

心去り材を用いた新 A タイプ接着重ね梁の性能評価

— 乾燥試験と曲げ強度試験 —

吉田孝久・今井信・奥原祐司・山岸信也[※]

カラマツ大径材から製材される心去り角材の利用方法として、これまでに開発を行ってきた A タイプ接着重ね梁への応用を検討した。本研究では、心持ち材を用いた三本重ねの A タイプ接着重ね梁において、中心材に心持ち材を用い、上下材に心去り材を用いた新 A タイプ接着重ね梁について、正角材の乾燥及び接着重ね梁の曲げ強度性能について検討した。

その結果、心持ち無背割り正角材及び心去り正角材の乾燥では、13日間の110°C高温セット乾燥により両者とも含水率はおおよそ20%以下に仕上がった。心去り材のそりは平均で11.5mm/6mであり、ほとんどが木裏側の発生であった。また、曲げ試験では、曲げヤング係数(MOE)と曲げ強度(MOR)の平均値は、それぞれ12.05kN/mm²と41.0N/mm²であり、既往の心持ち材のみで構成された同断面の A タイプ接着重ね梁と比較すると(MOE=10.66 kN/mm², MOR=32.9N/mm²), 新 A タイプの接着重ね梁はいずれも高い数値となった。

キーワード： A タイプ接着重ね梁, 新 A タイプ接着重ね梁, カラマツ, 製材ラミナ, 6m材

1 はじめに

平成 8 年、高温セット乾燥法の開発により材面割れの少な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、心持ち正角材や平角材を複数本組み合わせさせた「接着重ね梁：A タイプ」の開発が開始され、平成 28 年 4 月には木質複合軸材料として建築基準法第 37 条に基づく国土交通大臣の認定を取得するまでに至った。

現在認定されている接着重ね梁は A タイプ、B タイプ、C タイプの 3 種類があり、A タイプは、主に小径材から製材された心持ち角材を 2 本あるいは 3 本積層接着したもの、B タイプは、主に中径材から製材された心持ち角材とその両サイドから製材された平割材で構成されたもの、C タイプは主に大径材から製材された高強度な平割材で構成されたものである。

開発当初の A タイプ接着重ね梁は、小中径材から梁背の大きな横架材の開発を目的に開発されたもので、心持ち正角材や心持ち平角材で構成されている。接着重ね梁は集成材に比べて接着面が少なく、見た目には無垢材に近い質感を持つことが特長である。

本研究においては、高齢大径材の生産が盛んになってきた現在、これら大径材から製材される心去り材を有効利用した新 A タイプの接着重ね梁の製造と性能評価を、乾燥と強度性能の面から検討した。

新 A タイプの接着重ね梁は、中心材にこれまで通りの心持ち材を利用し、上下材には大径材から

製材された心去り材を配置した三本重ねの接着重ね梁である。大径材から製材される心去り材は、成熟材の割合が心持ち材に比べて多く、強度性能に優れていることから、これまでの心持ち材のみで構成された A タイプの接着重ね梁よりもさらに高強度な材料が作製できることを期待した。また、上下に心去り材を配置することにより、心持ち材のみで構成された接着重ね梁より、さらに無垢材に近い質感が得られることも想定した。

なお、本研究は平成 29 年度「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 試験方法

2.1 供試材

長野県内産の末口短径 31~37 cm の 6m カラマツ丸太 15 本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 6m 丸

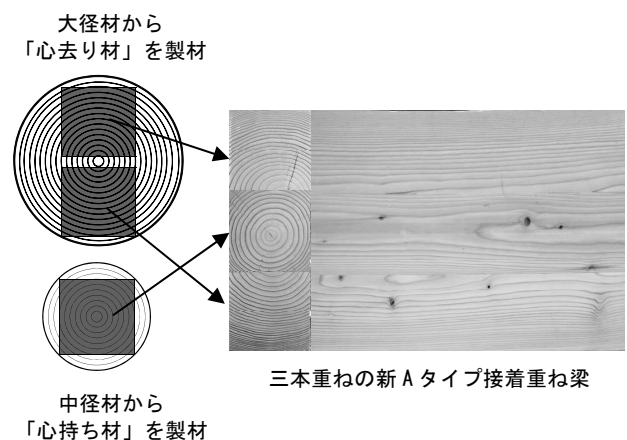


図1 心去り材と心持ち材の木取りと新 A タイプ接着重ね梁

※) 南信州地域振興局林務課

太 15 本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 年生の大径材から二丁取りで製材し、また、心持ち材は 43 年～71 年生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、供試材の概要を表 1 に、また、試験の流れを図 2 に示した。

