

平成28年度林野庁委託事業（補正予算）
CLT建築物等普及促進委託事業

新たな木質部材の標準化に係る技術的検討等 調査報告書

平成29年 7月

信州木材認証製品センター

目 次

1	目的	1
2	試験の方法	1
2.1	供試験	1
2.2	製材ラミナの乾燥試験	3
2.3	接着重ね梁の製造	4
2.4	接着重ね梁の曲げ強度試験	6
3	試験の結果	8
3.1	乾燥による形質変化	8
3.1.1	乾燥仕上がり含水率	9
3.1.2	平均年輪幅と全乾密度	11
3.1.3	製材ラミナの材面割れ	12
3.1.4	製材ラミナの曲がりとねじれ	13
3.2	曲げ強度試験	14
3.3	まとめ	15
	付録：新A型接着重ね梁の強度試験の様子	16

「新A型接着重ね梁」の乾燥試験及び強度試験

長野県林業総合センター 木材部 吉田孝久・今井信・奥原祐司・山口健太

1. 目的

小中径木のカラマツは、以前は土木材を中心に使われてきたが、乾燥技術の開発と共にその利用範囲を拡大してきた。昭和 57 年の県立高校体育館への壁板使用を皮切りに、現在では集成材や無垢の柱材等、大型建築物の構造材料としてその地位を徐々に固めつつある。平成 8 年、高温セット乾燥法の開発により材面割れの無い心持ち無背割り正角材の利用が可能となったことから、心持ち正角材を複数本組み合わせさせた「接着重ね梁」の開発が開始され、平成 28 年 4 月には建築基準法第 37 条の大臣認定を取得するまでに至った。

本研究においては、これまでの接着重ね梁よりさらに高強度な接着重ね梁の開発を目標として、中心材にはこれまで通りの心持ち材を利用し、上下材に大径材から製材された心去り材を配置した三本重ねの接着重ね梁を作製し、その強度性能評価試験を実施した。

心去り材は、末口 30 cm 以上の大径材から製材され、このため、この心去り材は心持ち材と比較して成熟材部が多く強度的に優れた材料であることから、これらを上下に配置することでより高性能な材料が作製できることを期待した。また、意匠的にも心持ち材を 3 本貼り合わせるよりも、上下材に心去り材を使用することで、より無垢材に近い質感が得られることを想定した。

なお、本研究は「重ね材・ラミネートログ材 JAS 規格化事業」において実施した。

2. 試験の方法

2.1 供試材

長野県内産の末口短径 31~37 cm のカラマツより製材した心去り正角材 30 本 (145×145×6,000 mm) と末口短径 21~27 cm の丸太から製材した心持ち正角材 15 本 (155×155×6,000 mm) を供試材とした。心持ち材は、ねじれを考慮して心去り材より大きい寸法で製材した。

心去り材は元口年輪 49 年~70 年の大径材から二丁取りで製材し、また、心持ち材は 43~71 年の中径材から心持ち一丁取りで製材した。

木取り図を図 1 に示した。また、試験の流れを図 2 に、供試材の概要を表 1 に示した。

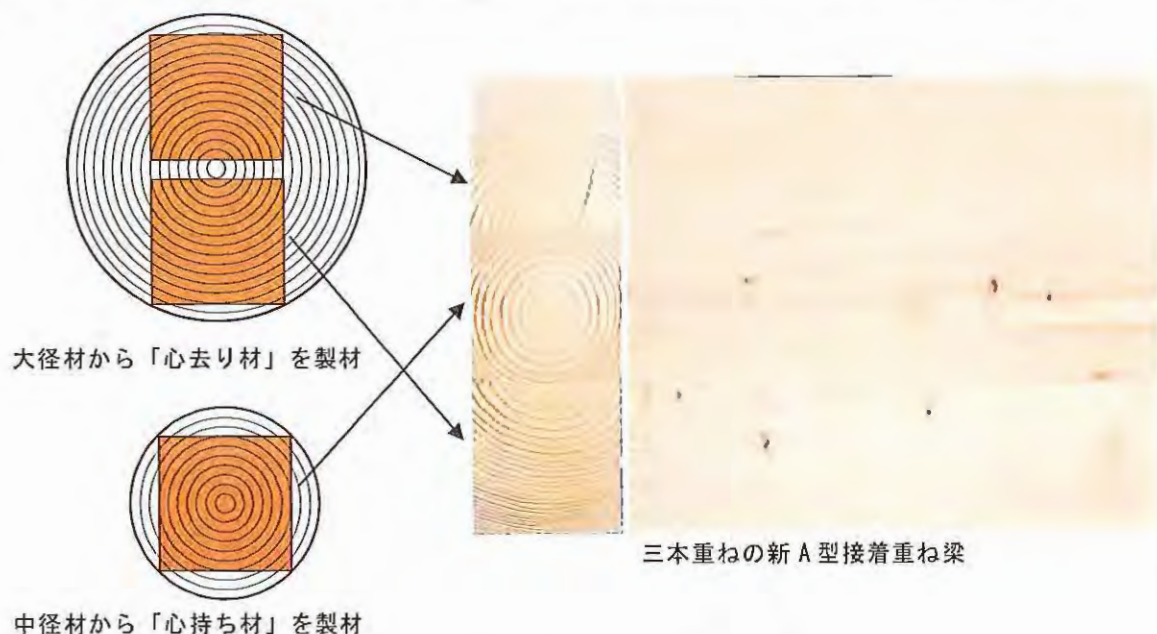


図 1 心去り材と心持ち材の木取りと新 A 型接着重ね梁



丸太の形状調査



6mカラマツ丸太の製材



(イメージ)



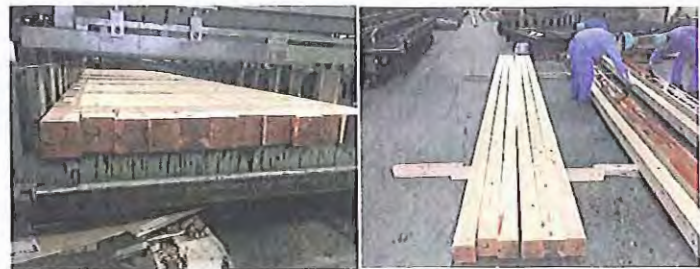
製材ラミナの乾燥試験
 ・形質変化の調査
 ・乾燥スケジュールの検討
 ・動的ヤング係数の測定



接着重ね梁の曲げ強度試験



製造された接着重ね梁



接着重ね梁の製造
 (接着剤：レゾルシノールフェノール樹脂接着剤)

図2 試験の流れ

表1 供試材の概要

試験材 カラマツ	木取り	心去り材	心持ち材
	丸太末口短径	31.3~36.6 cm	21.6~26.3 cm
	元口 年輪数	49~70	43~71
	製材ラミナ寸法	145×145×6,000 mm	155×155×6,000 mm
	乾燥後挽き直し寸法	131×131×6,000 mm	
	接着直前の調整寸法	126×122×6,000 mm	
	本数	30本	15本

2.2 製材ラミナの乾燥試験

製材された正角材（以下製材ラミナ）の人工乾燥は、小林木材（株）に設置されているエノ産業（株）製の高温型蒸気式木材乾燥装置を使用して行った。

心持ち材と心去り材を同一に棧積みし、乾燥スケジュールは表2に示した高温セット乾燥法とした。目標含水率を15%以下とし、トータル13日間の人工乾燥を行った。

乾燥終了後に製材ラミナの長さ、幅、厚さ、重量、含水率（含水率計による測定）、ねじれ、曲がり、材面割れの測定を行った（写真1）。材面割れは、木口から10cmまでの割れは除き、割れ幅1mm以下の割れは除外して割れ長さの合計を測定した。

