

針葉樹小径材の製材と加工に関する試験 (IV)

— カラマツ小径曲り材の加工試験 —

向 山 繁 人
小 林 大 徳

要 旨

カラマツ小径曲り材を短尺に玉切り、製材、縦つぎしたのち、乾燥による形質変化および強度性能について調査、検討した結果、次の事項を明らかにすることができた。

1. 曲りのある長尺丸太を中央部で玉切ることにより、曲り量は $2/5$ 程度に減少することができた。
2. 長尺曲り材を材長 $1/2$ に短尺化して縦つぎすることにより、製材部止り、製品の丸身は長尺直材（定尺材）と同程度に改善された。
3. 縦つぎ鉋削直後の曲りは、定尺材と同程度であるが、乾燥に伴って丸太の曲り材面と反対の方向に増大し、天乾後には定尺材の曲りの約 2 倍に達した。
4. 乾燥に伴うねじれ、材面割れの発生量は定尺材と同程度であった。
5. 縦つぎ材は曲げヤング係数、比例限度力は一般的な間伐材と同程度であるが、曲げ強さはやや小さく、ねばりの少ない材料といえる。

はじめに

間伐材、未木等の小径材は材質からみて素材または製材品等としての利用価値が非常に小さい。しかし木材資源の有効利用の見地から、小径材の形質にもとずいた有利な加工技術のもとに、付加価値の大きい製品にする必要がある。本試験は、製材・加工方法等の問題点を検討し、小径材の形質に適した製材および加工方法について新たな知見を得るため、国庫補助の課題として 3 年計画で実施した。昭和 50 年度はカラマツ材の製材と流通、51 年度はカラマツ間伐材の軸組み乾燥における形質変化について調査し、その成果はすでに報告したが^{1, 2)}、本報は 52 年度から 53 年度にかけて実施したカラマツ小径曲り材の製材と縦つぎ加工について報告する。

I 試験の目的

針葉樹の間伐材あるいは未木等は一般に小径でしかも曲りが大きいので、正割・正角製材品への製材は、歩止り、製品の品質の点で好ましくないが、製材工場では、曲り 20% までの丸太を直材なみに長いまま製材しているのが実態である。

この試験では、曲りのあるカラマツ長尺丸太を、短尺に玉切りしてから、心持正角材に製材したのち、更に縦つぎ加工して、通直な長尺製材品を得る場合の加工上の問題点と、その強度性能について検討した。

II 試験の方法

1. 供試原木と製材

更級郡大岡村の 20 年生カラマツ林分（立木密度 1,200 本/ha）より、未口径 10~12 cm,

表-1 供試原木の径級別曲りの状態

区分 曲り及材積 未口径 cm	直材(本)				曲り材(本)							合計			
	11 ~ 15%	16 ~ 20%	小計	材積	21 ~ 25%	26 ~ 30%	31 ~ 35%	36 ~ 40%	41 ~ 45%	46 ~ 50%	51% ~	小計	材積	本数	材積
10			本	m ³	3	1						本 ₄	m ³ 0.16	本 ₄	m ³ 0.16
11		4	4	0.192	8	4	4	4	1			21	1.008	25	1.20
12	3	3	6	0.348	6	6		1			3	16	0.928	22	1.276
計	3	7	10	0.54	17	11	4	5	1		3	41	2.096	51	2.636

注) 1. 供試丸太の材長 4 m 2. 直材の平均曲り量 1 6.1 %
3. 曲り材の平均曲り量 3 0.9 %

材長 4 m の丸太が採材可能な立木 51 本を選定し、表-1 のように曲りが 20% まで、丸太 10 本を 4 m のままの定尺製材原木とし、21% 以上の曲り材 41 本は材長中央部で短尺 (2 m) に玉切り、表-3 に示す 2 m の縦つぎ用および含水率測定用製材原木とした。

製材寸法は、丸身が J A S 1 等以上の 7.5 cm 心持正角 (以下正角) を主製品とし、厚さ 10 mm、材長 2・3・4 m、巾 6 cm 以上の野地板を副製品とした。また正角材面には挽材の順位に従って番号を付したが、図-1 に示すように長尺丸太時において最大曲りのある材面を C 材面とした。

短尺 (2 m) 正角材のうち 80 本は、図-2 に示すような A 型 (中央部と元玉材 2 等分接合) と B 型 (中央部と未玉材 2 等分接合) の縦つぎ試験を行うようにして、全てが同一原木、同一材面で 4 m の長尺材に縦つぎのできる構成とした。また短尺正角材 2 本は長さ 33 cm の含水率測定用材とした。

2. 縦つぎ加工

2 m の短尺正角材のうち、A 型は元口側、B 型は未口側の正角材を材長 1 m に横切り、含水率測定用材の木口部 (厚さ 10~15 mm) が 20% になるまで室内天然乾燥を行った。

