

針葉樹小径材の縦つき加工材の曲げ性能

技 師 東 野 正
専門研究員 中 野 正 志

要 旨

小径間伐材で、曲りのため製材に不適な材の有効利用を図るため、曲り材を二分してフィンガージョイントで一般製材品(材長4m)に加工した材について、その強度性能を調査した。

- 1 樹種は林齢24年生のカラマツを対象とした。
- 2 製材品の寸法は、4.5, 7.5, 9.0cmとした。
- 3 フィンガージョイント材は曲げ破壊係数がやや低かった。
- 4 曲げ比例限度、曲げヤング係数に対してはフィンガージョイントの影響は認められなかった。
- 5 小径間伐材の短尺材の縦つき加工材は、曲げ破壊係数がやや低い傾向を示していたが、使用目的に合わせた利用法を見いだせば、製材に適さない極端な曲り材も一般製材品としての利用が期待できる。

1 はじめに

従来、小径間伐材を一般製材品として利用する場合は、節・曲り・細りなどの欠点のため材質が劣り、利用範囲も限定されている。しかし、間伐材の用途開発を図るためには住宅用建築資材などへの利用を積極的に進めてゆく必要がある。

今後とも小径間伐材の出材量は増加することが見込まれ、これに対して製材に適さない曲りのため短尺材が採材される割合も増大することが予想されることから、その形質に適した加工法を見だし付加価値を高めることが重要な課題となっている。

その一方法として短尺材や端材を縦つき加工し、長尺材を生産するためには、フィンガージョイント工法が材料の損失も少なく、経済性や接合性能に優れているので有利である。¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

本報告は、短尺材の縦つき加工に有利なフィンガージョイントが曲げ性能に及ぼす影響を明らかにするために、小径間伐材で製材に適さない曲り材を二分した短尺材を、フィンガージョイントした縦つき加工材について曲げ破壊試験を行ったので、その結果を参考に供したい。

なお、本試験は林野庁国庫助成による共同試験である。

試験にあたり、原木の入手に際して御尽力いただいた県有林課並びに製材に協力していただいた

長岡森林組合に謝意を表し、また作業員 石亀勝男氏がフィンガー加工作業に従事したことを付記する。

2 材料及び方法

(1) 供試原木と製材

カラマツ材を対象に、昭和52年9月岩手郡玉山村県行造林姫神事業区（林齢24年生）より伐採し末口径14cm未満、長さ4mとし、目測で曲りの大きい丸太を選び供試した。

原木調査後、丸太は中央部で二分し短尺丸太（材長2m）として、径級7～8cmの丸太から4.5cm角、9～10cmから7.5cm角、11～12cmから9.0cm角のそれぞれ心持材を採材した。

製材品の品質調査後二分した短尺製材品について、同一原木の末口側か元口側のどちらか一方を更に二分して1m材とした。

製品寸法ごとに各16本の丸太から採材し供した。

(2) 縦つぎ加工

供試原木から縦つぎ加工材までの加工工程を図-1に示した。

製材後、各製材品を屋内に棧積して、天然乾燥を10月中旬～翌年1月中旬（天然乾燥に時間を要した9.0cm角は4月中旬）まで実施した。

含水率測定用製材品の木口面から1～1.5cmの部分の含水率が20%前後の時点で、短尺製材品をフィンガー加工し、接着剤を用いて縦つぎした。この際に同一原木の短尺製材品を原木時の状態通りに縦つぎした。

フィンガージョインター（大平製作所製）の切削機構は、丸鋸（回転数3000r・p・m）による鼻切り、丸鋸（6000r・p・m）による予備カット、フィンガーカッター（6000r・p・m）による仕上げ切削の三軸方式である。

