
D	M30	C	FJ	23	391	9.84	35.7
D	M30	C	FJ	24	381	9.94	29.3
D	M30	C	FJ	25	428	9.64	31.5
D	M30	C	FJ	26	411	9.41	31.8
D	M30	C	FJ	27	373	9.63	29.5
D	M30	C	FJ	28	403	9.66	30.9
D	M30	C	FJ	29	393	9.58	30.5
D	M30	C	FJ	30	395	9.90	27.6
D	M30	C	FJ	31	391	9.51	30.9
D	M30	C	FJ	32	410	9.72	31.0

注：便宜的に記号を M30 としている。

表 2.3.3.1.3-5 CUAZ 処理・インサイジングあり・外層用の縦圧縮試験結果

試験体番号					密度	含水率	縦圧縮強度
					(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(N/mm <sup>2</sup> )
DI M60 C FJ 1					412	10.2	37.5
DI M60 C FJ 2					391	10.1	37.4
DI M60 C FJ 3					415	9.82	39.6
DI M60 C FJ 4					441	9.78	42.6
DI M60 C FJ 5					443	9.79	36.5
DI M60 C FJ 6					432	9.63	39.2
DI M60 C FJ 7					449	9.79	35.8
DI M60 C FJ 8					421	9.82	30.2
DI M60 C FJ 9					475	9.86	40.0
DI M60 C FJ 10					507	9.26	43.2
DI M60 C FJ 11					463	10.0	41.2
DI M60 C FJ 12					440	9.58	40.2
DI M60 C FJ 13					439	9.85	45.5
DI M60 C FJ 14					458	9.40	47.0
DI M60 C FJ 15					449	9.57	37.6
DI M60 C FJ 16					432	9.66	37.9
DI M60 C FJ 17					460	9.42	39.6
DI M60 C FJ 18					481	9.66	44.1
DI M60 C FJ 19					523	9.28	43.2
DI M60 C FJ 20					433	9.51	42.5
DI M60 C FJ 21					494	9.58	42.9
DI M60 C FJ 22					437	9.19	37.3
DI M60 C FJ 23					445	9.54	33.0
DI M60 C FJ 24					412	10.0	35.7
DI M60 C FJ 25					539	9.73	48.1
DI M60 C FJ 26					457	9.41	44.5
DI M60 C FJ 27					545	9.71	42.1
DI M60 C FJ 28					498	9.81	39.0
DI M60 C FJ 29					439	9.36	39.2
DI M60 C FJ 30					437	9.56	37.8
DI M60 C FJ 31					406	9.88	37.2
DI M60 C FJ 32					411	9.63	30.9
DI M60 C FJ 33					450	9.42	44.8
DI M60 C FJ 34					453	9.80	27.6
DI M60 C FJ 35					432	9.74	32.3
DI M60 C FJ 36					424	9.89	40.6
DI M60 C FJ 37					437	9.77	36.5
DI M60 C FJ 38					484	9.38	40.0
DI M60 C FJ 39					452	9.54	34.0
DI M60 C FJ 40					439	9.70	40.9
DI M60 C FJ 41					435	9.05	40.7
DI M60 C FJ 42					464	8.93	42.0