ミニフィンガーの加工は図-3 に示すフィンガーの大きさで、この形状が c・d 材面に現われ、しかも接合時において b 材面に段ちがいが

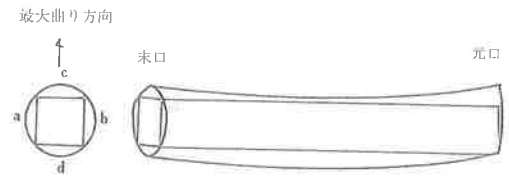


図-1 挽材面の記号のつけ方

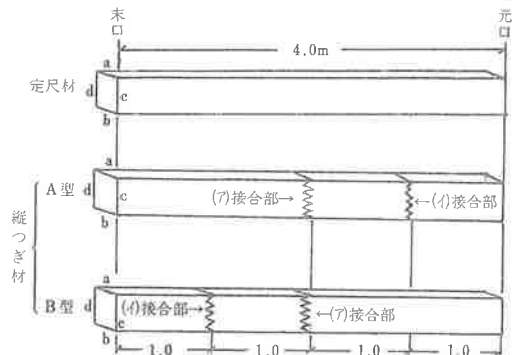


図-2 縦つぎ型式の分類

各部の名称		大きさ(mm)
	フィンガー長(l)	11.80
	ビッチ(p)	3.95
	底部の巾(t)	0.55
	先端部の巾(t)	0.70

図-3 フィンガーの名称と大きさ

生じないように治具を用い、写真-1の3軸方式によるフィンガージョインターにより加工した。

接着材はレゾールシノール樹脂接着剤（プライオーフェン#6000）100部に対して、硬化剤（カタリストTD-473）15部を配合した。

縦つぎは宮川製のコンポーザを用い、木口面への圧縮圧力約 5.6 kg/cm^2 で接合したが、このときb材面がコンポーザの定盤上にくるようにし、c・d材面は部分的な側圧、a・b材面は全面に垂直圧を加えながら、30～45秒間圧縮した。

縦つぎ材の養生は、日中のみ保温した室内に棧積み状態で一週間おこなったので、夜間は最低温度 -2°C 程度になったこともあった。養生後、各材面の段ちがいなくなるまで鉋削し、室内で棧積み天然乾燥を行った。

3. 加工精度等の測定

試験材は、製材・鉋削仕上げおよび天乾後の各時期に寸法精度・割れ・狂い等を、また縦つぎ加工後につぎ手部の段ちがいおよび直線度などの加工精度を次の方法により測定した。

寸法精度・木口割れ・材面割れ・曲り・年輪巾・含水率・容積重等はJIS（日本工業規格）およびJAS（日本農林規格）による他、常法により実施した。またつぎ手部の段ちがいは図-4に示す r を、直線度は曲りの測定と同様に矢高を、正角材の偏心量は両木口断面の中心から樹心がたよっている距離を平均して表わした。ねじれ量の測定はa材面について行ない、定盤上で材面の3点を固定したとき、残りの1点が浮き上る量であらわした。

4. 曲げ強度試験

定尺正角材および縦つぎ正角材は形質変化を測定したのち、中央部で横切りをした。定尺材は横切りの手ちがいから、元口側5本、末口側10本の接合部のないコントロール材を得た。またA型、B型の縦つぎ材から接合部のないコントロール材と接合部のあるジョイント材それぞれ40本を得て、同一正角材から採材したものを対照として、曲げ強度試験を行った。