フィンガー部分の形状を図-2に示した。

接着剤はレゾルシノール樹脂接着剤（大日本イソキ社 プライオーフェン#6000）100部に対し

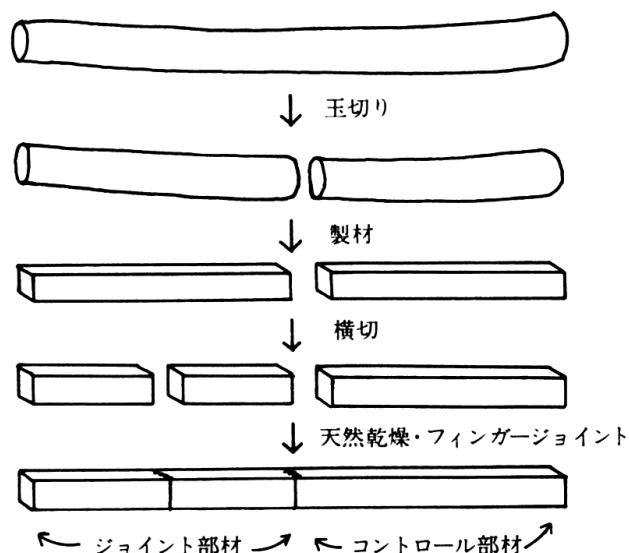


図-1 試験材の加工

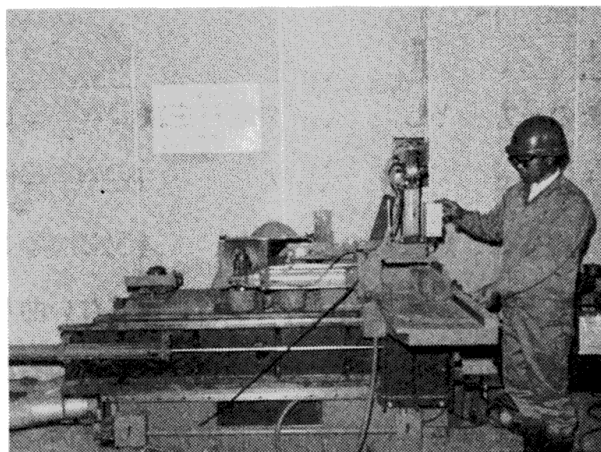


写真1 フィンガージョインター

て、硬化剤（同社製 カタリストTD-473）を15部配合させた。

接合時の圧縮圧は40%に設定し、圧縮後、日中は保温した室内で一週間養生したが、夜間は加温しなかったために最低気温が2℃程度まで下がったことがあった。

(3) 曲げ性能

曲げ破壊試験は縦つぎ加工材のジョイント部材、コントロール部材について図-3に示したような4点荷重方式で行い、曲げ破壊係数、曲げ比例限度、曲げヤング係数を求めた。

荷重面は、原木において曲りの最大矢高があった材面とし、ジョイント材はフィンガー形状が現われる材面とした。

曲げ破壊試験後に、直に試験片を採取して、平均年輪幅、容積重を測定し、含水率を全乾法により求めた。

3 結果及び考察

(1) 供試原木の概要

供試原木の概要は表-1のとおりである。

当初、原木は目測して曲り20~35%の範囲から

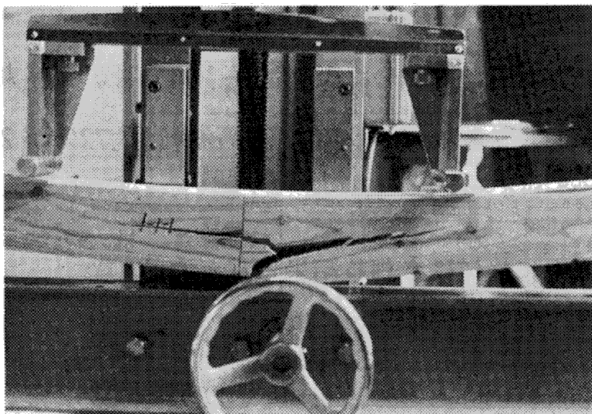


写真-3 曲げ破壊試験