注：便宜的に記号を M60 としている。

表 2.3.3.1.3-6 CUAZ 処理・インサイジングあり・内層用の縦圧縮試験結果

試験体番号					密度	含水率	縦圧縮強度
					(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(N/mm <sup>2</sup> )
DI M30 C FJ 1	379	9.67	27.2				
DI M30 C FJ 2	405	10.1	30.3				
DI M30 C FJ 3	343	10.0	29.5				
DI M30 C FJ 4	461	10.3	35.3				
DI M30 C FJ 5	429	9.98	33.2				
DI M30 C FJ 6	395	9.81	27.4				
DI M30 C FJ 7	345	10.4	29.1				
DI M30 C FJ 8	371	9.97	27.1				
DI M30 C FJ 9	387	10.1	27.4				
DI M30 C FJ 10	447	9.69	34.2				
DI M30 C FJ 11	354	9.51	29.2				
DI M30 C FJ 12	449	9.44	30.6				
DI M30 C FJ 13	393	10.2	33.7				
DI M30 C FJ 14	397	9.50	32.8				
DI M30 C FJ 15	471	9.57	29.2				
DI M30 C FJ 16	459	9.46	32.2				
DI M30 C FJ 17	424	9.93	33.8				
DI M30 C FJ 18	463	9.60	36.9				
DI M30 C FJ 19	446	9.67	31.1				
DI M30 C FJ 20	442	9.73	30.7				
DI M30 C FJ 21	411	9.32	31.4				
DI M30 C FJ 22	436	9.35	29.8				
DI M30 C FJ 23	352	9.60	31.9				
DI M30 C FJ 24	411	9.25	28.5				
DI M30 C FJ 25	343	9.71	30.9				
DI M30 C FJ 26	381	9.24	32.0				
DI M30 C FJ 27	415	9.32	29.8				
DI M30 C FJ 28	408	9.44	26.6				
DI M30 C FJ 29	380	10.0	27.2				
DI M30 C FJ 30	397	9.38	32.0				
DI M30 C FJ 31	427	9.46	30.3				
DI M30 C FJ 32	469	9.41	33.6				
DI M30 C FJ 33	384	9.36	30.8				
DI M30 C FJ 34	474	9.14	33.9				
DI M30 C FJ 35	390	9.21	34.6				
DI M30 C FJ 36	415	9.67	33.8				
DI M30 C FJ 37	419	9.36	36.2				
DI M30 C FJ 38	456	9.34	34.0				
DI M30 C FJ 39	396	9.78	30.0				
DI M30 C FJ 40	413	9.26	27.0				
DI M30 C FJ 41	381	9.25	26.5				
DI M30 C FJ 42	418	9.39	31.4				
DI M30 C FJ 43	405	9.62	34.2				
DI M30 C FJ 44	424	9.26	32.1				

注：便宜的に記号を M30 としている。

### 2.3.3.1.4 FJ ラミナの縦引張試験

#### (1) 試験方法

縦引張試験に先立ち、密度、縦振動法によるヤング係数を測定した。直交集成板の JAS のラミナの引張り試験に準じて縦引張試験を行った。ただし、直交集成板の JAS ではチャック間が 600mm 以上であるが、試験機の都合上、チャック間を 530mm とした。片側のチャック部分の長さは 600mm とした。試験には最大容量が約 400kN のプルーフローダー（飯田工業製 NET-40）を用いた。最大荷重に達するまでの時間が約 1~2 分になるように荷重速度を調整した。試験終了後、最大荷重から縦引張強度を算出した。また、破壊後の試験体の FJ の両側から長さが約 30mm の含水率測定用試験体を 1 体ずつ切り出し、全乾法で含水率を測定した。試験体の含水率は両含水率試験体の平均値とした。