各試験材は2トンの集成材用曲げ試験機を用いて、曲げヤング係数、曲げ比例限度力および曲

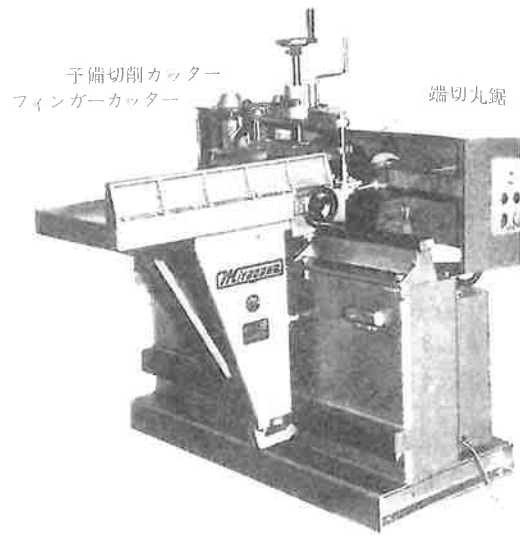


写真-1 フィンガージョインター

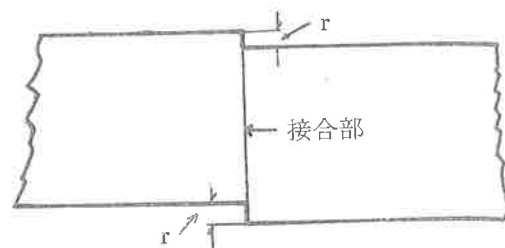


図-4 段ちがいの現わし方

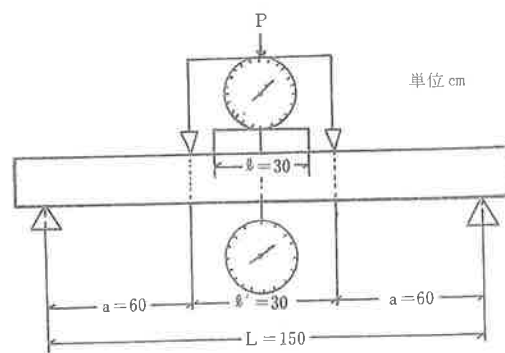


図-5 曲げ試験の条件

げ強さを測定した。このときコントロール材は2 mの中央部が、ジョイント材は接合部が曲げモーメント一定区間となるように、また荷重面は源木時の最大曲りのあったC材面（接合した材面がフィンガー形状となる＝水平フィンガー）とし、図-5（前頁）に示す4点荷重方式で行い、曲げ破壊原因を推定するとともに次式でそれぞれの値を算出した。

○一定区間ヤング係数

$$E_{\ell 0} = E_{\ell} = \frac{3 \cdot \Delta P_{\ell} \cdot a \cdot \ell}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta y_{\ell}}$$

○比例限度力

$$\sigma_{P_0} = \sigma_P = \frac{3 P_P \cdot a}{b \cdot h^2}$$

○全体ヤング係数

$$E_{L_0} = E_L = \frac{\Delta P_L \cdot a (3L^2 - 4a^2)}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta y_L}$$

○曲げ強さ

$$\sigma_{b_0} = \sigma_b = \frac{3 \cdot P_m \cdot a}{b \cdot h^2}$$

$E_{\ell 0}, E_{L_0}; \sigma_{P_0}, \sigma_{b_0}$: コントロール材の一定区間, 全体ヤング係数, 比例限度力, 曲げ強さ

$E_{\ell}, E_L; \sigma_P, \sigma_b$: ジョイント材の一定区間, 全体ヤング係数; 比例限度力, 曲げ強さ

b, h : 試験材の中および厚さ (高さ)

L, a : 支点間距離および支点と荷重点の距離

ℓ : モーメント一定区間内のたわみ測定台の長さ

$\Delta P_{\ell}, \Delta P_L; y_{\ell}, y_L$: モーメント一定区間および全区間の比例限度荷重における上限と下限の差, ならびにそれに対するたわみの差

P_P, P_m : 比例限度荷重および最大荷重

以上試験の流れにしたがって記述したが、試験実施項目と実施時期を一括して表-2に示した。

表-2 実施項目と実施時期

実施項目	実施時期
立木の伐採玉切	52年11月中旬
丸太の調査及び2 m林の玉切	12月中旬
製材	12月下旬
製材品の調査及び天乾	53年1月上旬～2月上旬
縦つぎ・養成及び調査	2月中旬
縦つぎ後の天然乾燥及び調査	2月下旬～7月上旬
強度試験	7月中旬～8月中旬

Ⅲ 試験結果および考察

1. 供試丸太の性状

4 m材の平均丸太径は定尺材（直材）、曲り材とも末口径12 cm、元口径16 cmでやや梢殺な材であると思われた。

4 mの長尺丸太の平均曲り量は定尺材16%、曲り材31%であった。

長尺曲り材を2 mの短尺に玉切った時の曲りの状態を表-3に示したが、平均曲り量は12.5%である。丸太の径を末・元同径と仮定した場合、このような短尺化により曲り量は1/4になるはずであるが、ここでは2/5程度にとどまった。

表-3 短尺丸太の径別曲りの状態

未口径 (cm)	曲 り (本)							計	材積構成 (m ³)
	0~5%	6~10%	11~15%	16~20%	21~25%	26~30%	31~35%		
10		2	1	1				4	0.08
11	1	10	4	7				22	0.528
12	2	9	9	5				25	0.725
13		7	5	8	2			22	0.748
14		4	1	1			1	7	0.273
15			2					2	0.9
計	3	32	22	22	2		1	82	3.254

注) 1. 短尺丸太の材長は2m
 2. 平均曲り量12.5%

素材の日本農林規格で定める14cm未満の小径材は、曲りを大きな因子として2分類し、曲り25%を越える素材を2等材として扱い、製材原木には不適な材としている。この点、今回の結果をあてはめれば、曲りが約65%の丸太であっても中央部で玉切りすれば25%以下の製材原木、すなわち1等材に品質が向上することを示した。

長尺材と短尺材の材積比では、短尺材が約16%増大している。これは材積の算出が未口二剩法によるためであり、素材の売買上留意しなければならない点であろう。

2. 製材品の精度と歩止り

製品精度を表-4に示したが、正角断面の寸法は7.6~8.08cmの範囲にありバラツキが大きいのは、製材機の歩出し装置が旧式で拡大目盛がないためで、寸法精度を向上させるには歩出し装置の構造を主体として検討する必要がある。