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

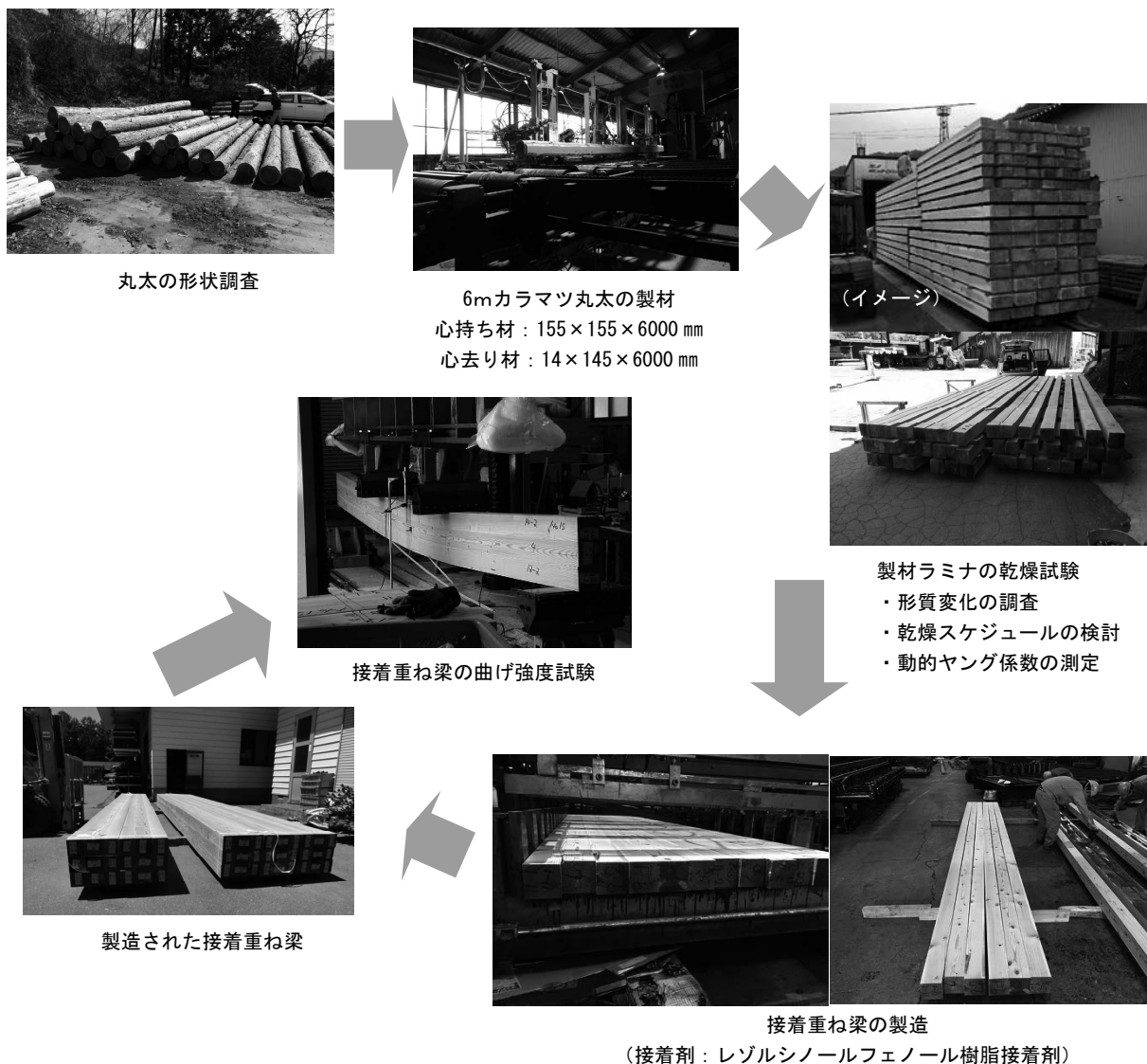


図 2 試験の流れ

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実施した。

心持ち材と心去り材を同一に栈積みし、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。

乾燥の前と後で製材ラミナの長さ、幅、厚さ、重量、含水率（含水率計による測定）、ねじれ、曲がり、材面割れ等の測定を行った。材面割れは、木口から 10cm までの割れは除き、割れ幅 1 mm 以下の割れも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 とし、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(縦振動周波数)を測定した。

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

※蒸煮時間は装置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 タイプ接着重ね梁 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、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斎藤木材工業（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。

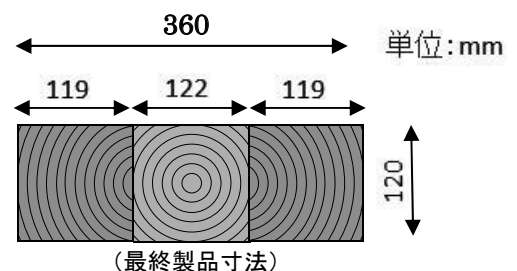
接着剤はレゾルシノールフェノール樹脂接着剤を使用し、接着剤塗布は手塗りとした。

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 タイプ接着重ね梁）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タイプ 接着重ね梁	外層(上) 製材ラミナ	中心 製材ラミナ	外層(下) 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



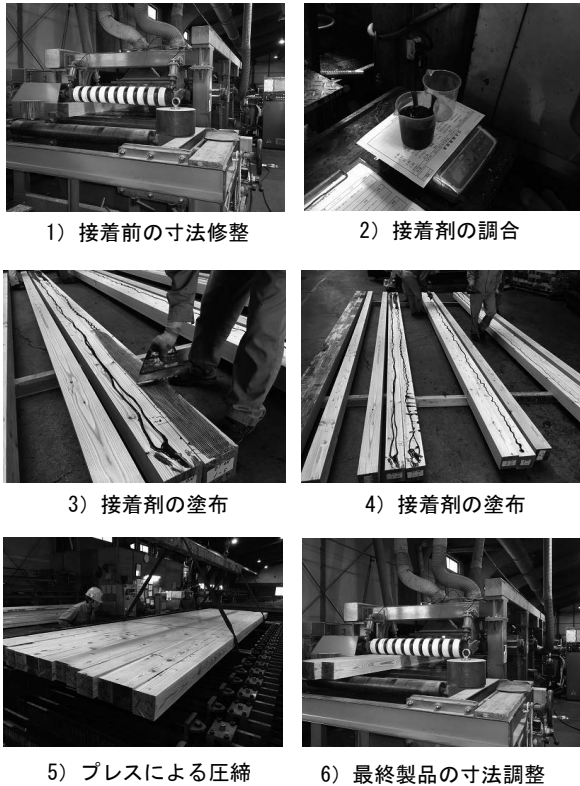


図3 接着重ね梁の製造

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2左下)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2右下)を測定した。

次式により、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。

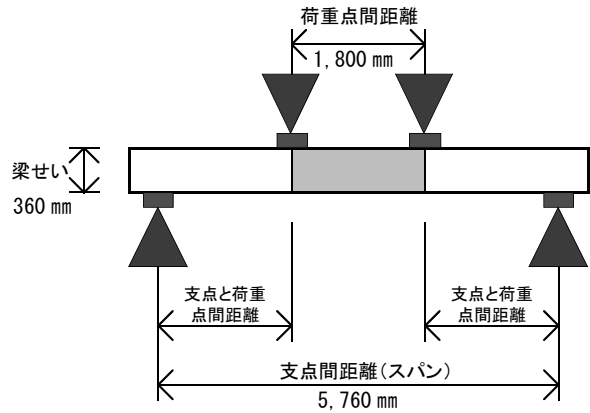
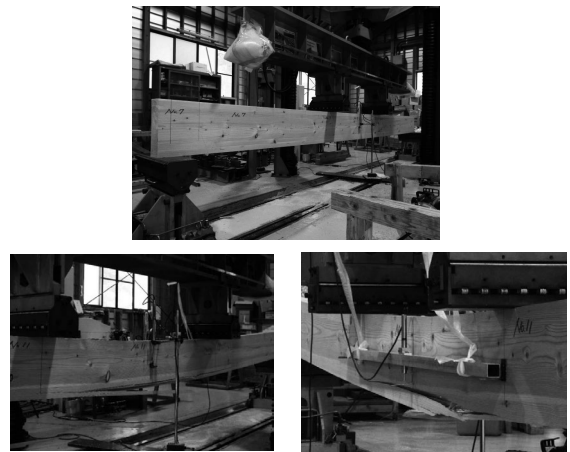