試験の様子を写真 2.3.3.1.4-1~2 に示す。

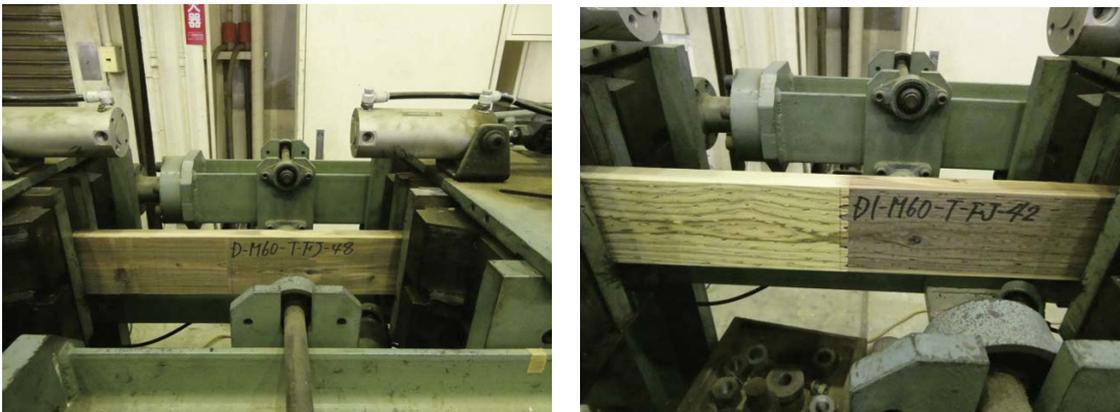


写真 2.3.3.1.4-1~2 FJ ラミナの縦引張試験の様子

#### (2) 結果

FJ ラミナの縦引張試験の結果の概要を表 2.3.3.1.4-1 に示すとともに、各グループの破壊形態の例を写真 2.3.3.1.4-3~10 に示す。大部分の試験体が FJ 部で破壊した。ただし、写真に示したように、一部の試験体で節、FJ 部から離れた無欠点部のように見える木材部分で破壊した試験体も存在した。数体で FJ 抜けした試験体があったが、これらの試験体は他の試験体に比べて縦引張強度が大きく低下していた。

表 2.3.3.1.4-1 FJ ラミナの縦引張試験の結果の概要

試験体概要		密度	含水率	縦振動法の ヤング係数	縦引張強度
		(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
処理区分：ラミナ処理	試験体数	48	48	48	48
保存処理材：CUAZ	平均値	443	9.74	10.1	23.7
インサイジング：なし	最小値	376	8.86	7.27	5.59
記号：D	最大値	521	11.2	13.3	36.0
分類：外層用	標準偏差	32.6	0.479	1.34	6.49
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	7.37	4.92	13.3	27.5
処理区分：ラミナ処理	試験体数	32	32	32	32
保存処理材：CUAZ	平均値	368	9.23	5.45	12.8
インサイジング：なし	最小値	308	8.79	4.47	4.21
記号：D	最大値	424	10.3	7.06	20.8
分類：内層用	標準偏差	27.3	0.318	0.512	3.78
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	7.42	3.44	9.39	29.6
処理区分：ラミナ処理	試験体数	42	42	42	42
保存処理材：CUAZ	平均値	444	9.15	10.2	21.5
インサイジング：あり	最小値	376	8.52	7.52	6.06
記号：DI	最大値	517	9.85	15.2	45.1
分類：外層用	標準偏差	33.4	0.282	1.55	6.38
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	7.53	3.09	15.3	29.7
処理区分：ラミナ処理	試験体数	44	44	44	44
保存処理材：CUAZ	平均値	408	9.22	6.83	14.4
インサイジング：あり	最小値	332	8.23	5.07	8.47
記号：DI	最大値	478	10.1	8.72	19.5
分類：内層用	標準偏差	33.4	0.391	0.706	2.85
たて継ぎ：FJ	変動係数(%)	8.20	4.24	10.3	19.7

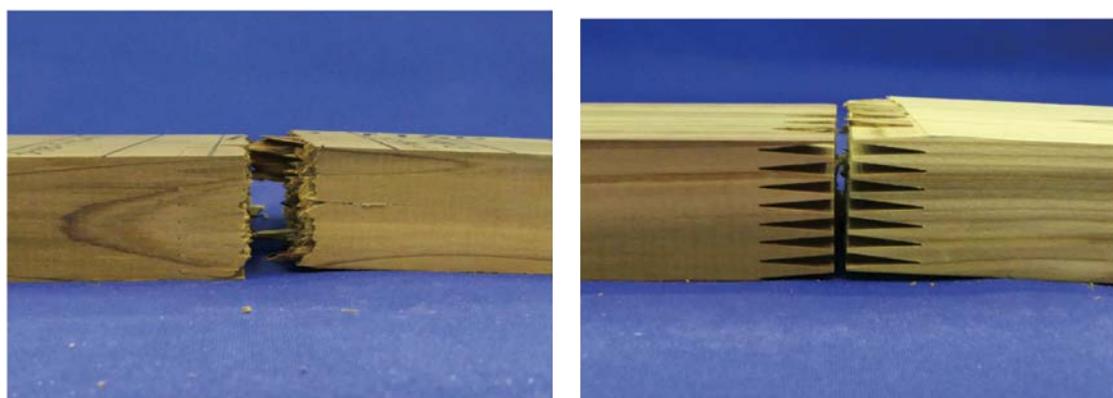


写真 2.3.3.1.4-3~4 インサイジングなし外層用の破壊形態の例  
(左：FJ による破壊、右：FJ 抜けした試験体)