表-4 製材直後の製品精度

上段-最小, 中段-最大, 下段-平均

区分	材長 (m)	供試数 (本)	寸法 (mm)		偏心 (mm)			丸身 (%)		曲り (%)		
			1材面厚さ	3材面巾	未口	元口	平均	全体	一角	a-b材面	c-d材面	
定尺材	4	10	76.65	75.90	3	3	4	0	0	0	0	
			77.65	77.90	15	17	15.5	9.2	4.2	0.30	0.18	
			77.13	76.71	4.1	4.8	8.7	1.9	1.4	0.08	0.07	
短尺材	A型	2	40	76.80	76.00	2	0	4.5	0	0	0	0
				80.85	80.60	27	32	20.5	16.8	9.7	0.25	0.75
				78.54	78.33	10.8	12.8	11.7	2.0	1.6	0.04	0.07
尺材	B型	2	40	77.55	77.80	4	2	7	0	0	0	0
				80.50	80.50	23	47	29.5	9.3	9.2	0.15	0.25
				78.90	78.93	11.3	16.0	13.5	1.8	1.5	0.05	0.07
材計	2	80	76.65	76.00	2	0	4.5	0	0	0	0	
			80.85	80.80	27	47	29.5	16.8	9.7	0.25	0.75	
			78.72	78.63	11.1	14.3	12.6	19.3	1.6	0.04	0.06	

製品の丸身、偏心の状況は製材技術者の技量・原木の形状（未口径、曲り、偏心）など、諸因子が重なりあって挽材結果として表われるものである。ここでは7.5 cm正角を採材できる丸太径よりやや大きい径級の原木を使用していることもあって、全体丸身は最大16.8%、一角丸身9.7%で非常に小さく、平均値では定尺材と短尺材との差が認められず、短尺化することにより、長尺材の丸身と同程度になった。

正角材の偏心量は定尺材の平均9 mmに比べて、短尺材のそれは13 mmとやや大きな値を示した。これは製材時において定尺材は樹心を正角材の中心にくるよう注意した結果であり、原木の形状からきた差とは考えられなかった。

正角材の曲り量は定尺材と短尺材の差は認められないが、短尺材を元玉・未玉別に区分した場合、前者に曲りが発生する頻度が高く、しかも最大曲り量も大きい傾向にあった。これは樹幹が地際部ほど偏心生長する率が高くアテの発生が多いためと考えられる。また曲りが発生する正角材において最大曲り量を発生する材面は、相対する材面のうち最初に鋸断した材面、即ちb・d材面（表8参照）に多く発生していたが、この原因を追求することはできなかった。

製材歩止りは定尺材、短尺材とも表-5のとおり平均約73%で差がないが、未口径が小さくなるほど高くなる傾向にある。これは主製品断面寸法に応じた未口径の丸太を利用することが、製材歩止りを向上するうえで如何に大切であることを示している。

表-5 長尺丸太の直・曲り材別、径級別製材歩止り

区分	未口径 cm	主・副製品歩止まり(本)								平均歩止り %	
		56~ 60%	61~ 65%	66~ 70%	71~ 75%	76~ 80%	81~ 85%	86~ 90%	91~ 95%		計 (本)
直材	11				1	1	2			4	80.3
	12	1	1		3	1				6	69.2
	小計	1	1		4	2	2			10	73.6
曲り材	10					2	1		1	4	82.2
	11			6	7	6	1	1		21	75.6
	12	1	4	8	1	2				16	67.9
	小計	1	4	14	8	10	2	1	1	41	73.2
計		2	5	14	12	12	4	1	1	51	

注： 曲り材の歩止りは、長尺曲り材材積に対する短尺材製材品の合計材積

3. 縦つき加工精度

林長4 mに縦つきされた正角材は2ヶ所の接合部を有している。この接合ヶ所を図-2に示すように材長中央の接合部を(ア)、元口および未口から1 mの接合部を(イ)と分別して、表-6に縦つき精度を表示した。

(1) 段ちがい

各材面の段ちがいは(ア)接合部が最大4.5 mm、平均0.9 mmであるのに対し、(イ)接合部はそれぞれ1.5、0.1 mmで両者に大きな差がある。これは(ア)が異寸法、(イ)が同一寸法断面の接合によるものであって、如何に同一寸法に仕上げることが大切かが判る。

また、材面別では(ア)接合部でb材面、(イ)接合部でaとb材面が小さいのに対し、他の材面が大きくなっている。これはフィンガー加工時、b材面を基準としたためであり、(ア)