曲がりにはスパン6mでの最大矢高を計測した。また、ねじれはスパン6mの平面上に3点を固定し、残り1点の平面からの浮き上がりを計測した。

接着重ね梁の作製にあたって、乾燥した製材ラミナの組み合わせを決めるため、（株）エーティーエー製のハンディグレーダーHG-2001を用い、乾燥後の製材ラミナの動的ヤング係数を測定（縦振動周波数の測定）した。

表2 乾燥スケジュール

乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	時間 (h)	備考
95	95	0	6	蒸煮
110	80	30	18	高温セット
90	60	30	288	中温乾燥

※蒸煮時間は機内温度が蒸煮温度に達してからの時間



写真1 乾燥終了後の製材ラミナの様子

2.3 接着重ね梁の製造


動的ヤング係数を測定した心持ち材と心去り材のそれぞれで、動的ヤング係数を順位化し、低い順から順番に組み合わせ、接着重ね梁の構成製材ラミナを決定した。これにより同等級の新 A 型接着重ね梁 15 体を作製することとした。組み合わせ内容は表 3 のとおりである。なお、接着重ね梁は、住宅使用時により曲げ強さが得られるように、強度試験時には節の少ない面を下側（引張り側）にくるように配置した。

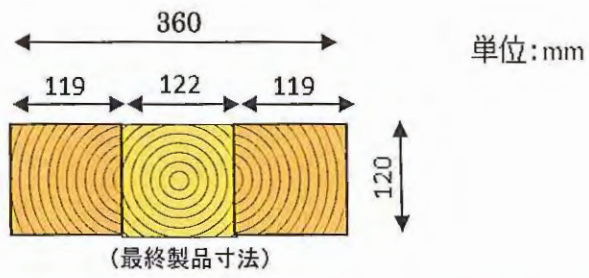
接着重ね梁の作製は齋藤木材工業（株）ナガト工場で行った。乾燥後の各測定を終了した製材ラミナはモルダにより 131×131mm 正角に仕上げ、その後、接着面を平滑に仕上げるため接着直前に断面を 126×122mm に修整した。

接着剤はレゾルシノールフェノール樹脂接着剤を使用し、接着剤塗布は手塗りとした。塗布を終えた製材ラミナは直ちに横置きタイプのコールドプレスで圧縮した。塗布量は 300 g/m²、圧縮圧は 9kg f/cm² で 18～23 時間常温で圧縮接着した（図 3）。最終仕上げとして、幅 120mm、高さ 360mm の接着重ね梁（トリプルビーム：新 A 型接着重ね梁）に仕上げた。なお、化粧性を重視するため、中心材である心持ち製材ラミナの材面割れの面をできるだけ接着面に配置した。

表 3 製材ラミナの組み合わせ

新A型 接着重ね梁	外層製材ラミナ	中心製材ラミナ	外層製材ラミナ	平均
NO. 1	10.60	9.57	10.93	10.36
NO. 2	11.48	10.81	11.50	11.26
NO. 3	11.61	11.42	11.74	11.59
NO. 4	11.78	11.46	12.04	11.76
NO. 5	12.04	11.51	12.06	11.87
NO. 6	12.13	11.70	12.56	12.13
NO. 7	12.78	11.72	12.82	12.44
NO. 8	13.17	11.73	13.28	12.73
NO. 9	13.36	13.09	13.40	13.28
NO. 10	13.52	13.37	13.62	13.51
NO. 11	13.79	13.50	14.72	14.00
NO. 12	14.72	13.58	15.04	14.45
NO. 13	15.31	14.41	15.41	15.04
NO. 14	15.43	14.95	15.45	15.28
NO. 15	15.95	17.60	16.82	16.79

	NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6	NO. 7	NO. 8	NO. 9	NO. 10	NO. 11	NO. 12	NO. 13	NO. 14	NO. 15
	9-2	5-1	11-2	1-2	4-2	8-1	4-1	2-2	1-1	15-1	8-1	14-1	13-2	12-1	14-2
	7	1	9	3	15	12	13	10	6	2	14	11	5	8	4
	11-1	9-1	10-2	6-2	10-1	8-2	5-2	7-2	15-2	2-1	7-1	3-1	13-1	3-2	12-2



製材ラミナの接着前の寸法修整



接着剤の調合



接着剤の塗布



接着剤の塗布



プレスによる圧縮



最終製品の寸法調整

図3 接着重ね梁の製造

2.4 接着重ね梁の曲げ強度試験

曲げ試験は、図 4 に示した支点間距離（スパン）5,760 mm、荷重点間距離 1800 mmとして行った。

加力は、実大材曲げ試験機(株)島津製作所 UH-1000kNA を用い、載荷速度は 15mm/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 とした。曲げ試験の様子を写真 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）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（写真 4）を測定した。

曲げヤング係数は、全スパンのたわみから求める「見かけの曲げヤング係数 E_m 」と、モーメント一定区間のたわみから求める「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及び、T.G.H.法による真の曲げヤング係数及びせん断弾性係数も測定した。

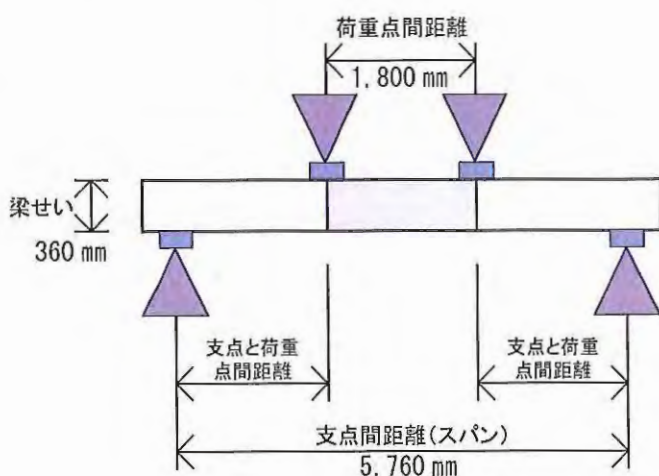


図 4 曲げ試験条件



写真 2 曲げ試験の様子



写真 3 全スパンのたわみの測定



写真 4 モーメント一定区間のたわみの測定

最大荷重 F_{ult} から曲げ強さ(F_b)を次式により求め、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、また、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)を次式により算出した。

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

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。

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

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
- ϱ : 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 ($(幅 \times 高さ^3)/12$)
- $w_2 - w_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分。

曲げ強さについては、信頼水準 75%の 95%下側許容限界値(TL)を次式により算出した。

$$TL = AV - K_{\beta\%} \times SD$$

ここで、

- TL : 信頼水準75%の95%下側許容限界値
- AV : 平均値
- $K_{\beta\%}$: 試験体数による定数 ($n=10$ のとき $K_{\beta\%}=2.104$)
- SD : 標準偏差

3. 試験の結果

3.1 乾燥による形質変化

表3に乾燥仕上がり時における形質の状況を心持ち材と心去り材に分けて示した。

また、測定した動的ヤング係数から製造する接着重ね梁の製材ラミナ組み合わせは前出の表3に示した。

表4 製材ラミナの乾燥後における形質

中心製材ラミナ (心持ち材)