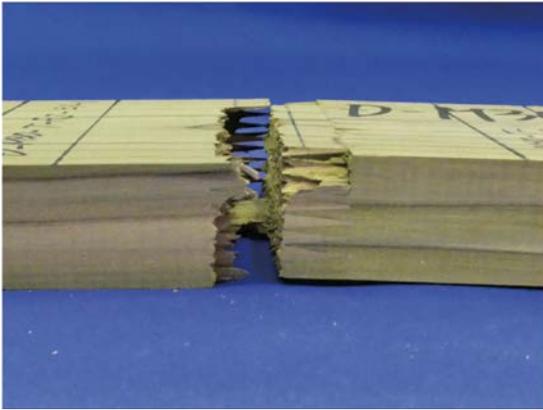


写真 2.3.3.1.4-5~6 インサイジングなし内層用の破壊形態の例  
(左：FJによる破壊、右：節による破壊)

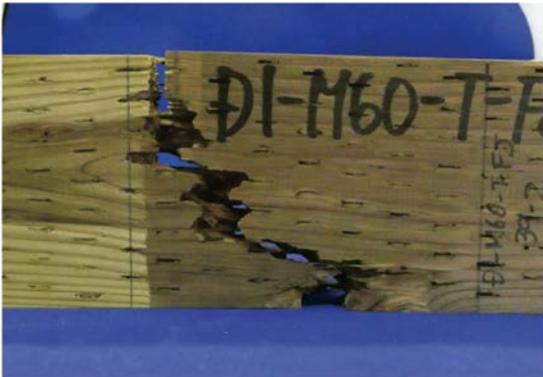


写真 2.3.3.1.4-7~8 インサイジングあり外層用の破壊形態の例  
(左：FJ+節による破壊、右：無欠点部での破壊)



写真 2.3.3.1.4-9~10 インサイジングあり内層用の破壊形態の例  
(左：FJによる破壊、右：節による破壊)

縦引張強度の平均値および5%下限値を JAS 基準値と比較したものを表 2.3.3.1.4-2 に示す。

外層用の平均値は、インサイジングの有無にかかわらず M90A 相当であった。一方、下限値は、インサイジングなしは M30A 相当、インサイジングありは M30A を下回った。これは、いくつかの試験体で FJ 抜けがあったこと、一部の試験体で FJ 抜けではないものの引張強

度が低い試験体が存在したためと考えられる。なお、正規分布を仮定した 5%下限値では、インサイジングなしは 11.9N/mm<sup>2</sup> で順位法と同じく M30A 相当、インサイジングありは 9.82N/mm<sup>2</sup> で順位法と異なり M30A 相当となった。

内層用の平均値は、インサイジングの有無にかかわらず M30A 相当であった。一方、下限値は、インサイジングありは M30A 相当であったが、インサイジングなしは M30A を下回った。なお、正規分布を仮定した 5%下限値では、インサイジングなしは 5.75N/mm<sup>2</sup> でやはり M30A を下回った。インサイジングなしの試験体では、1 体 FJ 抜けしたものがあつたことが影響した可能性がある。

表 2.3.3.1.4-2 縦引張強度の JAS 基準値との比較 (単位: kN/mm<sup>2</sup>)

JAS 等級または本試験体	平均値	下限値
M90A	20.5	15.5
M60A	16.0	12.0
M30A	11.5	8.5
インサイジングなし外層用	23.7	9.07
インサイジングあり外層用	21.5	7.19
インサイジングなし内層用	12.8	4.58
インサイジングあり内層用	14.4	8.92

注: 下限値は ASTM D2915 に基づいた信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値 (順位法) である。

縦振動法のヤング係数、縦引張強度におけるインサイジングの有無の影響について、t 検定により平均値を比較したものを図 2.3.3.1.4-1~4 に示す。外層用では、縦振動法のヤング係数についてインサイジングの有無による差はなく、縦引張強度ではややインサイジングありの方が小さい平均値を示したが、こちらも有意差はなかった。一方、内層用では、縦振動法のヤング係数、縦引張強度ともにインサイジングありの方が有意に平均値が大きくなった。インサイジングにより縦振動法によるヤング係数と縦引張強度が増加することは考えにくいので、両者の有意差はインサイジング前のヤング係数に違いがあつたと考えられる。