表-6 縦つぎ材の加工精度

上段-最大, 下段-平均

区分	供試数(本)	段 ち が い (mm)								直線度(mm)
		(ア) 接 合 部				(イ) 接 合 部				
		a材面	b材面	c材面	d材面	a材面	b材面	c材面	d材面	
A型	20	4.5	1.5	3.0	2.0	0	0	1.0	1.0	11.0
		1.8	0.08	1.18	0.95	0	0	0.20	0.23	6.10
B型	20	3.0	2.5	2.5	2.0	0.5	0.5	1.0	1.5	10.0
		1.35	0.38	1.0	0.75	0.03	0.10	0.28	0.30	6.5
計	40	4.5	2.5	3.0	2.0	0.5	0.5	1.0	1.5	11.0
		1.58	0.23	1.09	0.85	0.01	0.05	0.24	0.26	6.3

のa材面が特に大きいのは、b材面を基準としているため、相対するa材面に製材寸法の差から生ずる段ちがい集中し、大きくなったものである。

次の加工工程である鉋削仕上げのことを考慮すれば、段ちがいを小さくすると同時に、相対する材面のどちらかに段ちがいを集中しておくことが特策である。このためにはcあるいはd材面、即ちフィンガー形状面をコンポザーの定盤上におき接合するのが良いと思われた。

(2) 直線度

この直線度は上記の段ちがいを含め測定しているため、正確な直線度といいがたい。しかし定尺材の矢高と比較し余り差がみられなかった。

4. 縦つぎ加工後の寸法精度

プレナー加工後と天然乾燥後の寸法精度を表-7に示した。プレナー加工後における含水率は平均23%、天乾後のそれは定尺材14.7%、縦つぎ材13.3%であった。

製材後と鉋削後における断面寸法の差は平均3.5mmで、元・未玉材の製材寸法に差がなく、段ちがいの小さな縦つぎ材ほど鉋削量が少なかった。また天乾後の寸法は鉋削後より平均1.1mm収縮していた。このことは当試験材のような製材寸法にバラツキのある材料で縦つぎする場合には縦つぎ方法を改善したとしても、製材寸法は目的寸法より3~5mm大きくする必要があり、製材寸法を均等化すれば鉋削量を小さくできることを示している。

鉋削後における曲り量は、製材後の短尺材と殆んど差がない。この原因は①短尺材の曲りが、元玉と未玉の同一材面に発生していないこと。②縦つぎ接着のとき、接合部で曲りが修正されること。③製材品の曲りは矢高/材長で示され、縦つぎによる矢高の増大は材長に比例し、あまり曲り量に影響しないこと等が考えられる。

天乾後の曲り量は鉋削直後に比べ定尺材が約2倍、縦つぎ材が約4倍に増大している。また曲りを材面別に比較すれば表-8のとおりd材面に多く発生している。このことは天乾後になると短尺化および縦つぎの効果が小さくなること、正角材の曲りが原木時の最大曲り材面と反対の方向に増大することを示している。

一般に板・平割類等の製材品を棧積み乾燥した場合、巾の材面に木材の荷重がかかって乾燥されるため、その発生が少なくなるとされている。今回の試験ではa・b材面に荷重がかかるよう棧積みし乾燥したので、この材面の曲りが少なくなっていると考えられる。しかしc・d材面において、製材直後あるいは鉋削直後の曲り方向とは逆の方向になり、この原因を追求することはできなかった。

表-7 鉋削直後および天乾後の形質変化

上段-最小, 中段-最大, 下段-平均

区 分	※1 鉋 削 直 後								
	含水率	寸 法 (mm)		曲 り (%)		※2 ねじれ (mm)	木口割れ 延長さ (cm)	材面割れ 延長さ (cm)	
		a材面 厚 さ	c材面 巾	a-b 材 面	c-d 材 面				
定尺材	21.0	75.90	74.9	0	0	2.0	0	0	
	28.5	77.30	77.85	0.33	0.58	11.0	105	377	
	23.4	76.45	76.13	0.09	0.27	7.3	40	119	
縦 つ ぎ	A 型	19.7	72.65	72.75	0	0	4.0	0	0
		25.6	76.45	77.2	0.16	0.38	9.0	48	308
		22.8	77.40	74.90	0.04	0.08	6.3	15	103
材	計	21.2	73.90	73.00	0	0	3.5	0	0
		26.2	77.10	77.20	0.12	0.27	11.0	50	290
		23.4	75.75	76.05	0.05	0.09	6.4	14.2	135
材	計	19.7	72.65	73.00	0	0	3.5	0	0
		26.2	77.10	77.20	0.16	0.38	11.0	50	308
		23.1	75.07	74.47	0.04	0.10	6.3	15	118

区 分	天 乾 後							
	寸 法 (mm)		曲 り (%)		※2 ねじれ (mm)	木口割れ 延長さ (cm)	材面割れ 延長さ (cm)	
	a材面 厚 さ	c材面 巾	a-b 材 面	c-d 材 面				
定尺材	74.50	73.10	0	0.05	5.5	13.0	81	
	75.70	76.50	0.55	0.93	28.5	129	495	
	75.16	74.59	0.23	0.48	19.8	55	285	
縦 つ ぎ	A 型	71.60	71.90	0	0	7.0	0	27
		75.45	75.65	1.39	0.79	35.0	103	543
		73.28	73.64	0.18	0.39	18.5	49	281
材	計	73.60	72.40	0	0.08	10.0	0	76
		75.75	75.95	0.33	1.25	33.0	136	524
		74.50	74.87	0.13	0.34	20.4	47	313
材	計	71.60	71.90	0	0	7.0	0	27
		75.75	75.95	1.39	1.25	35.0	136	543
		73.89	74.26	0.16	0.37	19.5	45	297