	長さ (cm)	重量 (Kg)	縦振動 (Hz)	動的 ヤング係数	幅(mm) 板目方向	厚(mm) 径目方向	密度 (g/cm ³)	曲がり (mm/6m)	ねじれ (mm/4m)	割れ (cm)	含水率計 (%)	
平均値	609.0	72.1	402.3	12.7	149.8	150.1	0.526	3.9	5.3	910.5	11.3	
標準偏差	3.0	7.4	18.1	2.0	1.5	1.6	0.1	5.4	4.6	569.2	3.1	
最小値	603.0	62.2	375.0	9.6	147.0	147.8	0.456	0	0.0	205	7.0	
最大値	613.2	86.8	434.0	17.6	152.3	152.8	0.630	21	14.5	1870	18.0	
COUNT	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
心持ち材	1	607.7	72.36	375	10.81	149.72	152.82	0.520	0	1.5	790	10.5
	2	613.0	78.34	395	13.37	149.75	149.64	0.570	0	10.3	1870	11.5
	3	610.0	74.78	378	11.46	151.39	150.31	0.539	5	0	850	15.5
	4	609.0	86.82	434	17.60	148.57	152.35	0.630	0	0	1020	18.0
	5	611.5	82.68	402	14.41	150.43	150.82	0.596	5	2.4	1750	11.0
	6	611.3	75.00	397	13.09	149.45	147.76	0.556	0	13.7	1350	12.0
	7	605.5	62.30	378	9.57	147.86	152.43	0.457	2	5.5	280	7.5
	8	610.5	76.10	422	14.95	149.29	148.31	0.563	4	7.5	1170	13.0
	9	606.9	64.02	407	11.42	152.26	148.07	0.468	6	4.2	565	7.0
	10	607.4	67.48	400	11.73	149.74	149.33	0.497	21	2.0	245	13.5
	11	610.5	76.14	407	13.58	151.39	149.86	0.550	0	2.6	1100	12.5
	12	604.5	62.18	419	11.70	151.94	148.44	0.456	4	7.0	310	8.0
	13	610.5	65.50	402	11.72	147.00	150.02	0.487	7	14.5	1672	9.5
	14	603.0	68.08	429	13.50	148.53	150.71	0.504	0	2.7	480	12.0
	15	613.2	69.58	390	11.51	150.14	150.26	0.503	5	5.8	205	8.0

上下製材ラミナ (心去り材)

	長さ (cm)	重量 (Kg)	縦振動 (Hz)	動的 ヤング係数	幅(mm) 板目方向	厚(mm) 径目方向	密度 (g/cm ³)	曲がり (mm/6m)	そり (mm/6m)	そり 木裏	そり 木表	ねじれ (mm/6m)	割れ (cm)	含水率計 (%)
平均値	608.1	64.8	406.8	13.3	138.4	142.0	0.542	5.0	11.5			1.2	35.3	13.9
標準偏差	2.1	4.7	19.3	1.6	1.7	2.3	0.0	4.6	5.7			2.0	75.2	3.2
最小値	604.5	56.3	366.0	10.6	134.8	137.6	0.469	0	0			0.0	0	8.0
最大値	611.7	71.9	437.0	16.8	142.3	146.2	0.599	20	24			6.0	342	18.5
COUNT	30	30	30	30	30	30	30	30	30			30	30	30
心去り材	1-1	609.9	64.10	407	13.40	137.51	140.56	0.544	11	0		0	0	13.0
	1-2	609.5	63.30	390	12.04	138.07	141.26	0.532	20	3	○	0	0	11.5
	2-1	606.2	64.14	419	13.62	138.46	144.77	0.528	3	7	○	0	120	15.0
	2-2	605.5	64.52	407	13.28	138.88	142.37	0.547	7	5	○	2.0	10	10.0
	3-1	606.5	71.70	412	14.72	140.42	142.80	0.590	0	16	○	0	0	14.5
	3-2	605.0	70.74	422	15.43	137.70	143.51	0.592	5	10	○	0	0	17.0
	4-1	608.5	59.52	415	12.78	138.16	140.82	0.504	12	6		○	0	8.0
	4-2	607.5	63.20	397	12.06	139.81	143.60	0.518	0	9	○	0	0	10.5
	5-1	607.5	62.60	383	11.50	137.87	140.74	0.531	5	7	○	0	40	12.0
	5-2	607.8	61.02	415	12.82	139.25	143.13	0.504	2	13	○	5.5	0	14.0
	6-1	607.8	67.00	419	14.72	139.54	143.35	0.567	10	13	○	0	0	13.5
	6-2	606.3	67.28	383	11.78	139.10	146.11	0.546	12	14		○	0	15.0
	7-1	610.1	58.62	432	13.79	139.23	139.04	0.496	0	24	○	0	0	16.5
	7-2	609.8	62.14	417	13.17	139.76	143.19	0.509	5	23	○	6.0	20	12.0
	8-1	611.3	61.24	410	12.56	138.75	144.41	0.500	5	19	○	0	0	10.0
	8-2	611.7	58.88	402	12.13	138.71	138.32	0.502	6	20	○	1.5	0	14.0
	9-1	608.0	57.96	407	11.48	142.29	142.80	0.469	6	15	○	0	0	13.0
	9-2	607.8	59.56	388	10.93	136.47	146.18	0.491	7	11	○	4.5	20	15.0
	10-1	604.5	68.16	378	12.04	140.04	139.65	0.577	3	9	○	3.6	0	18.0
	10-2	604.5	71.94	368	11.61	142.08	142.79	0.587	0	9	○	0	0	18.5
	11-1	610.0	65.10	366	10.60	139.21	144.24	0.531	3	12	○	0	0	10.5
	11-2	610.7	67.12	378	11.74	139.46	143.03	0.551	2	11	○	0	28	18.5
	12-1	609.3	67.32	424	15.45	138.41	137.89	0.579	0	14	○	4.2	43	18.5
	12-2	609.0	70.50	427	15.95	138.71	141.56	0.590	3	3	○	4.5	130	14.5
	13-1	608.0	71.88	417	15.41	137.12	143.85	0.599	9	16	○	1.0	176	16.5
	13-2	608.5	69.34	417	15.31	136.64	140.28	0.594	6	13	○	4.1	0	13.5
	14-1	605.3	69.88	415	15.04	137.40	141.00	0.596	0	11	○	0	342	17.0
	14-2	606.5	69.14	437	16.82	138.37	137.63	0.599	3	15	○	0	130	18.5
	15-1	610.6	56.26	429	13.52	134.80	138.75	0.493	6	11	○	0	0	8.5
	15-2	611.0	58.84	424	13.36	135.51	142.77	0.498	0	5	○	0	0	9.5

3.1.1 乾燥仕上がり含水率 (図5、表5)

本試験では、前述した通り上下製材ラミナ (心去り材) と中心製材ラミナ (心持ち材) を同一時に同一乾燥装置で実施した。乾燥時の寸法は、上下製材ラミナ (心去り材) が 145×145×6,000 mm、中心製材ラミナ (心持ち材) が 155×155×6,000 mmであり、心去り材である上下製材ラミナは、乾燥によるねじれ量が少ないため、心持ち材より寸法を小さく設定した。したがって、断面は上下製材ラミナ (心去り材) の方が中心製材ラミナ (心持ち材) よりも小さい。

図5では乾燥仕上がり含水率を、上側製材ラミナ (心去り材)、中心製材ラミナ (心持ち材)、下側製材ラミナ (心去り材) に分けて示した。

全乾法による仕上がり含水率は、上側製材ラミナ (心去り材) が 17.0% (12.6~22.2%)、下側製材ラミナ (心去り材) が 16.8% (13.1~20.1%) であり、これに対して断面のやや大きい中心製材ラミナ (心持ち材) は 16.6% (11.5~20.1%) となり上下製材ラミナとほぼ同じ仕上がりだった。今回目標とした乾燥仕上がり含水率は 15%以下であったため、今回の乾燥スケジュールではこの含水率に仕上がらなかった。