図4 曲げ試験条件



(全スパンのたわみの測定) (モーメント一定区間のたわみの測定)

写真2 曲げ試験の様子

$$F_b = aF_{ult}/2Z$$

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)

$$E_m = a(3L^2 - 4a^2)(F_2 - F_1)/48I(w_2 - w_1)$$

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加重の増分 (F_{ult} の 10%~40%)

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

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

ここで、

E_m = 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
加重の増分 (F_{ult} の 10%~40%)

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

3. 試験の結果

3.1 乾燥による形質変化

表 4 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 に示したとおりである。

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) 柱目方向	密度 (g/cm ³)	曲がり (mm/6m)	ねじれ (mm/6m)	割れ (cm)	含水率計 (%)	
平均値	609.0	72.1	402.3	12.69	149.8	150.1	0.526	3.9	5.3	910.5	11.3	
標準偏差	3.0	7.4	18.1	1.98	1.5	1.6	0.1	5.4	4.6	569.2	3.1	
最小値	603.0	62.2	375.0	9.57	147.0	147.8	0.456	0	0	205	7.0	
最大値	613.2	86.8	434.0	17.60	152.3	152.8	0.630	21	15	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	2	790	10.5
	2	613.0	78.34	395	13.37	149.75	149.64	0.570	0	10	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	1750	11.0
	6	611.3	75.00	397	13.09	149.45	147.76	0.556	0	14	1350	12.0
	7	605.5	62.30	378	9.57	147.86	152.43	0.457	2	6	280	7.5
	8	610.5	76.10	422	14.95	149.29	148.31	0.563	4	8	1170	13.0
	9	606.9	64.02	407	11.42	152.26	148.07	0.468	6	4	565	7.0
	10	607.4	67.48	400	11.73	149.74	149.33	0.497	21	2	245	13.5
	11	610.5	76.14	407	13.58	151.39	149.86	0.550	0	3	1100	12.5
	12	604.5	62.18	419	11.70	151.94	148.44	0.456	4	7	310	8.0
	13	610.5	65.50	402	11.72	147.00	150.02	0.487	7	15	1672	9.5
	14	603.0	68.08	429	13.50	148.53	150.71	0.504	0	3	480	12.0
	15	613.2	69.58	390	11.51	150.14	150.26	0.503	5	6	205	8.0

上下製材ラミナ (心去り材)

曲がり：接線方向の反り
そり：半径方向の反り

	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) 柱目方向	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	13.30	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	1.65	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	10.60	134.8	137.6	0.469	0	0			0	0	8.0
最大値	611.7	71.9	437.0	16.82	142.3	146.2	0.599	20	24			6	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	136.88	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	606.5	59.52	415	12.78	138.16	140.82	0.504	12	6	○	0	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	135.54	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	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	142.90	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内で実施した。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、乾燥時間に影響する断面の大きさは、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%) でありほぼ同程度、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) も上下製材ラミナとほぼ同程度の 16.6% (11.5~20.1%) に仕上がっていた。このことから、心持ち材に比べ心去り材はやや乾燥が遅いのではないかと推測される。

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。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。

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。

ちなみに、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 日間の高湿セット乾燥で、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、今回の乾燥時間をこの時より 4 日間延長した 13 日間としたが、目標の 15% 以下には至らなかった。

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、心持ち材に比べ心去り材の方が仕上がり含水率が高かったことから、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

げることができた。

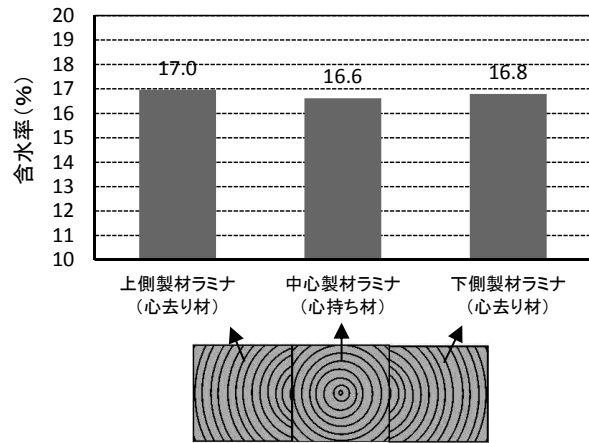


図5 製品の含水率 (全乾法)

表5 製品の含水率 (全乾法)

	含水率計 (3箇所平均) (%)	全乾法含水率 (%)			全体平均 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)		
平均値	17.5	17.0	16.6	16.8	16.8	
標準偏差	3.7	3.0	2.9	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タイプ 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	18.5	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

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。

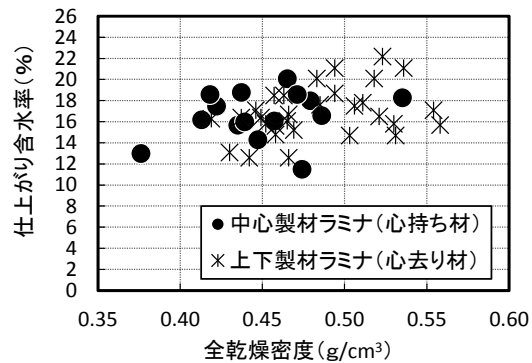


図6 全乾密度と仕上がり含水率の関係

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。

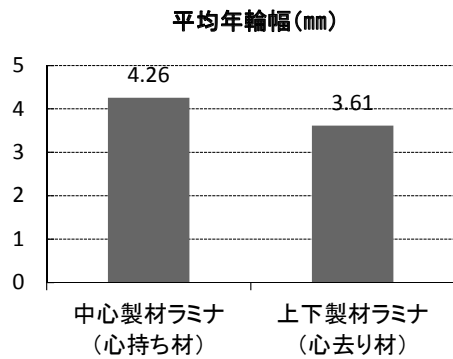


図 7 平均年輪幅 (平均値)

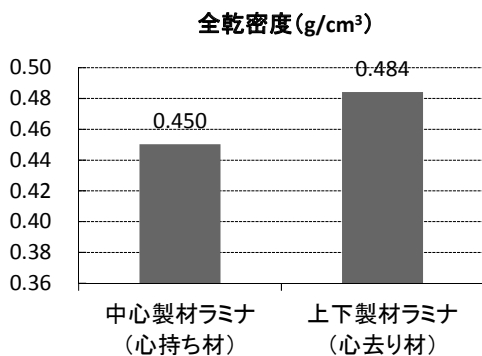


図 8 全乾密度 (平均値)