注: ※1 定尺材は鋸断面のままの寸法, 曲りを示す。

※2 ねじれの標点距離は定尺材 4.0 m, 縦つぎ材 3.68 m の値を示す。

表-8 材面別曲りの発生状況

単位: %

材 面 別	発 生 材 面		最 大 材 面	
	製材直後	天 乾 後	製材直後	天 乾 後
a 材 面	34 %	21 %	25 %	12 %
b "	12	22	15	12
c "	35	13	38	12
d "	19	44	22	64
曲りの発生した材面 数及び角材本数	95材面	85材面	65本	49本

表-9 コントロール材の曲げ性能

区分	含水率 (%)	容積重 (g/cm ³)	年輪巾 (mm)	ヤング係数 (ton/cm ²)		比例限度力 σ_{Po}	曲げ強さ σ_{bo}	σ_{Po}/σ_{bo}	供試数 (本)		
				一定区 間 E_{lo}	全区間 E_{lo}						
定尺材の コントロール	元玉材	最 小	14.4	0.419	5.5	49.4	51.3	169.0	298.0	0.583	5
		最 大	15.2	0.475	6.1	91.4	88.6	331.7	502.9	0.674	
		平 均	14.9	0.453	5.7	65.2	62.8	233.4	370.6	0.619	
		標準偏差	0.3	0.023	0.2	17.6	15.0	66.4	86.3	0.044	
	未玉材	最 小	14.3	0.419	5.5	54.6	50.3	205.0	278.8	0.569	10
		最 大	15.2	0.489	6.1	91.2	83.9	293.9	461.9	0.735	
		平 均	14.7	0.452	5.7	75.0	67.0	255.2	385.1	0.669	
		標準偏差	0.3	0.023	0.2	13.5	11.4	30.5	62.5	0.053	
	小 計	最 小	14.3	0.419	5.3	49.4	50.3	169.0	278.8	0.583	15
		最 大	15.2	0.489	6.1	91.4	88.6	331.7	502.9	0.735	
		平 均	14.8	0.452	5.7	71.7	65.6	247.3	380.3	0.652	
		標準偏差	0.3	0.022	0.2	15.1	12.3	44.7	68.5	0.054	
縦つぎ材の コントロール	A 型 (元玉材)	最 小	12.8	0.408	4.6	55.1	50.3	173.3	262.3	0.521	20
		最 大	13.9	0.516	6.2	87.9	78.1	308.9	565.5	0.820	
		平 均	13.4	0.451	5.5	73.0	65.6	257.0	396.3	0.656	
		標準偏差	0.2	0.027	0.4	11.4	7.7	33.7	69.5	0.067	
	B 型 (未玉材)	最 小	12.8	0.412	4.6	55.7	54.0	182.4	230.1	0.399	20
		最 大	13.9	0.549	6.5	101.1	86.9	353.1	667.3	0.833	
		平 均	13.3	0.462	5.6	78.0	69.3	269.5	419.5	0.662	
		標準偏差	0.2	0.032	0.4	14.9	9.9	45.0	106.6	0.103	
	小 計	最 小	12.8	0.408	4.6	55.1	50.3	173.3	230.1	0.454	40
		最 大	13.9	0.549	6.5	101.1	86.9	353.1	667.3	0.833	
		平 均	13.4	0.457	5.5	75.5	67.5	263.3	407.9	0.659	
		標準偏差	0.2	0.030	0.4	13.3	8.9	39.8	89.6	0.086	
計	最 小	12.8	0.408	4.6	49.4	50.3	173.3	262.3	0.399	55	
	最 大	15.2	0.549	6.5	101.1	88.6	353.1	667.3	0.833		
	平 均	13.7	0.455	5.6	74.5	67.0	258.9	400.3	0.657		
	標準偏差	0.6	0.028	0.4	13.8	9.9	41.4	84.7	0.078		
20年生間伐材 の無欠点試料	最 小	12.6	0.418	3.4		29.9		328		46	
	最 大	15.5	0.665	12.1		76.5		752			
	平 均	14.7	0.485	6.8		50.5		579			
	標準偏差	0.5	0.043	2.1		13.5		107.9			

ねじれは、フィンガー加工時に発生していたが、フィンガー加工や縦つぎ操作においてトラブルは生じなかった。しかし養生期間中にねじれは増大し、鉋削後には定尺材・縦つぎ材とも平均6~7mmのねじれを生じ、天乾後には両者とも平均19~20mmまで増大した。