H28 年度に実施したカラマツ心持ち材 135×135×4,000 mmと同一寸法の心去り材 135×135×4,000 mmの混載乾燥では、トータル 9 日間の高温セット乾燥で、心去り材が 18.7%、心持ち材が 15.2%の仕上がり状態であった。このため、今回の寸法が前回の時よりも大きかったこともあり、今回の乾燥期間をこの時より 4 日間延長した 13 日間としたが目標の 15%以下にはならなかった。したがって、15%以下の含水率にするには、さらに 3 日程度の乾燥が必要と思われた。

また一方で、前回の乾燥試験から、心去り材と心持ち材を同一寸法で乾燥すると、仕上がり含水率に差が生じることから、今回、心去り材より心持ち材の寸法を大きくすることで、仕上がり含水率をほぼ同一に仕上げようとしたが、このことはほぼ目標通りとなった。

今回行った乾燥スケジュールで含水率 15%以下に仕上がった材は、上下製材ラミナ (心去り材) で 30 本中 6 本、中心製材ラミナ (心持ち材) で 15 本中 3 本であった。

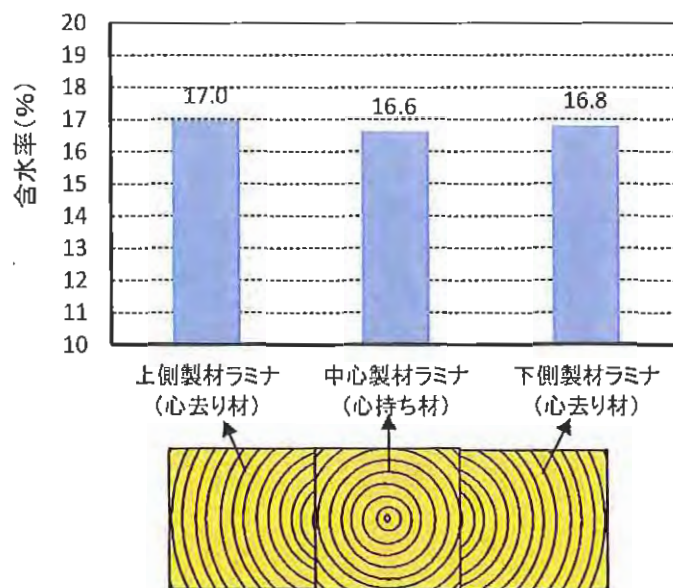


図5 製品の含水率 (全乾法)

表5 製材ラミナの仕上がり含水率

	含水率計 (3箇所平均) (%)	全乾法含水率(%)			全平均 含水率 (%)	
		上側製材ラミナ (心去り材)	中心製材ラミナ (心持ち材)	下側製材ラミナ (心去り材)		
平均值	17.5	17.0	16.6	16.8	16.8	
標準偏差	3.7	3.0	2.3	1.7	1.5	
最小値	13.0	12.6	11.5	13.1	14.7	
最大値	23.7	22.2	20.1	20.1	19.5	
COUNT	15	15	15	15	15	
新A型 接着重ね梁	NO.1	13.2	16.7	17.5	13.1	15.8
	NO.2	19.7	15.8	20.1	15.6	17.2
	NO.3	20.7	22.2	16.2	17.5	18.6
	NO.4	18.5	21.1	18.8	18.5	19.5
	NO.5	17.2	20.1	18.6	18.6	19.1
	NO.6	13.2	16.3	13.0	16.4	15.2
	NO.7	13.7	17.6	11.5	16.4	15.2
	NO.8	15.7	15.2	15.7	16.1	15.7
	NO.9	13.0	12.6	14.3	17.1	14.7
	NO.10	15.7	12.6	16.1	18.7	15.8
	NO.11	14.5	14.8	16.0	20.1	17.0
	NO.12	21.0	21.1	18.0	17.1	18.7
	NO.13	23.7	15.8	18.6	16.5	17.0
	NO.14	22.7	17.8	16.6	14.7	16.4
	NO.15	20.3	14.7	18.3	15.7	16.2

次に、全乾密度と仕上がり含水率との関係を図6に示した。全乾密度と仕上がり含水率との関係では、全乾密度が高い材は仕上がり含水率も高い傾向にあった。また上下製材ラミナに使用した心去り材は、中心製材ラミナに使用した心持ち材と比較して全乾密度が高い傾向にあった。

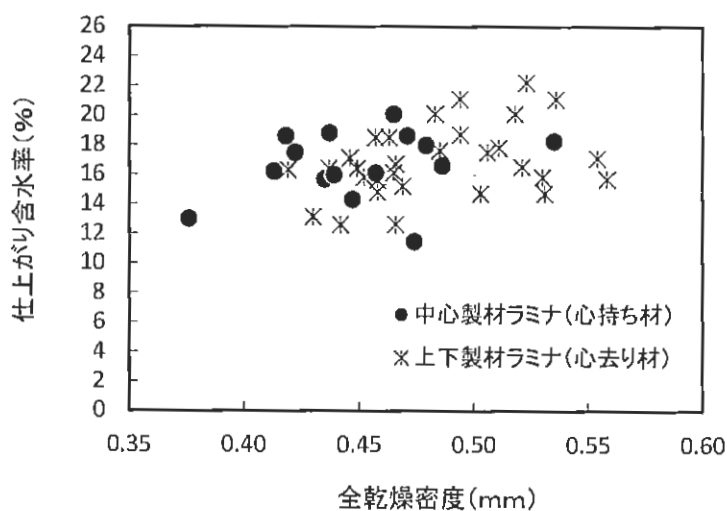


図6 全乾密度と仕上がり含水率の関係

3.1.2 平均年輪幅と全乾密度

製材ラミナの基本的な材質である平均年輪幅と全乾密度を図 7、8 に、また両者の関係を図 9 に示した。

平均年輪幅は、心去り材である上下製材ラミナが平均で 3.61 mm (2.53~5.34 mm) に対し、心持ち材である中心製材ラミナは平均で 4.26 mm (2.49~6.27 mm) であった。心持ち材は心去り材より平均年輪幅が広く、初期成長の旺盛なカラマツの特徴が表れていた。

また、全乾密度は、心去り材である上下製材ラミナが平均で 0.484 g/cm³ (0.419~0.558 g/cm³) に対し、心持ち材である中心製材ラミナは平均で 0.450 g/cm³ (0.376~0.535 g/cm³) であり心去り材より軽く、ここにも初期成長の旺盛なカラマツの特徴が表れていた。

平均年輪幅と全乾密度の関係 (図 9) では、平均年輪幅が狭いほど全乾密度は高くなる傾向が見られた。

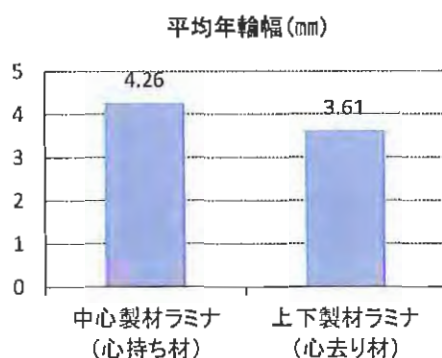


図 7 平均年輪幅 (平均値)