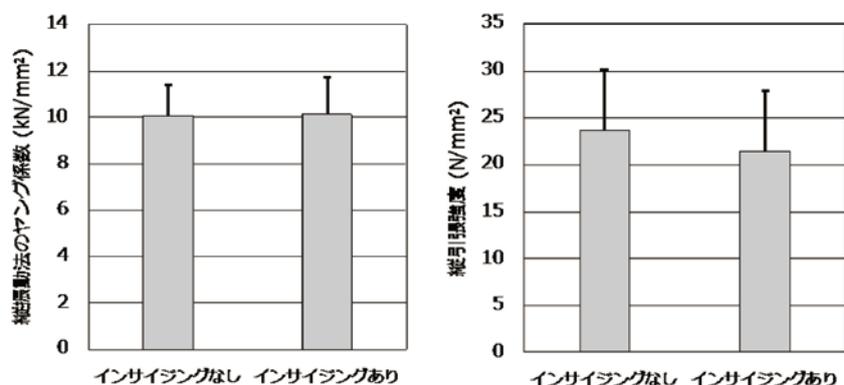


図 2.3.3.1.4-1~2 インサイジングの有無による平均値の比較 (外層用)

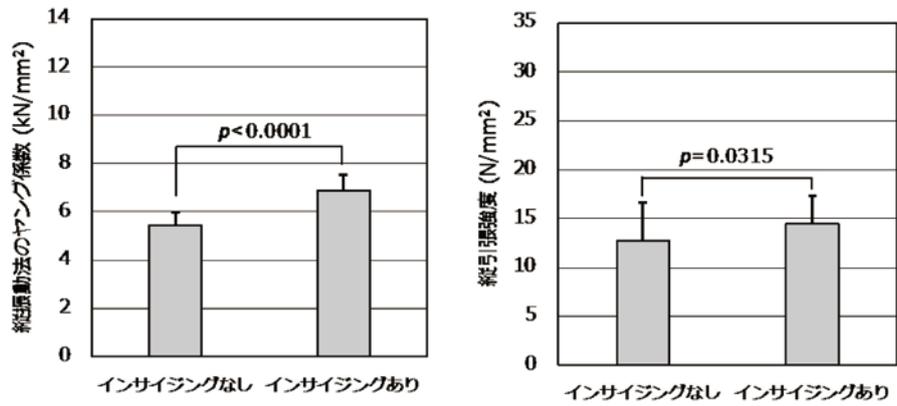


図 2.3.3.1.4-3~4 インサイジングの有無による平均値の比較（内層用）

FJ ラミナの縦引張試験のすべての結果を表 2.3.3.1.4-3~6 に示す。

表 2.3.3.1.4-3 CUAZ 処理・インサイジングなし・外層用の縦引張試験結果

試験体番号					密度	含水率	縦振動法の ヤング係数	縦引張強度	破壊形態
					(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
D	M60	T	FJ	1	496	10.3	9.27	24.0	FJ
D	M60	T	FJ	2	426	9.14	13.3	27.0	FJ
D	M60	T	FJ	3	398	10.3	9.89	29.7	FJ
D	M60	T	FJ	4	411	10.0	11.3	31.0	FJ
D	M60	T	FJ	5	423	10.1	9.71	22.2	チャック内K
D	M60	T	FJ	6	464	9.70	11.1	25.3	FJ
D	M60	T	FJ	7	449	9.69	12.5	24.0	FJ
D	M60	T	FJ	8	453	10.4	13.3	36.0	FJ
D	M60	T	FJ	9	434	9.61	11.4	31.6	FJ
D	M60	T	FJ	10	458	9.58	7.27	21.7	FJ
D	M60	T	FJ	11	427	9.19	9.16	22.2	FJ
D	M60	T	FJ	12	442	9.21	9.40	12.4	FJ (一部FJ抜け)
D	M60	T	FJ	13	396	8.86	11.3	35.7	FJ
D	M60	T	FJ	14	446	9.92	10.8	25.8	FJ
D	M60	T	FJ	15	452	10.5	10.9	25.9	K
D	M60	T	FJ	16	469	9.38	8.97	9.9	K
D	M60	T	FJ	17	464	10.2	11.0	22.6	FJ+K
D	M60	T	FJ	18	392	10.0	10.9	30.5	FJ
D	M60	T	FJ	19	443	9.57	9.07	18.8	FJ
D	M60	T	FJ	20	493	9.54	9.00	17.1	FJ+K
D	M60	T	FJ	21	443	9.19	9.64	24.7	FJ
D	M60	T	FJ	22	376	9.35	8.50	15.3	FJ
D	M60	T	FJ	23	488	10.5	9.65	24.0	FJ+K
D	M60	T	FJ	24	426	9.51	10.9	27.3	K
D	M60	T	FJ	25	388	9.73	10.2	24.9	FJ
D	M60	T	FJ	26	442	9.29	8.26	14.1	K
D	M60	T	FJ	27	456	11.2	8.53	21.2	FJ
D	M60	T	FJ	28	445	10.1	8.80	18.2	FJ+K
D	M60	T	FJ	29	422	9.15	9.22	26.5	FJ
D	M60	T	FJ	30	457	9.79	10.3	23.4	FJ
D	M60	T	FJ	31	400	9.77	11.0	32.6	FJ
D	M60	T	FJ	32	479	9.20	10.5	5.59	FJ (FJ抜け)
D	M60	T	FJ	33	427	9.84	8.78	21.3	FJ
D	M60	T	FJ	34	482	10.1	10.3	13.3	K
D	M60	T	FJ	35	417	10.2	11.1	29.2	K
D	M60	T	FJ	36	469	9.67	11.0	24.6	FJ
D	M60	T	FJ	37	395	9.34	11.0	29.6	FJ
D	M60	T	FJ	38	488	9.82	10.7	22.9	FJ