木口割れと材面割れはフィンガー加工時から発生しており、天乾後における正角1本当りの平均材面割れ延長さは、定尺材・縦つぎ材とも約2.9mに達していた。

ねじれや割れは縦つぎ材も定尺材と同程度であって、曲りのある原木を短尺化および縦つぎしても防止効果がないことを示した。しかし曲りについては、乾燥に伴い増大しているので、このような半乾燥材を縦つぎして利用するには、一般材のねじれ、割れ防止技術に、曲り防止を加えた方法を検討する必要がある。

5. 曲げ性能

(1) コントロール材の曲げ性能

定尺材および縦つぎ材から得た接合部のない試験材をコントロール材とし、元・末玉別に分け、また間伐材20年生の無欠点試料による曲げ試験結果^{3, 4)}を併せて表-9(前頁)に示した。

試験材は平均含水率13.7%、容積重0.46g/cm³、年輪巾5.6mm程度で、無欠点試料に比べ、三者とも小さな値であった。

元・末玉別の平均値の差の検定では有意な差がなく、元・末玉別に区別して取扱う必要がないことを示した。

コントロール材の全区間曲げヤング係数 E_{Lo} 67 ton/cm²、曲げ強さ σ_{bo} 400 kg/cm²であり、無欠点材の E_{Lo} 50 ton/cm²に比べやや高く、 σ_{bo} 580 kg/cm²に比べやや小さな値を示している。この傾向は節・目切りのある実大材によく現われる現象であって、カラマツ間伐材として標準的な性能と思われる。

比例限度力 σ_{Po} と曲げ強さ σ_{bo} との比 σ_{Po}/σ_{bo} は平均0.66で一般的な木材の値と一致していた。

曲げ強さ σ_{bo} は、節の有無や材面上の位置により差が認められ、材縁の節<中央部の節<無節材の順に大きくなる傾向が見られたが、材面割れ、年輪巾、偏心度、容積重等による傾向性はみいだし得なかった。

また曲げ破壊形態の例を写真-2に示したが、形態が複雑でタイプ分けすることはできなかった。

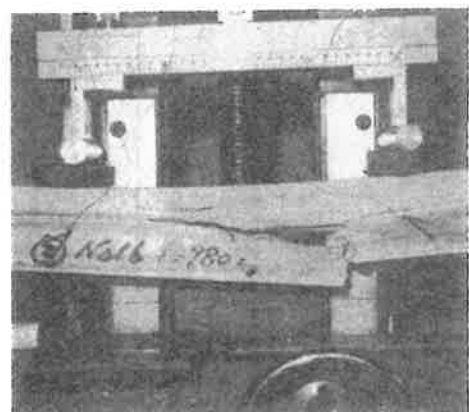
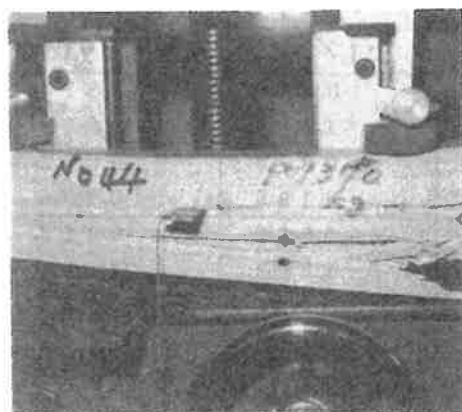


写真-2 コントロール材の破壊状況

(2) ジョイント材の強度性能

表-10 ジョイント材の曲げ性能

区 分	含水率 (%)	容積重 (g/cm ³)	年輪巾 (mm)	ヤング係数 (ton/cm ²)			
				一定区間 E _{Lo}	全区間 E _{Lo}		
縦 つ ぎ 材	A 型 (元玉材)	最 小	12.8	0.408	4.2	45.3	48.3
		最 大	13.9	0.516	7.4	101.4	84.2
		平 均	13.3	0.451	5.6	73.4	63.3
		標準偏差	0.26	0.027	0.45	16.1	9.4
	B 型 (未玉材)	最 小	12.8	0.412	4.6	56.1	56.1
		最 大	13.9	0.549	6.4	116.3	92.1
		平 均	13.3	0.462	5.4	82.6	72.2
		標準偏差	0.27	0.032	0.45	17.1	10.0
	計	最 小	12.8	0.408	4.2	45.3	48.3
		最 大	13.9	0.549	7.4	116.3	92.1
		平 均	13.3	0.457	5.5	78.0	67.8
		標準偏差	0.26	0.297	0.56	17.0	10.6