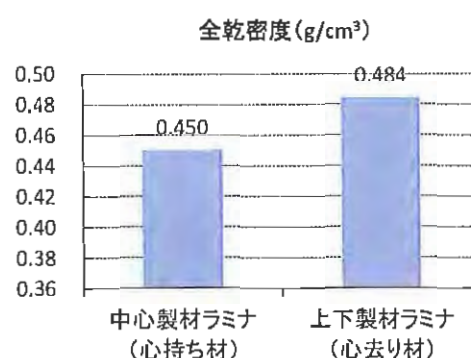


図 8 全乾密度 (平均値)

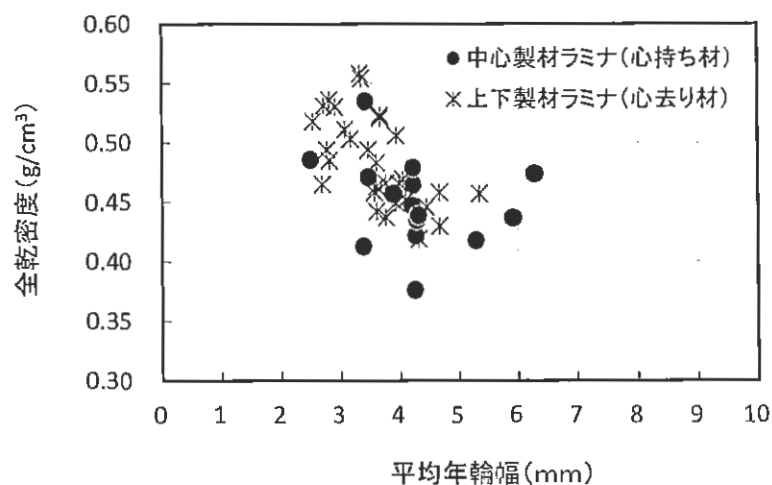


図 9 平均年輪幅と全乾密度の関係

3.1.3 製材ラミナの材面割れ

試験材 1 本当りの材面割れ合計の長さを図 10 に示した。試験材の長さは 6m である。

材面割れの発生があった試験材の本数は、心持ち材である中心製材ラミナ 15 本中全てに発生したのに対し、心去り材である上下製材ラミナでは 30 本中 11 本に発生した。しかし、心去り材の材面割れの長さは短く細い割れが多かった。長さ 100 cm を超えるものは 5 本であった。

なお、今回の接着重ね梁の製造において、中心製材ラミナは材面割れの多かった面をできるだけ接着面に配置したため、作製した接着重ね梁では割れはそれほど目立たなかった。

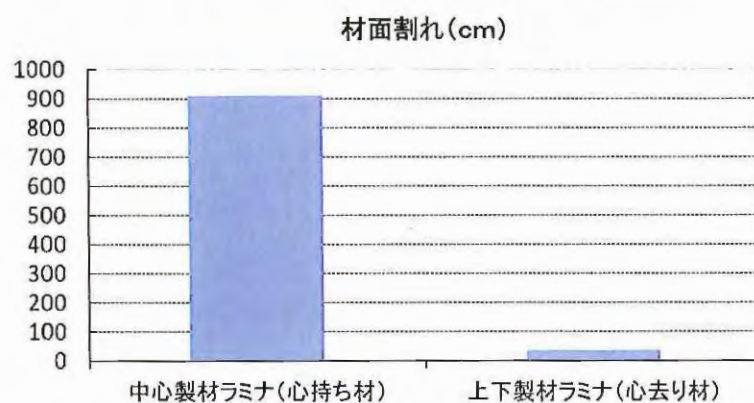


図 10 1 本当りの材面割れ長さ (平均値)



写真 5 乾燥後の材面割れの一例 (心持ち材)

3.1.4 製材ラミナの曲がりやねじれ

曲がり・そりの発生量の平均値とねじれの発生量の平均値を図 11 に示した。

曲がり・そりの発生量は、上下製材ラミナである心去り材が大きく、このうち半径方向のそりが目立って多かった。この平均は 11.5 mm/6m で最大が 24 mm/6m であった。半径方向のそりは、木裏側へのそりがほとんどで、木表側へのそりは 2 本のみであった。

一方、中心製材ラミナである心持ち材の曲がり・そりでは、平均値が 3.9 mm/6m、最大が 21 mm/6m であった。

ねじれについては、心去り材と心持ち材に大きな差が生じた。平均値で見ると、心去り材が 1.2 mm/6m に対し心持ち材が 5.3 mm/6m の発生であった。繊維傾斜の小さい成熟材部が多く存在する心去り材では、未成熟材部の多い心持ち材に比べ、ねじれが小さい結果となった。

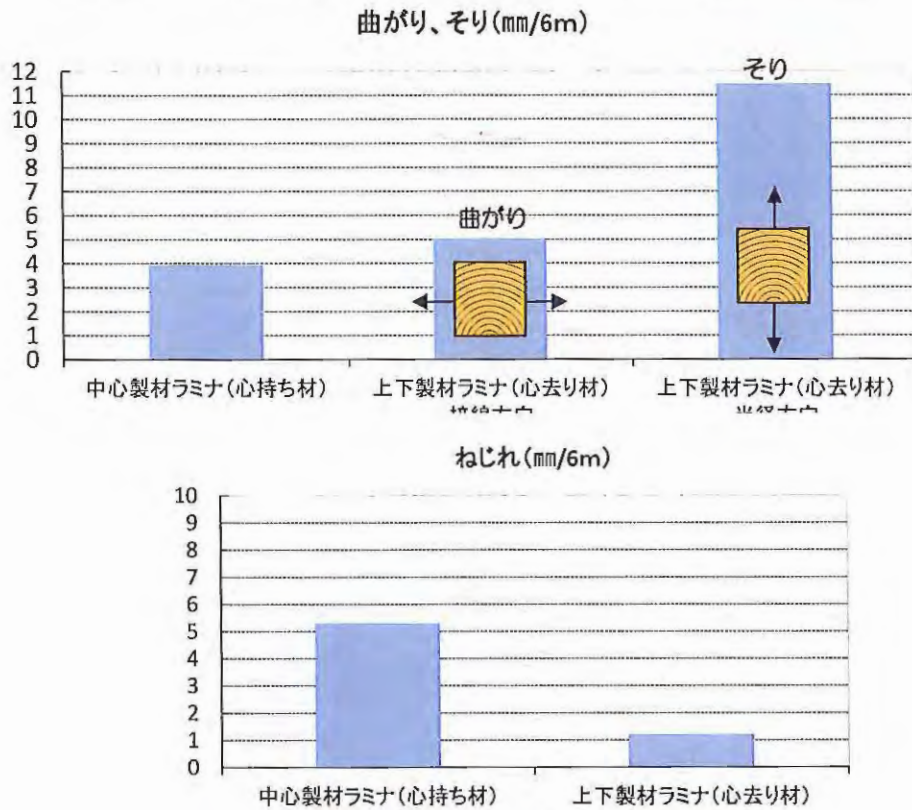


図 11 曲がり及びねじれ量 (平均値)



写真 6 乾燥後の製材ラミナの様子

3.2 曲げ強度試験

曲げ強度試験の結果を表6に示した。

カラムツ新A型接着重ね梁の曲げ強度性能は、曲げヤング係数が平均12.05kN/mm²、曲げ強さが平均41.0N/mm²であった。

既往の心持ち材のみで構成された同断面の接着重ね梁の曲げ強度性能は、12本の平均であるが曲げヤング係数が10.66kN/mm²、曲げ強さが32.9N/mm²であった。