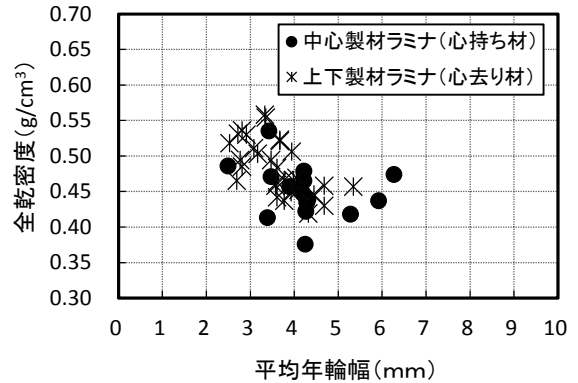


図 9 平均年輪幅と全乾密度の関係

3.1.3 製材ラミナの材面割れ (写真 5, 6)

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。長さが 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。

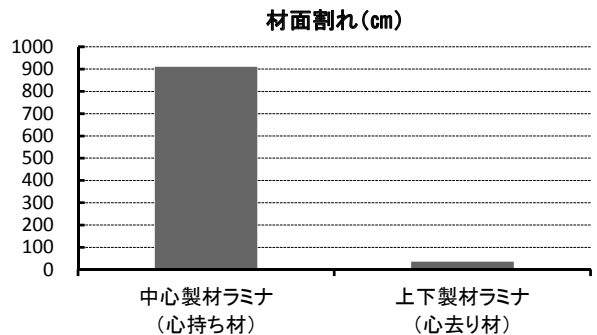


図 10 1 本当りの材面割れ長さ (平均値)

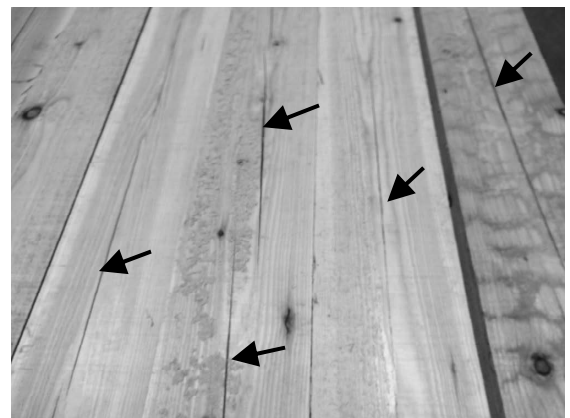


写真 5 乾燥後の材面割れの一例 (心持ち材)



写真6 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とねじれ

曲がり・そり発生量の平均値を図11に、ねじれ発生量の平均値を図12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。また、接線方向である曲がりは、平均値が5.0 mm/6m、最大が20 mm/6mであり、そりほどの発生量ではなかった。

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。心去り材では繊維傾斜の小さい成熟材部が多く、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。

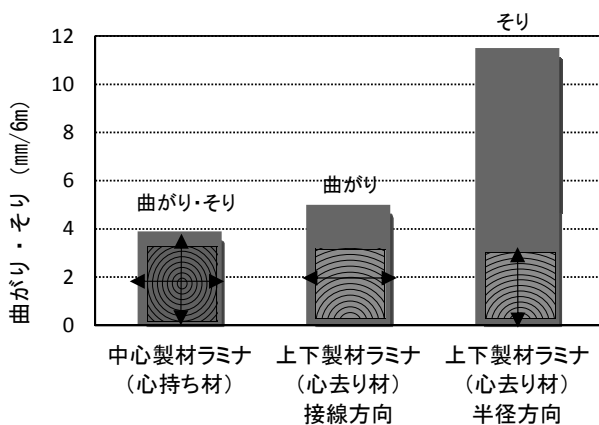


図11 曲がり・そり (平均値)

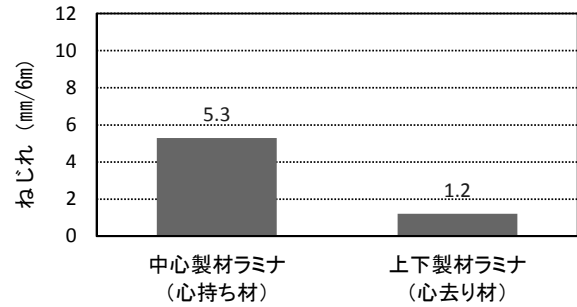


図12 ねじれ量 (平均値)



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。

カラマツ新Aタイプ接着重ね梁の曲げ強度性能は、見かけの曲げヤング係数が平均12.05kN/mm²、真の曲げヤング係数が平均13.09kN/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Aタイプ接着重ね梁の曲げ強度性能は、試験体数12本の平均であるが、見かけの曲げヤング係数が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タイプの接着重ね梁では、かなり高強度の桁材が得られる可能性があり、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部が多いことが一因として考えられる。

図13には新Aタイプ接着重ね梁の見かけの曲げヤング係数と曲げ強さの関係を示したが、両者の相関は強かった。このことから、新Aタイプの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14には新Aタイプ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された新Aタイプ接着重ね梁の曲げ強さの関係を示したが、両者の相関も強かった。したがって、新Aタイプ接着重ね梁では、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た。

表 6 曲げ強度試験結果

												2017.6.21	TGH法	
	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)	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	157500	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	6076	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	360.26	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	5	2	13.17	14.15	12.99	39.2	14.58	0.73
	NO.12	120.08	360.44	6105	148745	0.563	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	157500	0.596	4	3	15.53	15.81	14.47	51.2	17.75	0.75