D	M60	T	FJ	39	447	10.4	8.62	19.8	K
D	M60	T	FJ	40	433	9.08	8.63	20.8	FJ
D	M60	T	FJ	41	405	9.50	9.05	18.6	K
D	M60	T	FJ	42	521	9.46	11.2	28.5	FJ
D	M60	T	FJ	43	451	9.41	9.60	30.7	FJ
D	M60	T	FJ	44	466	9.64	7.65	18.8	FJ
D	M60	T	FJ	45	434	9.22	9.85	23.9	FJ+K
D	M60	T	FJ	46	502	10.5	11.6	32.4	FJ
D	M60	T	FJ	47	417	9.51	10.6	29.1	FJ+K
D	M60	T	FJ	48	436	9.78	8.45	20.7	FJ

注：便宜的に記号を M60 としている。破壊形態について、FJ はフィンガージョイント、K は節によるものである。

表 2.3.3.1.4-4 CUAZ 処理・インサイジングなし・内層用の縦引張試験結果

試験体番号					密度	含水率	縦振動法の ヤング係数	縦引張強度	破壊形態
					(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
D	M30	T	FJ	1	320	9.28	6.30	16.3	FJ
D	M30	T	FJ	2	308	9.39	6.14	14.0	FJ
D	M30	T	FJ	3	327	9.08	5.14	8.11	FJ
D	M30	T	FJ	4	334	9.07	5.95	11.8	FJ
D	M30	T	FJ	5	342	9.43	5.29	11.1	FJ
D	M30	T	FJ	6	365	9.47	5.12	16.4	FJ
D	M30	T	FJ	7	359	9.28	4.82	8.58	FJ
D	M30	T	FJ	8	396	8.92	5.44	16.4	K
D	M30	T	FJ	9	358	9.27	5.76	14.0	FJ
D	M30	T	FJ	10	356	9.61	5.29	14.6	FJ
D	M30	T	FJ	11	377	9.33	5.01	7.06	FJ
D	M30	T	FJ	12	379	8.97	5.56	4.21	FJ (FJ抜け)
D	M30	T	FJ	13	344	8.88	5.93	10.7	FJ
D	M30	T	FJ	14	380	9.56	7.06	14.7	FJ
D	M30	T	FJ	15	424	9.19	5.29	15.9	FJ
D	M30	T	FJ	16	389	9.37	5.51	18.1	FJ
D	M30	T	FJ	17	405	9.67	4.77	11.2	FJ
D	M30	T	FJ	18	377	8.90	5.59	14.3	FJ
D	M30	T	FJ	19	402	9.03	5.46	10.7	FJ
D	M30	T	FJ	20	398	9.17	4.50	15.4	FJ
D	M30	T	FJ	21	336	9.12	5.36	10.4	FJ
D	M30	T	FJ	22	348	8.86	5.57	6.50	FJ
D	M30	T	FJ	23	356	9.07	5.62	16.9	FJ
D	M30	T	FJ	24	368	9.68	5.27	10.8	FJ
D	M30	T	FJ	25	373	10.3	4.87	16.4	FJ
D	M30	T	FJ	26	412	9.33	5.59	12.4	K
D	M30	T	FJ	27	367	8.96	5.66	9.76	FJ
D	M30	T	FJ	28	373	8.94	5.46	17.7	FJ
D	M30	T	FJ	29	400	9.52	5.60	20.8	FJ
D	M30	T	FJ	30	364	9.14	4.47	10.5	FJ
D	M30	T	FJ	31	374	8.79	5.52	12.6	FJ
D	M30	T	FJ	32	369	8.85	5.37	10.5	FJ