区 分	比例限応力 σ _{Po} (kg/cm ²)	曲げ強さ σ _{bo} (kg/cm ²)	σ _{Po} /σ _{bo}	供試数 (本)		
縦 つ ぎ 材	A 型 (元玉材)	最 小	159.5	220.9	0.673	20
		最 大	318.3	463.0	0.820	
		平 均	227.6	314.2	0.726	
		標準偏差	37.4	54.6	0.036	
B 型 (未玉材)	最 小	166.0	227.2	0.670	20	
		最 大	319.2	433.1		0.862
		平 均	250.0	340.0		0.737
		標準偏差	41.0	55.7		0.058
計	最 小	159.5	220.9	0.670	40	
		最 大	319.2	463.0		0.862
		平 均	238.8	327.1		0.731
		標準偏差	40.3	56.0		0.048

表-11 縦つぎ材におけるコントロール材とジョイント材の曲げ性能比較

区 分	ヤング比		曲げ強さの比 σ _b /σ _{bo}	
	E _l /E _{Lo}	E _L /E _{Lo}		
A 型	最 小	0.561	0.650	0.513
	最 大	1.400	1.422	1.268
	平 均	1.012	0.973	0.812
	標準偏差	0.196	0.155	0.180
B 型	最 小	0.711	0.862	0.423
	最 大	1.389	1.321	1.595
	平 均	1.072	1.048	0.854
	標準偏差	0.188	0.127	0.243
計	最 小	0.561	0.650	0.423
	最 大	1.400	1.422	1.595
	平 均	1.043	1.011	0.833
	標準偏差	0.192	0.145	0.212

縦つぎされた材から得たジョイント材の試験結果をまとめて表-10(前頁)に、コントロール材との比較を表-11(前頁)に示した。

元・未玉別の平均値の差の検定では、コントロール材と同様に有意の差が認められなかった。曲げヤング係数 $E_L 68 \text{ ton/cm}^2$ 、比例限度力 $\sigma_p 239 \text{ kg/cm}^2$ で、コントロール材との差はほとんど認められないが、曲げ強さ $\sigma_b 327 \text{ kg/cm}^2$ は、コントロール材との差がやや大きくなっている。したがって比例限度力と曲げ強さの比 σ_p/σ_b は 0.73 となり、縦つぎすれば「ねばり」が少なくなることを示している。

コントロール材との曲げ強さの比 σ_b/σ_{b0} を接合有効率(正規の有効率といふが正しい)とすれば、パラツキが大きい平均 0.83 で、ミニフィンガーの有効率と同程度⁵⁾と思われる。

また破壊形態は写真-3に示す接合部の破壊が38例であった。接合部以外で破壊した2例中の1本は無欠材部、もう1本は節で切損し、その曲げ強さはコントロール材より小さかった。

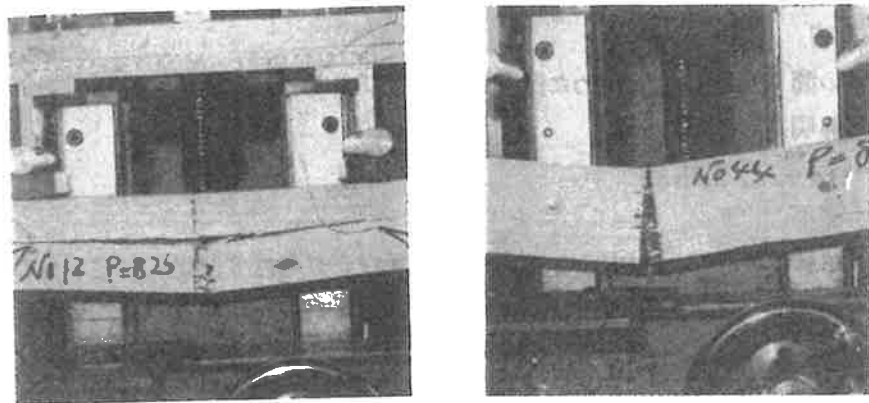


写真-3 ジョイント材の破壊状況

おわりに

カラマツ小径曲り材の製材と縦つぎ加工について検討した。その中で小径曲り材を短尺化することにより、丸太の品質、製材品の品質や歩止りが向上し、また短尺材を縦つぎした材の強度性能はねばりが小さくなるが、節や目切れを有する材より優れ、強度を均一化できる等の利点がみいだされた。その反面、乾燥に伴うねじれや材面割れは一般材と同程度であるが、曲りの発生が大きいので使用にあたっては、ねじれや材面割れ防止に曲りを付加した防止技術の開発が必要であること、作業能率の点からは、小径材に適した製材、加工機や縦つぎ機械の開発等の問題点を併せ検討する必要がある。

文 献

1. 三村典彦ほか：針葉樹小径材の製材と加工に関する試験(I)：長野林指業務報告(1975)
2. 小林大徳ほか：針葉樹小径材の製材と加工に関する試験(II)：長野林指業務報告(1976)
3. 重松頼生：カラマツの材質試験XIV(小径木の強度的性質)：日林会中部支部大会集 昭51
4. カラマツ20年生間伐材の強度的性質：長野林指資料
5. 星 通：縦つぎ材を貼り合わせた角材の性能，木材工業 Vol 32, (1977, 10)