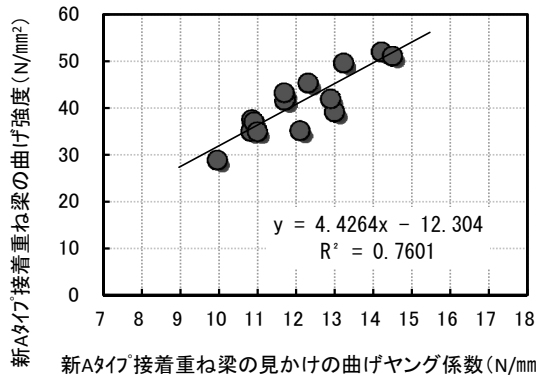


図 13 新 A タイプ接着重ね梁の曲げヤング係数と曲げ強度の関係

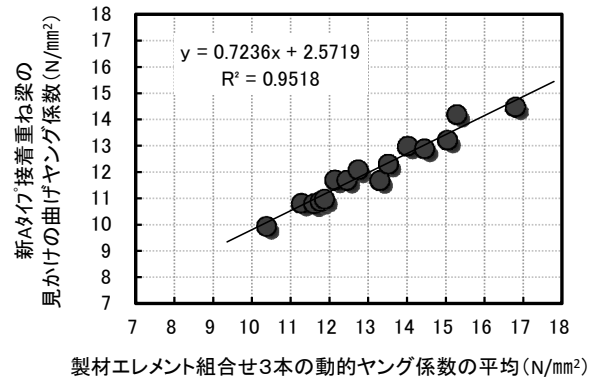


図 15 製材ラミナ組合せ3本の動的ヤング係数の平均と曲げ強度の関係

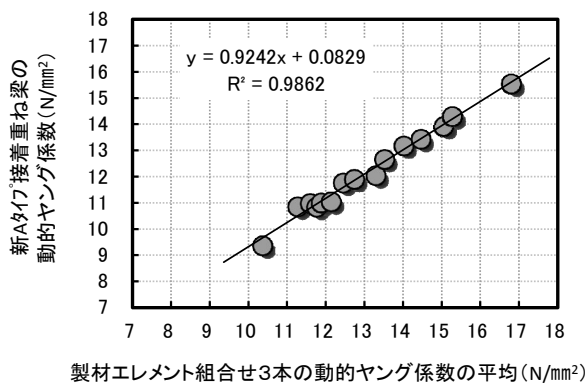


図 14 製材ラミナ組合せ3本の動的ヤング係数の平均と曲げ強度の関係

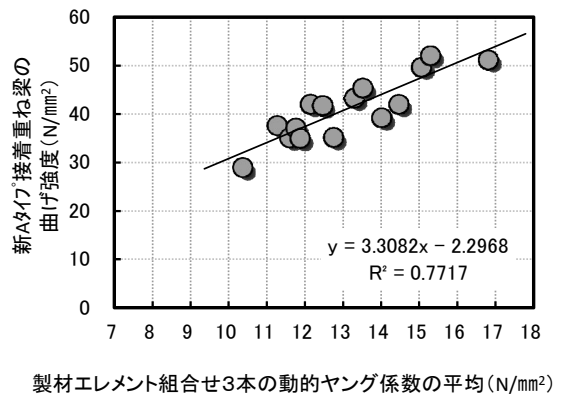


図 16 製材ラミナ組合せ3本の動的ヤング係数の平均と曲げ強度の関係

4 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 本を同積みで高温セット乾燥し乾燥特性を把握した。さらに、乾燥した製材ラミナを使用して、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タイプ接着重ね梁(旧Aタイプ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正角)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正角)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とされる。

(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。これは、利用上、支障のない程度であった。

(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タイプ接着重ね梁の曲げ強度性能は、見かけの曲げヤング係数が平均 12.05kN/mm²、真の曲げヤング係数が平均 13.09kN/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Aタイプ接着重ね梁の曲げ強度性能は、見かけの曲げヤング係数が 10.66kN/mm²、曲げ強さが 32.9N/mm²であったことから、これよりは高性能な接着重ね梁が製造できた。

(6) 新Aタイプ接着重ね梁の見かけ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。

(7) 新Aタイプ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タイプ接着重ね梁の曲げ強さにも強い相関関係があった。

5 謝辞

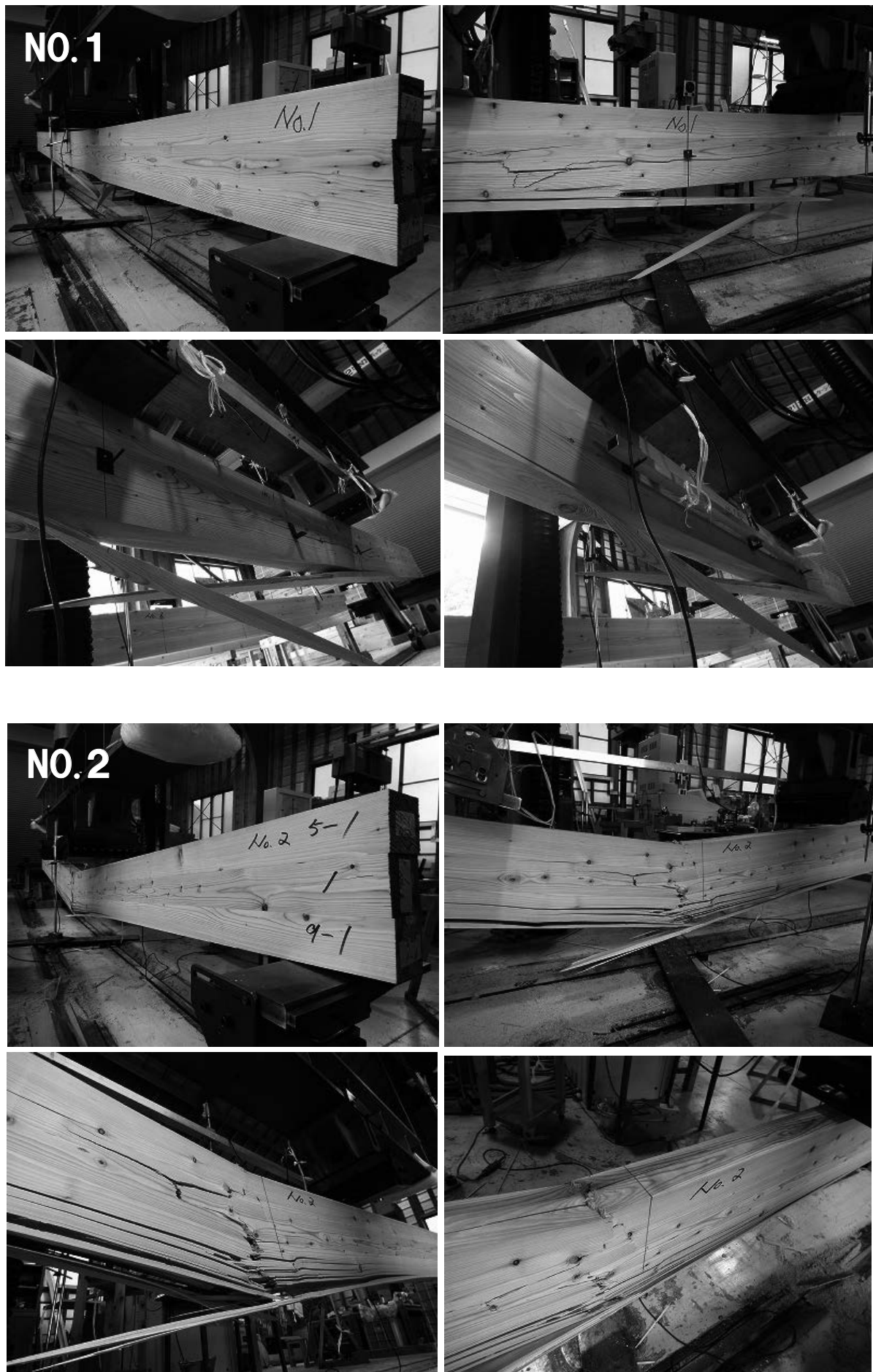
本研究を実施するに当たり、接着重ね梁の製造には小林木材(株)の小林保経氏および斎藤木材工業(株)ナガト工場の斎藤健氏、白石昭夫氏の両氏にご指導ご協力を頂いた。また、試験の補助及びデータの整理においては、当センター非常勤職員の蒲原静子氏及び五味妙子氏にお手伝い頂いた。ここに記して深く感謝申し上げます。