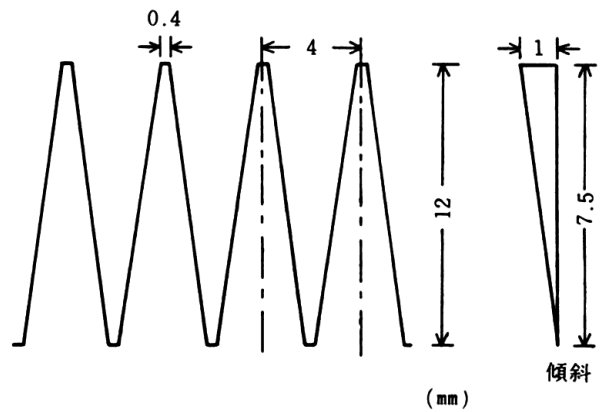


図-2 フィンガーの形状、寸法

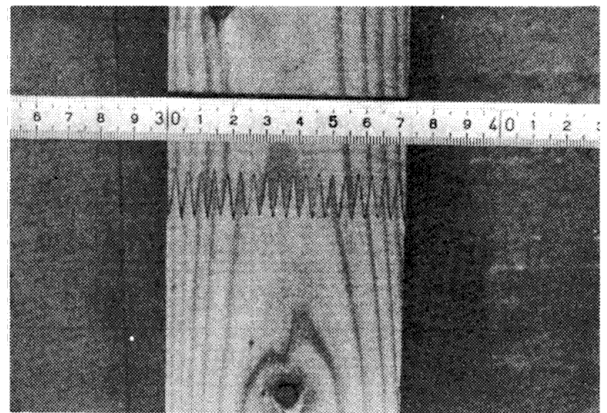
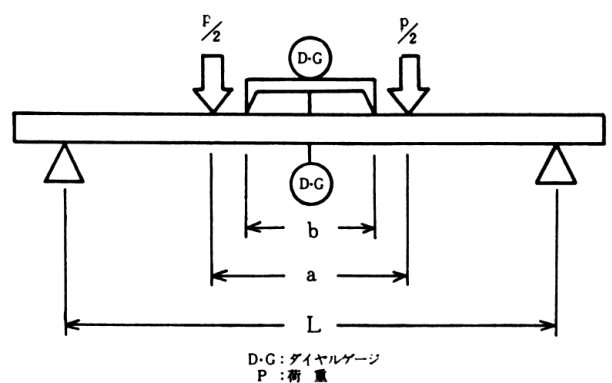


写真-2 フィンガージョイント部



断面	L	a	b
9.0 × 9.0	176	50	40
7.5 × 7.5	150	45	30
4.5 × 4.5	108	45	30

(cm)

図-3 曲げ試験方法

選木したが、実測値ではこれを上廻る曲りの丸太があった。曲りの最大は径級7～8cmで58%、9～10cmで55%、11～12cmで52%であり、平均でもそれぞれ39、34、33%となった。

(2) 製材品の寸法精度

製材品の寸法精度の概要は表-2に示した。

また、丸身と曲りに関して等級区分した結果は

表-1 原木と製材品の概要

径級 cm	材 長 m	末口径	曲り	製材品		供 試 数
		平均 (最小～最大) cm	平均(最小～最大) %	寸法 cm	材種	
7～8	4	7.8 (6.9～8.2)	39 (28～58)	4.5×4.5	正割	16
9～10		10.5 (9.5～11.7)	34 (25～55)	7.5×7.5	正角	16
11～12		11.3 (10.3～12.6)	33 (26～52)	9.0×9.0	正角	16