したがって、心去り材を利用した新A型接着重ね梁では、かなり高強度の桁材が得られる可能性がある。このことは、心去り材が心持ち材に比べて材質的に優れている成熟材が多いことが一因としてあげられる。

図12には新A型接着重ね梁の曲げヤング係数と曲げ強さの関係を示したが、両者の相関は高かった。このことから、新A型接着重ね梁では曲げヤング係数から曲げ強さの推定が可能であると思われる。

また、図13には新A型接着重ね梁を構成する製材ラミナ3本の製造前の動的ヤング係数の平均とこれらで構成した新A型接着重ね梁の曲げ強さの関係を示したが、両者の相関も高かった。したがって、新A型接着重ね梁では、動的ヤング係数がわかっている製材ラミナの組み合わせ(同一等級)によって、そこから作製される接着重ね梁の曲げ強さの推定が可能と思われる。

表6 曲げ強度試験結果

	幅 (mm)	せい (mm)	長さ (mm)	重量 (g)	密度 (g/cm ³)	そり (広い面) (mm/6m)	曲がり (狭い面) (mm/6m)	動的 ヤング係数 (kN/mm ²)	真の曲げ ヤング係数 (kN/mm ²)	みかけの曲げ ヤング係数 (kN/mm ²)	2017.6.21 TGH法			
											曲げ強さ (N/mm ²)	真の曲げ ヤング係数 (kN/mm ²)	せん断 弾性係数 (kN/mm ²)	
平均値	119.9	360.5	6089.5	138458	0.526	3.1	1.9	12.19	13.09	12.05	41.0	13.91	0.75	
標準偏差	0.3	0.3	31.4	9799	0.0	2.3	1.0	1.6	1.57	1.30	6.6	1.83	0.04	
最小値	119.3	359.9	6028	123401	0.473	0	0	9.38	10.95	9.96	29.0	11.06	0.68	
最大値	120.3	361.1	6133	157600	0.596	8	4	15.53	15.81	14.47	52.1	17.75	0.84	
COUNT	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
新A型 接着重ね梁	NO.1	120.08	359.92	6055	127000	0.485	5	1	9.38	10.95	9.96	29.0	11.06	0.80
	NO.2	119.53	360.55	6078	133346	0.509	0	2	10.86	11.18	10.84	37.6	12.72	0.71
	NO.3	120.19	360.49	6066	139576	0.531	0	2	10.99	11.06	10.82	35.1	12.23	0.72
	NO.4	119.59	360.49	6100	139267	0.530	8	3	10.85	12.12	10.90	37.1	12.34	0.79
	NO.5	119.84	360.28	6130	137818	0.521	5	2	11.01	12.01	10.99	35.0	13.05	0.69
	NO.6	119.96	360.01	6045	123401	0.473	4	2	11.05	12.61	11.71	42.0	13.00	0.68
	NO.7	120.33	360.55	6104	130666	0.493	2	2	11.77	12.83	11.70	41.7	13.22	0.78
	NO.8	120.22	360.53	6072	132754	0.504	4	1	11.90	13.14	12.10	35.2	13.56	0.76
	NO.9	119.94	360.52	6115	135026	0.511	0	2	12.04	12.38	11.69	43.3	13.20	0.76
	NO.10	120.03	360.57	6133	136167	0.513	1	0	12.66	13.97	12.31	45.4	13.90	0.75
	NO.11	120.08	360.00	6028	132599	0.509	6	2	13.17	14.15	12.99	39.2	14.58	0.73
	NO.12	120.08	360.44	6105	148745	0.583	1	1	13.43	13.55	12.88	42.0	15.41	0.72
	NO.13	119.25	361.09	6120	153000	0.581	4	2	13.92	14.91	13.22	49.7	16.12	0.80
	NO.14	119.35	360.74	6102	150000	0.571	3	4	14.29	15.66	14.19	52.1	16.60	0.84
	NO.15	120.25	360.77	6091	157590	0.596	4	3	15.53	15.81	14.47	51.2	17.75	0.79

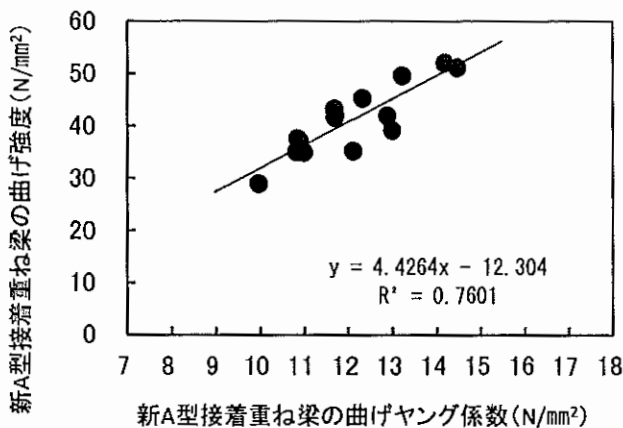


図12 新A型接着重ね梁の曲げヤング係数と曲げ強度の関係

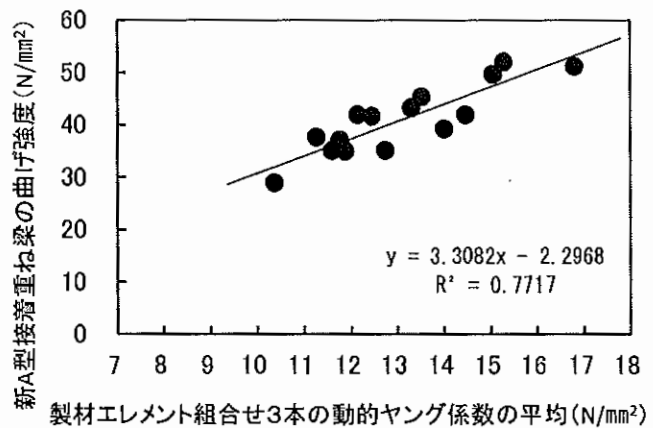


図13 製材ラミナ組合せ3本の動的ヤング係数の平均と曲げ強度の関係

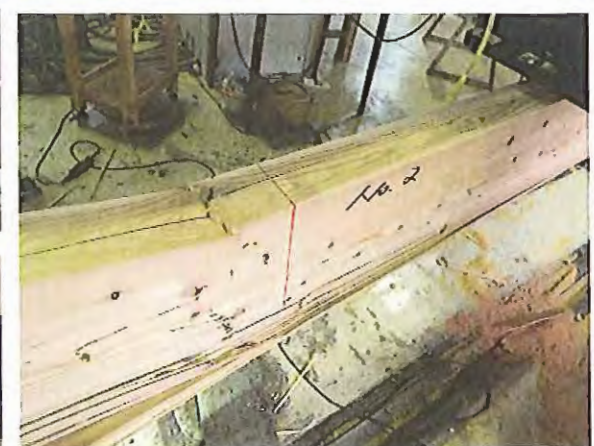
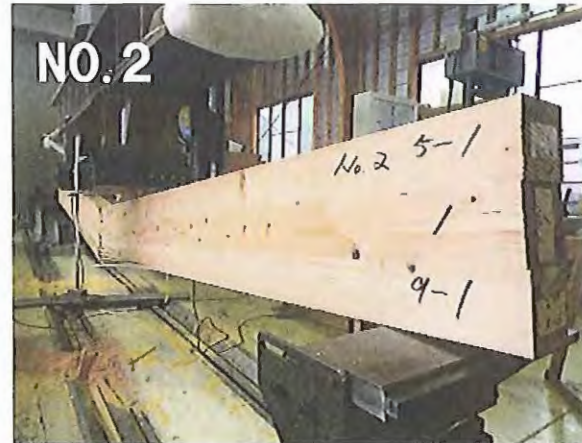
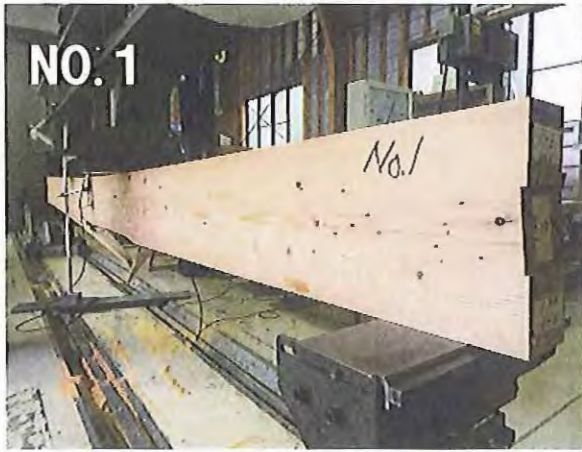
3.3 まとめ