参考文献

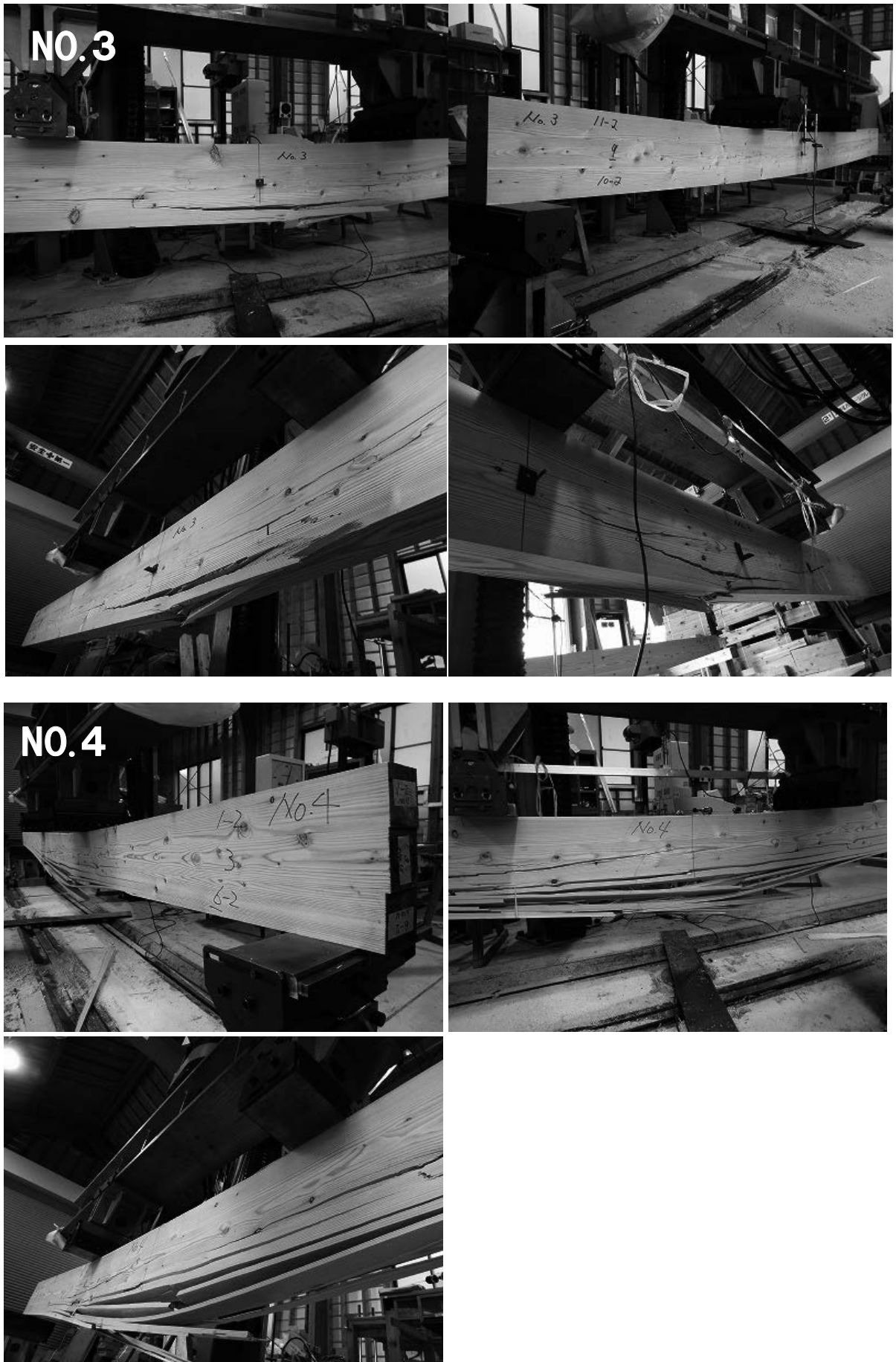
- 1) 日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法等の開発業務報告、合成梁等の利用開発、28-56 (1985)
- 2) 平嶋義彦, 鴛海四郎, 井上明生, 小野泰, 小松幸平：正角材を用いた接着重ね梁の曲げ性能, 木材工業 43 (2), 14-19 (1988)
- 3) 池田元吉, 接着重ね梁の製造方法の検討と強度性能, 熊本県林業研究指導所業務報告 (第 28号), 105-109 (1989)
- 4) 橋爪丈夫, 吉田孝久, 伊東嘉文：合わせ貼り軸材の製造技術とその品質評価, 長野県林業総合センター業務報告, 54-55 (1997)
- 5) 吉田孝久, 橋爪丈夫, 伊東嘉文：合わせ貼り軸材の製造技術とその品質評価, 長野県林業総合センター業務報告, 68-69 (1998)
- 6) 伊東嘉文, 吉田孝久, 橋爪丈夫, 吉野安里：カラマツ未乾燥材による積層材試作試験, 長野県林業総合センター業務報告, 74-77 (1998)
- 7) 山本悦子, 師橋憲貴, 桜田戸智之：スギ間伐材を用いた接着重ね梁の曲げ性能, 日本建築学会大会学術講演便概集, 59-60 (1999)
- 8) (財)日本住宅・木材技術センター, グリーンヒル事業協同組合：信州唐松合わせ梁材の住宅への実用化試験調査, 木材産業技術実用化促進緊急対策事業 (2002)
- 9) 吉田孝久, 伊東嘉文, 橋爪丈夫：接着重ね梁(ツインビーム)の開発, 長野県林業総合センター研究報告第 18号, 111-123 (2004)
- 10) 伊東嘉文, 吉田孝久, 橋爪丈夫：地域材を利用した接着重ね梁の実用化試験, 長野県林業総合センター業務報告, 98-99 (2004)
- 11) (財)日本住宅・木材技術センター：地域型長期耐用住宅における地域材利用技術の調査・研究報告書(長野地域編), 「顔の見える木材での家づくり」推進事業 (2004)