表-2 製材品の寸法精度

寸法	厚さ 1～2面	幅 3～4面	全体丸身 平均 (最小～最大) %	1角丸身 平均 (最小～最大) %	曲り	
	平均 (最小～最大) cm	平均 (最小～最大) cm			1面基準 平均 (最小～最大) %	4面基準 平均 (最小～最大) %
4.5cm角	4.66 (4.58～4.75)	4.65 (4.60～4.75)	0.5 (0～8.3)	0.5 (0～8.3)	4.2 (1.5～11.0)	3.3 (0～10.0)
7.5cm角	7.61 (7.34～7.72)	7.62 (7.40～7.70)	14.6 (2.0～37.3)	9.7 (0～23.7)	3.3 (0.5～7.5)	3.4 (0～8.0)
9.0cm角	9.10 (9.00～9.22)	9.11 (9.02～9.19)	19.6 (2.2～39.4)	3.4 (0～8.5)	3.4 (0～6.0)	5.1 (3.5～7.0)

表-3 製材品の品等区分

寸法	丸身に関する等級				曲りに関する等級		
	特等	1等	2等	等外	特等・1等	2等	等外
4.5cm角	29 (90.6)	3 (9.4)			19 (59.4)	12 (37.5)	1 (3.1)
7.5cm角	1 (3.1)	17 (53.1)	14 (43.8)		26 (81.3)	6 (18.8)	
9.0cm角		9 (28.1)	23 (71.9)		23 (71.9)	9 (28.1)	

* ()内は%

表-3に示した。

丸身については4.5cm角がすべて1等に該当していたがこれを除いた製材品は1角丸身、全体丸身のいずれかで1等の規格に達しないものが多く出現し、7.5cm角で44%、9.0cm角は約72%が2等材であった。

曲りは、丸身とは逆に4.5cm角の約40%が2等材以下に格付けされる結果となった。

(3) 縦つき加工精度

フィンガー切削加工時の含水率は、4.5cm角で20.4～22.8%、7.5cm角で22.7～23.2%、また9.0cm角では21.4～23.8%であった。

縦つき加工材の直線度は4.5、7.5、9.0 cm角でそれぞれ平均0.41、0.23、0.25 %であった。これは天然乾燥中に発生した曲り、ねじれ等も影響していたと考えられる。

フィンガージョイント部分の接合段差の最大値は4.5、7.5、9.0 cm角でそれぞれ約0.8、1.0、1.0 mm程度であった。

縦つき加工精度の調査後、材面の段差を生じた接合部分を除去する程度に鉋削し、再び天然乾燥を行った。

乾燥終了時の縦つき加工材の概要は表-4に示した。

表-4 天乾終了時の縦つき加工材の寸法精度

寸法	厚さ		幅		曲り		ねじれ
	1~2面	3~4面	1面基準	4面基準	1面基準		
	平均 (最小~最大) cm	平均 (最小~最大) cm	平均 (最小~最大) %	平均 (最小~最大) %	平均 (最小~最大) 度		
4.5 cm角	4.32 (4.24~4.38)	4.31 (4.24~4.38)	11.2 (12.5~23.0)	13.6 (4.0~24.0)	21.5 (8.8~31.0)		
7.5 cm角	7.16 (7.04~7.30)	7.17 (7.06~7.26)	6.6 (2.0~14.0)	5.8 (1.0~17.0)	5.7 (1.5~13.5)		
9.0 cm角	8.70 (8.60~8.80)	8.70 (8.60~8.80)	6.4 (0.5~18.0)	6.9 (2.5~24.0)	3.4 (0~10.7)		

(4) 曲げ性能

縦つき加工材を中央で切断し、1 m材を縦つきして中央にジョイントのある材をジョイント部材、ジョイントのない材をコントロール部材として曲げ破壊試験を行った結果は表-5~7に示した。

表-5 4.5 cm角曲げ試験結果

材種		E_L 10^3 kg/cm^2	E_e 10^3 kg/cm^2	σ_b kg/cm^2	σ_p kg/cm^2	容積重 g/cm^3	含水率 %	年輪幅 mm	供試数
ジョイント部材	最小~最大	31~84	43~122	295~489	131~268	0.38~0.53	15.0~17.2	3.9~8.1	16
	平均	48	70	378	199	0.45	16.5	5.4	
	標準偏差	12.4	18.5	52.7	40.6	0.04	0.58	1.05	
	変動係数	0.24	0.27	0.14	0.20	0.08	0.04	0.19	
コントロール部材	最小~最大	28~71	39~530	306~530	156~268	0.41~0.55	18.5~19.8	3.9~6.1	16
	平均	46	63	432	209	0.45	19.1	5.2	
	標準偏差	11.1	16.4	81.7	35.0	0.03	0.38	0.62	
	変動係数	0.24	0.26	0.19	0.17	0.07	0.02	0.12	