注：便宜的に記号を M30 としている。破壊形態について、FJ はフィンガージョイント、K は節によるものである。

表 2.3.3.1.4-5 CUAZ 処理・インサイジングあり・外層用の縦引張試験結果

試験体番号	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)	縦振動法の		縦引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破壊形態
			ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )			
DI M60 T FJ 1	419	8.76	9.91		22.3	FJ
DI M60 T FJ 2	428	9.17	9.40		21.8	K
DI M60 T FJ 3	406	8.83	9.64		19.3	FJ
DI M60 T FJ 4	422	8.52	8.34		18.7	K
DI M60 T FJ 5	424	8.80	9.47		22.9	FJ+K
DI M60 T FJ 6	436	8.91	9.45		23.6	FJ
DI M60 T FJ 7	512	8.69	15.2		45.1	FJ
DI M60 T FJ 8	426	8.81	9.75		16.3	FJ+K
DI M60 T FJ 9	473	9.00	12.6		27.5	FJ
DI M60 T FJ 10	483	8.92	11.7		30.0	FJ
DI M60 T FJ 11	423	9.52	10.0		25.8	FJ
DI M60 T FJ 12	414	9.14	7.52		8.08	N
DI M60 T FJ 13	442	9.27	11.8		27.5	FJ+K
DI M60 T FJ 14	427	8.97	11.2		20.4	FJ+K
DI M60 T FJ 15	456	9.00	12.2		28.9	FJ
DI M60 T FJ 16	439	9.27	11.8		23.6	FJ
DI M60 T FJ 17	462	9.36	7.71		13.1	FJ
DI M60 T FJ 18	480	9.44	9.92		20.3	FJ
DI M60 T FJ 19	484	8.85	9.65		17.5	FJ+K
DI M60 T FJ 20	438	9.03	11.5		23.1	FJ
DI M60 T FJ 21	464	9.00	10.1		6.06	FJ (一部FJ抜け)
DI M60 T FJ 22	395	9.18	9.42		22.8	FJ
DI M60 T FJ 23	411	9.22	7.90		17.6	K
DI M60 T FJ 24	386	8.93	10.8		23.0	FJ
DI M60 T FJ 25	485	9.15	12.7		27.6	K
DI M60 T FJ 26	517	9.61	11.7		29.2	FJ
DI M60 T FJ 27	498	9.32	10.6		18.1	N
DI M60 T FJ 28	461	9.16	9.72		19.0	FJ
DI M60 T FJ 29	442	9.15	9.91		21.2	FJ
DI M60 T FJ 30	443	9.27	10.8		23.7	チャック内K
DI M60 T FJ 31	445	9.85	9.71		22.3	チャック内N
DI M60 T FJ 32	451	9.43	9.57		23.0	FJ
DI M60 T FJ 33	444	9.48	9.50		20.2	FJ
DI M60 T FJ 34	436	9.28	10.6		21.5	FJ
DI M60 T FJ 35	405	9.56	9.26		18.9	FJ
DI M60 T FJ 36	392	9.30	7.74		16.9	K
DI M60 T FJ 37	464	9.08	11.8		28.3	K
DI M60 T FJ 38	376	9.26	9.41		18.6	チャック内K
DI M60 T FJ 39	466	9.46	9.29		17.5	FJ+K
DI M60 T FJ 40	471	9.51	10.3		15.8	FJ+K
DI M60 T FJ 41	480	8.86	7.95		13.8	K
DI M60 T FJ 42	418	9.02	9.12		21.0	K