- 12) 吉田孝久, 伊東嘉文, 橋爪丈夫: カラマツ接着重ね梁の製造と曲げ強度性能, 木材工業 60 (2), 65-69 (2005)
- 13) 伊東嘉文: 長野県で広がる接着重ね梁の利用, Journal of Timber Engineering, Vol.18No.4, 118-126 (2005)
- 14) 中田欣作, 柳川靖夫, 宮崎祐子, 小野広治, 久保健: スギ接着重ね梁の曲げ強度試験, 奈良県森林技術センター研究報告, No.34, 75-80 (2005)
- 15) 柳川靖夫, 中田欣作, 宮崎祐子: スギ接着重ね梁の接着性能, 奈良県森林技術センター研究報告, No.34, 81-85 (2005)
- 16) 伊東嘉文, 吉田孝久, 橋爪丈夫: 地域材を利用した接着重ね梁の実用化試験, 長野県林業総合センター業務報告, 112-115 (2005)
- 17) 橋爪丈夫, 伊東嘉文, 吉田孝久: スギ材による接着重ね梁の開発ーシャチ・ボルト接合によるスギ重ね梁の開発, 長野県林業総合センター研究報告第 20 号, 109-116 (2005)
- 18) 瀧野敦夫, 今井克彦, 大仁香保里, 片谷昌寛: 大断面接着重ね梁に関する実験的研究, 木材学会研究発表要旨集CD, 109-1045 (2006)
- 19) 伊東嘉文, 吉田孝久, 橋爪丈夫: 地域材を利用した接着重ね梁の実用化試験, 長野県林業総合センター研究報告, 第 21 号, 57-66 (2006)
- 20) 吉田孝久, 伊東嘉文, 吉野安里, 柴田直明, 橋爪丈夫: 公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発, 長野県林業総合センター平成 18 年度業務報告, 107-119 (2007)
- 21) 高知県立森林技術センター: 接着重ね梁の製造マニュアル, (2007.3)
- 22) 吉田孝久, 伊東嘉文, 吉野安里, 柴田直明, 橋爪丈夫: 公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発, 長野県林業総合センター平成 19 年度業務報告, 112-123 (2008)
- 23) 盛田貴雄: 県産木材を用いた接着重ね梁の製造・使用基準の確立, 公立林業試験研究機関研究成果選集 NO.5, 87-88 (2008)
- 24) Kiyohiko IKEDA, Takahisa YOSHIDA, Yoshifumi ITOH, Hiroshi NAKATANI, Shuji SUZUKI, Hiroshi MATSUMOTO, Hirofumi NAGAO, Hideo KATO, Hirofumi IDO: Strength Properties of Glued Built-up Timber Beams made from Large Square Timbers of Japanese Conifer, 10th World Conference on Timber Engineering, CD Poster Material 6-201, 要旨集353 (2008)
- 25) 吉田孝久: 接着重ね梁の製造マニュアルー間伐材を救え! 接着重ね梁ー, (2009)
- 26) 吉田孝久, 山内仁人: 応用型接着重ね梁の開発ー2m短尺材利用型接着重ね梁の強度性能ー, 長野県林業総合センター平成 21 年度業務報告, 92-93 (2010)
- 27) 吉野安里, 吉田孝久: 公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発ー接着の品質評価と品質向上についてー, 長野県林業総合センター研究報告, 第 24 号, 237-248 (2010)
- 28) 吉田孝久, 山内仁人: 応用型接着重ね梁の開発ー偏心エレメント利用型カラマツ接着重ね梁の曲げ強度試験ー, 長野県林業総合センター平成 22 年度業務報告, 92-93 (2011)
- 29) 今井信, 吉田孝久, 柴田直明: 応用型接着重ね梁の開発ー偏心エレメント利用型スギ接着重ね梁の曲げ強度試験ー, 長野県林業総合センター平成 23 年度業務報告, 78-79 (2012)
- 30) 今井信, 吉田孝久, 柴田直明: 応用型接着重ね梁の開発ーカラマツ強度補強型接着重ね梁の曲げ強度試験と接着性能試験ー, 長野県林業総合センター平成 24 年度業務報告, 78-79 (2013)
- 31) 今井信, 吉田孝久: 小中径材を活用した「信州型接着重ね梁の国土交通大臣認定, 現代林業, 34-38, 2018.4 (2018)