カラマツ中径材 15 本から製材した心持ち正角材 15 本と、カラマツ大径材 15 本から製材された心去り正角材 30 本を同時に高温セット乾燥し乾燥特性を把握した。さらに、これらの乾燥した製材ラミナを使用し、心持ち製材ラミナを心去り製材ラミナで挟み込んだ 3 本重ねの新 A 型接着重ね梁（旧型は心持ち製材ラミナのみを組み合わせた接着重ね梁）を作製し強度性能試験を実施した。

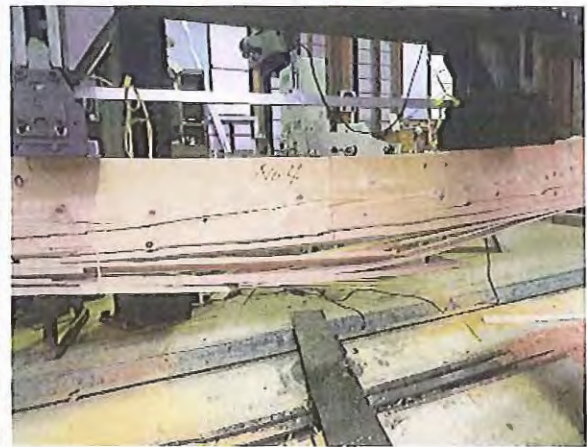
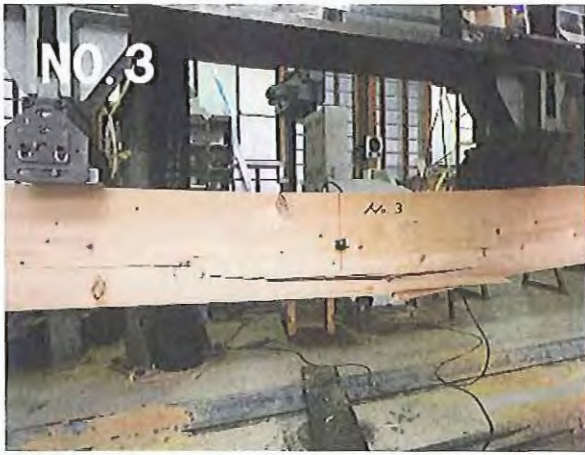
その結果、

- (1) 心持ち材（155×155 mm角）は乾燥によるねじれが大きいことを見込んで製材寸法を心去り材（145×145 mm角）より大きくしたが、乾燥仕上がり含水率は両者とも平均 17%程度とほぼ同程度に仕上がった。このことは、心去り材である製材ラミナの乾燥が心持ち製材ラミナに比べて遅いことを意味し、これは、心去り製材ラミナの全乾密度が高かったことに起因したものである。
- (2) 材面割れは心去り材にはほとんど発生せず、心持ち材に多く発生した。
- (3) 曲がり・そりは心去り材に多く平均で 11.5 mm/6mあり、ほとんどが木裏側に発生した。
- (4) ねじれの発生は圧倒的に心持ち材に多く、平均で心去り材の 4 倍ほど発生した。
- (5) 新 A 型接着重ね梁の曲げ強度性能は、曲げヤング係数が平均 12.05kN/mm²、曲げ強さが平均 41.0N/mm²であった。既往の心持ち材のみで構成された同断面の接着重ね梁の曲げ強度性能は、曲げヤング係数が 10.66kN/mm²、曲げ強さが 32.9N/mm²であったため、これよりは高性能な接着重ね梁ができた。
- (6) 新 A 型接着重ね梁の曲げヤング係数と曲げ強さには強い相関関係にあった。また新 A 型接着重ね梁を構成する製材ラミナ 3 本の製造前の動的ヤング係数の平均とこれらで構成した新 A 型接着重ね梁の曲げ強さにも強い相関関係があった。