注：便宜的に記号を M60 としている。破壊形態について、FJ はフィンガージョイント、K は節によるもの、N は目立った欠点のない木材部分である。

表 2.3.3.1.4-6 CUAZ 処理・インサイジングあり・内層用の縦引張試験結果

試験体番号					密度	含水率	縦振動法の ヤング係数	縦引張強度	破壊形態
					(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
DI	M30	T	FJ	1	404	9.51	5.07	13.3	FJ
DI	M30	T	FJ	2	423	9.30	6.68	16.7	K
DI	M30	T	FJ	3	388	8.86	6.53	18.3	FJ
DI	M30	T	FJ	4	444	9.63	6.84	19.5	FJ
DI	M30	T	FJ	5	413	8.86	6.49	15.0	N
DI	M30	T	FJ	6	332	9.14	7.18	18.1	FJ
DI	M30	T	FJ	7	356	9.33	6.93	13.6	FJ
DI	M30	T	FJ	8	376	8.92	5.44	17.2	FJ
DI	M30	T	FJ	9	429	9.37	6.23	14.0	FJ
DI	M30	T	FJ	10	434	8.72	6.50	11.2	K
DI	M30	T	FJ	11	392	9.23	7.32	16.2	チャック内K
DI	M30	T	FJ	12	440	9.04	7.37	8.47	FJ
DI	M30	T	FJ	13	394	9.41	6.28	14.0	N
DI	M30	T	FJ	14	430	8.92	6.84	13.6	K
DI	M30	T	FJ	15	435	9.75	8.16	17.7	FJ(K有)
DI	M30	T	FJ	16	445	9.17	7.46	15.7	FJ
DI	M30	T	FJ	17	435	10.1	6.45	9.17	FJ
DI	M30	T	FJ	18	436	8.93	6.60	9.93	FJ
DI	M30	T	FJ	19	399	10.1	6.71	10.2	チャック内K
DI	M30	T	FJ	20	422	9.15	6.66	10.6	K
DI	M30	T	FJ	21	478	8.95	6.01	9.57	K
DI	M30	T	FJ	22	457	9.43	7.00	16.1	K
DI	M30	T	FJ	23	357	9.18	6.50	11.3	FJ
DI	M30	T	FJ	24	423	9.47	8.01	15.7	FJ
DI	M30	T	FJ	25	357	9.48	6.02	14.6	FJ
DI	M30	T	FJ	26	378	8.65	6.78	14.5	チャック内K
DI	M30	T	FJ	27	404	9.54	7.49	12.5	FJ(FJ内にK)
DI	M30	T	FJ	28	350	9.21	8.72	14.9	チャック内K
DI	M30	T	FJ	29	418	9.65	7.11	17.1	K
DI	M30	T	FJ	30	367	9.70	6.43	13.3	FJ
DI	M30	T	FJ	31	440	9.02	7.23	11.6	K
DI	M30	T	FJ	32	395	9.05	6.62	19.2	FJ+N
DI	M30	T	FJ	33	353	8.82	7.57	16.3	FJ
DI	M30	T	FJ	34	434	9.49	7.40	14.6	FJ
DI	M30	T	FJ	35	423	8.97	7.49	17.8	FJ
DI	M30	T	FJ	36	424	9.21	6.94	15.5	チャック内K
DI	M30	T	FJ	37	391	8.50	7.66	18.3	N
DI	M30	T	FJ	38	437	9.69	6.28	18.2	FJ
DI	M30	T	FJ	39	389	9.45	5.57	12.5	N
DI	M30	T	FJ	40	423	9.25	6.28	13.1	N
DI	M30	T	FJ	41	433	9.22	6.73	13.6	N
DI	M30	T	FJ	42	363	8.79	6.91	13.1	N
DI	M30	T	FJ	43	391	9.31	7.68	15.4	チャック内N
DI	M30	T	FJ	44	435	8.23	6.53	13.8	チャック内N

注：便宜的に記号を M30 としている。破壊形態について、FJ はフィンガージョイント、K は節によるもの、N は目立った欠点のない木材部分である。