【付録：新Aタイプ接着重ね梁の強度試験の様子】



【付録：新 A タイプ接着重ね梁の強度試験の様子】



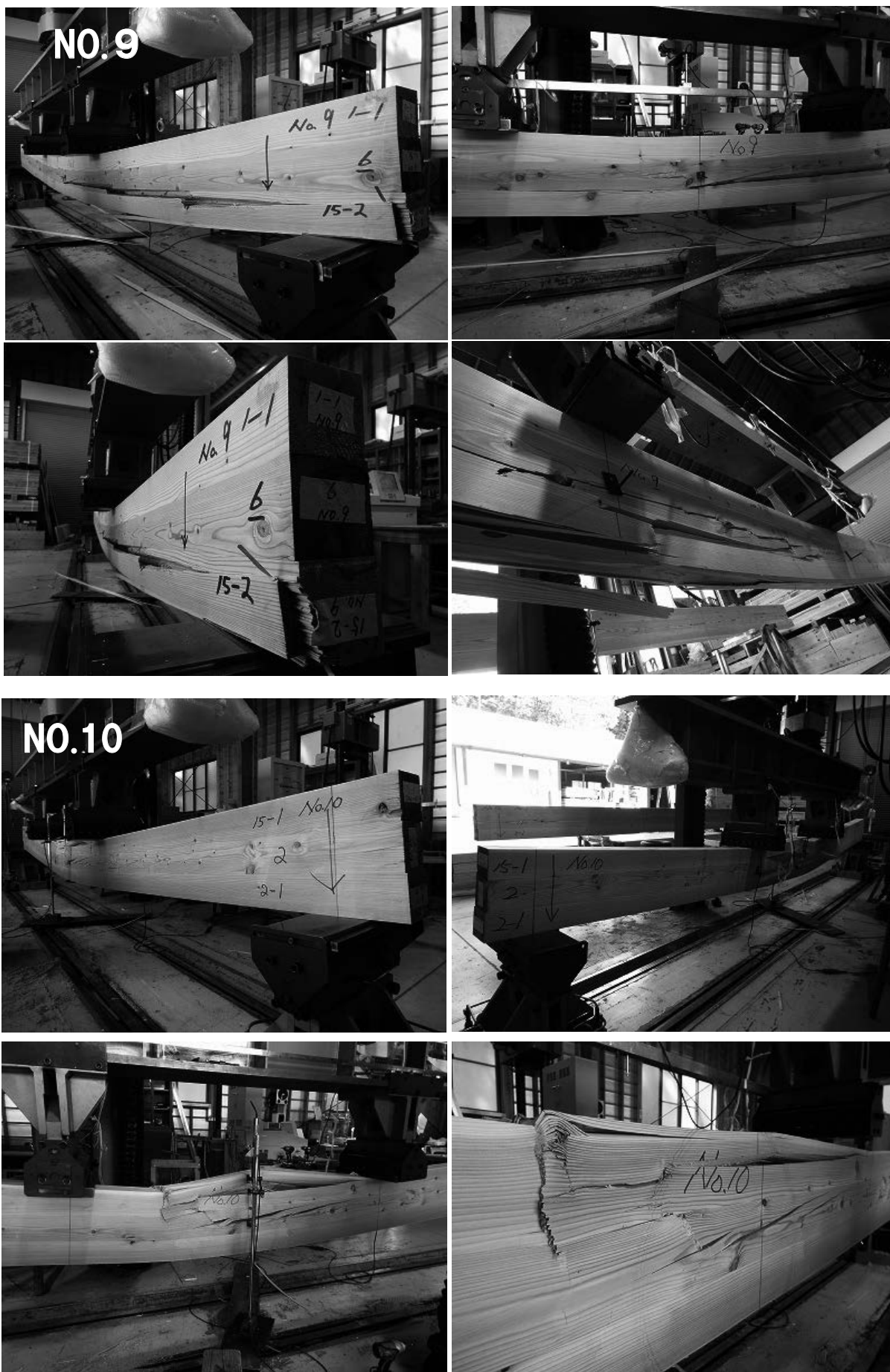
【付録：新 A タイプ接着重ね梁の強度試験の様子】



【付録：新 A タイプ接着重ね梁の強度試験の様子】



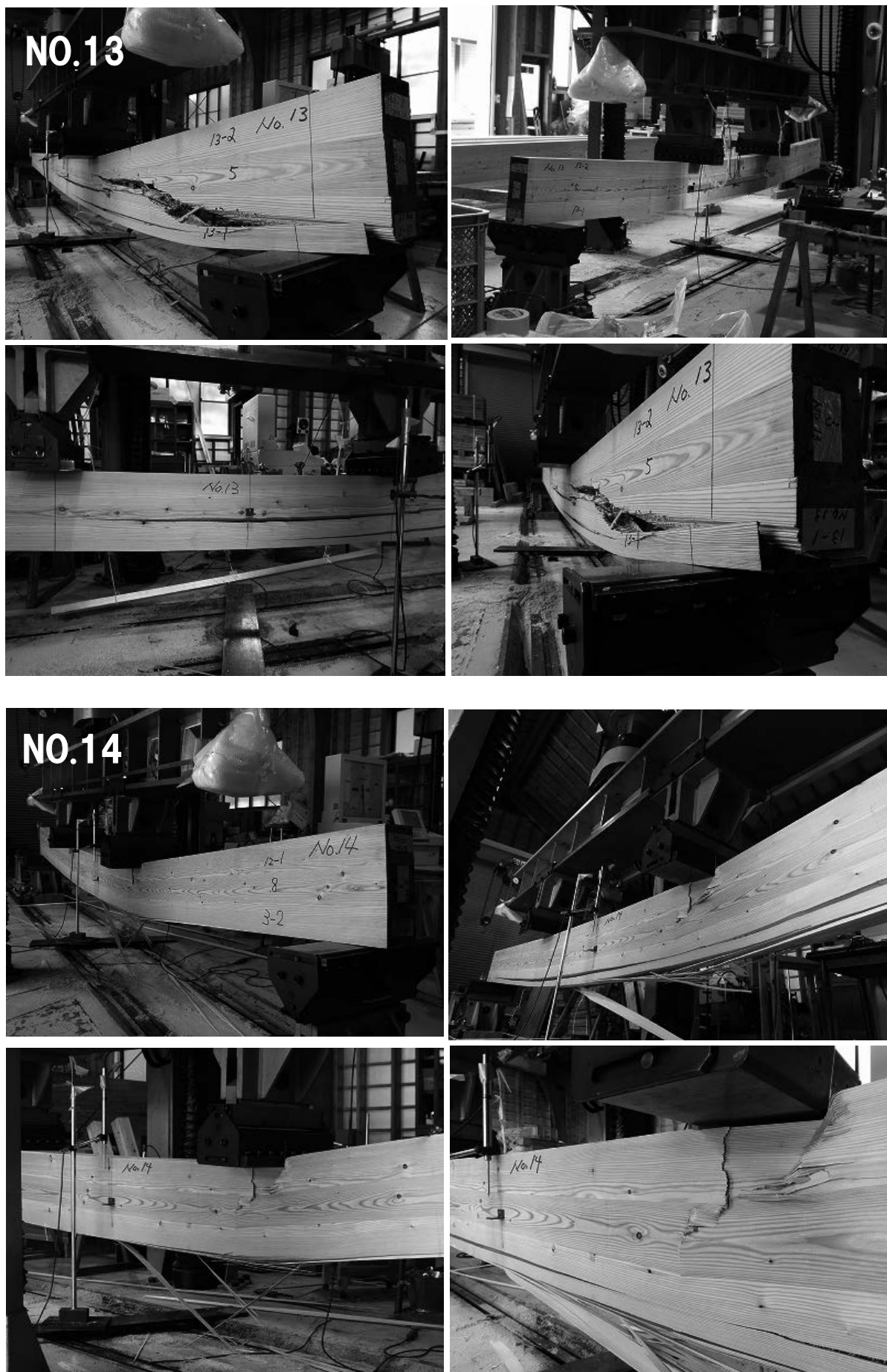
【付録：新 A タイプ接着重ね梁の強度試験の様子】



【付録：新 A タイプ接着重ね梁の強度試験の様子】



【付録：新Aタイプ接着重ね梁の強度試験の様子】



【付録：新 A タイプ接着重ね梁の強度試験の様子】