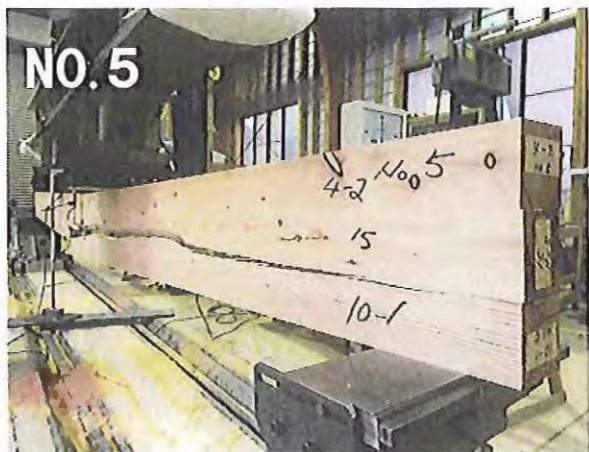
【付録：新 A 型接着重ね梁の強度試験の様子】



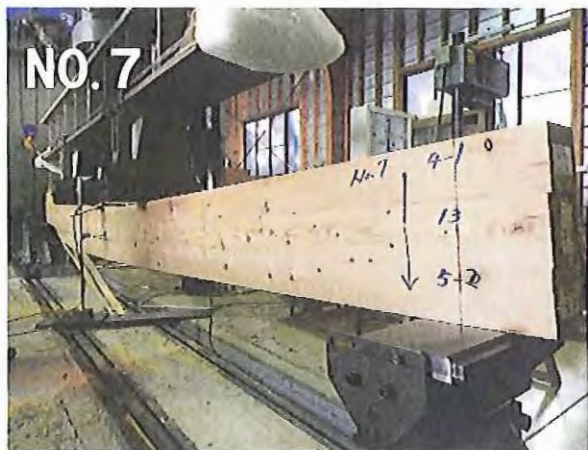
【付録：新 A 型接着重ね梁の強度試験の様子】



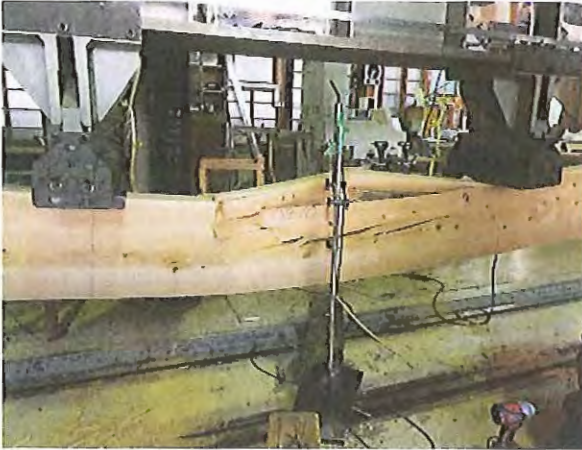
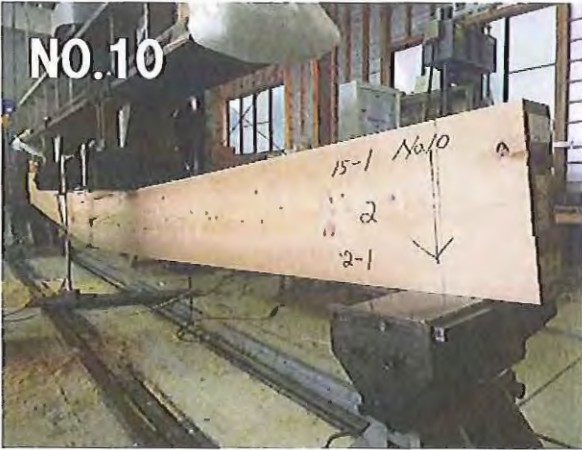
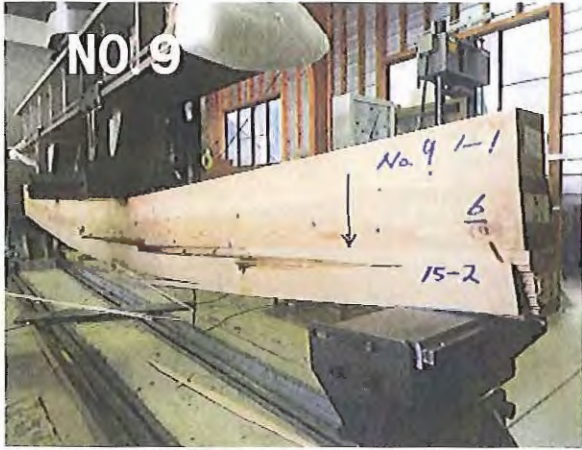
【付録：新 A 型接着重ね梁の強度試験の様子】



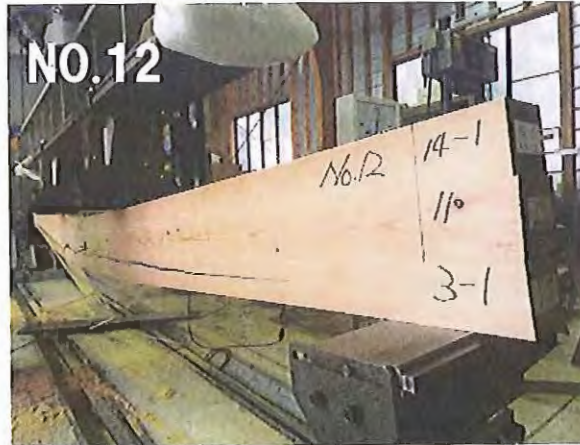
【付録：新 A 型接着重ね梁の強度試験の様子】



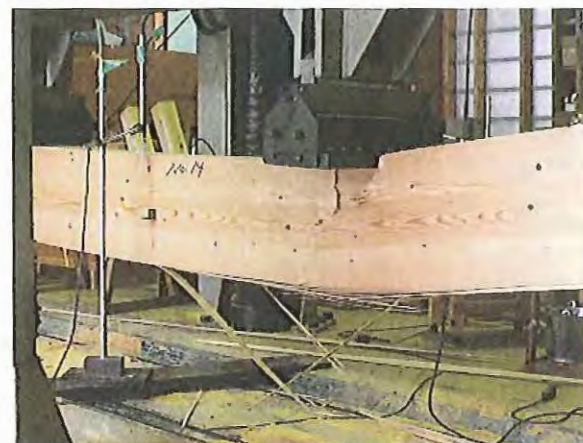
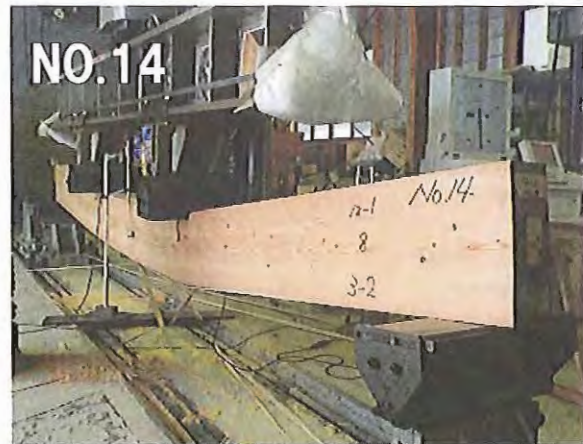
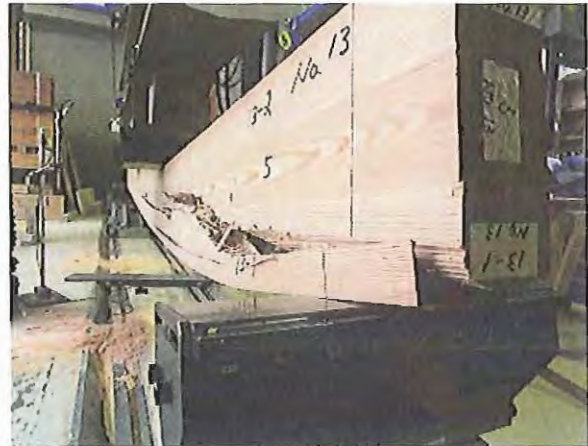
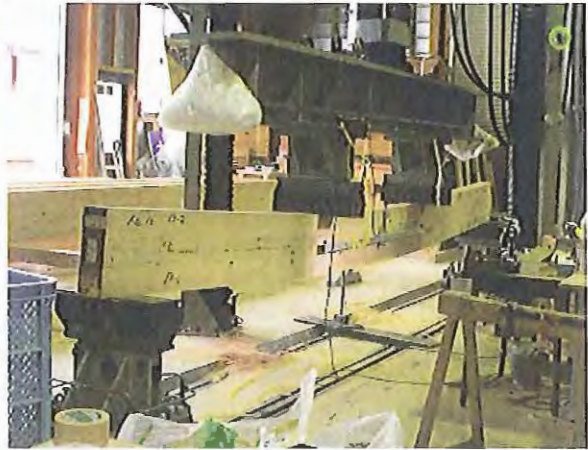
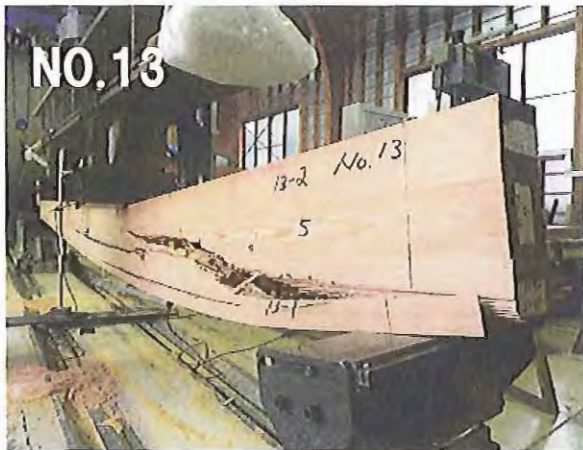
【付録：新 A 型接着重ね梁の強度試験の様子】



【付録：新 A 型接着重ね梁の強度試験の様子】



【付録：新 A 型接着重ね梁の強度試験の様子】



【付録：新 A 型接着重ね梁の強度試験の様子】