E_L : 全スパンの曲げヤング係数

σ_b : 曲げ破壊係数

E_e : モーメント一定区間の曲げヤング係数

σ_p : 曲げ比例限度

表-6 7.5 cm角曲げ試験結果

材種		E_b $10^3 \frac{kg}{cm^2}$	E_l $10^3 \frac{kg}{cm^2}$	σ_b $\frac{kg}{cm^2}$	σ_p $\frac{kg}{cm^2}$	容積重 $\frac{g}{cm^3}$	含水率 %	年輪幅 mm	供試数
ジョイント部材	最小 ~最大	70 ~111	66 ~107	285 ~431	109 ~206	0.40 ~0.55	18.8 ~20.6	4.0 ~6.4	16
	平均	95	89	364	173	0.48	19.6	5.2	
	標準偏差	11.9	11.5	41.2	23.2	0.05	0.54	0.70	
	変動係数	0.13	0.13	0.11	0.13	0.10	0.03	0.13	
コントロール部材	最小 ~最大	67 ~110	58 ~109	258 ~509	109 ~262	0.41 ~0.54	20.4 ~21.8	3.4 ~6.6	16
	平均	90	85	397	176	0.48	20.9	48	
	標準偏差	13.6	16.5	62.6	40.5	0.03	0.41	0.74	
	変動係数	0.15	0.19	0.16	0.23	0.07	0.02	0.15	

表-7 9.0 cm角曲げ試験結果

材種		E_L $10^3 \frac{kg}{cm^2}$	E_l $10^3 \frac{kg}{cm^2}$	σ_b $\frac{kg}{cm^2}$	σ_p $\frac{kg}{cm^2}$	容積重 $\frac{g}{cm^3}$	含水率 %	年輪幅 mm	供試数
ジョイント部材	最小 ~最大	52 ~129	38 ~128	196 ~385	79 ~241	0.38 ~0.53	18.2 ~21.0	4.1 ~7.1	16
	平均	84	79	288	144	0.46	19.7	5.6	
	標準偏差	25.1	24.2	44.6	40.1	0.04	0.79	0.95	
	変動係数	30	31	15	28	9	4	17	
コントロール部材	最小 ~最大	32 ~114	27 ~123	203 ~476	94 ~216	0.39 ~0.53	19.3 ~21.7	3.9 ~7.1	16
	平均	79	72	341	149	0.47	20.6	5.5	
	標準偏差	22.5	30.7	74.9	36.5	0.05	0.74	1.05	
	変動係数	0.28	0.43	0.22	0.25	0.10	0.04	0.19	

また、この結果の平均値を図-4に示した。

これらの結果を基にして、コントロール部材とジョイント部材の曲げ性能を比較したのが表-8である。

ア 曲げ破壊係数

ジョイント部材とコントロール部材の曲げ破壊係数の比は4.5、7.5、9.0 cm角ではそれぞれ平均が0.89、0.93、0.87となり、ジョイント部材は低い値を示した。

また、ジョイント部材を製品寸法別に比較すると4.5、7.5、9.0 cm角では平均値がそれぞれ378、364、288 $\frac{kg}{cm^2}$ となり、9.0 cm角がやや低い値を示した。

コントロール部材でもそれぞれの平均値が432、397、341 $\frac{kg}{cm^2}$ となり、製品の断面寸法が大きくなるにつれて、曲げ破壊係数が低くなる傾向を示した。この原因は明らかではないので更に検討を要する。

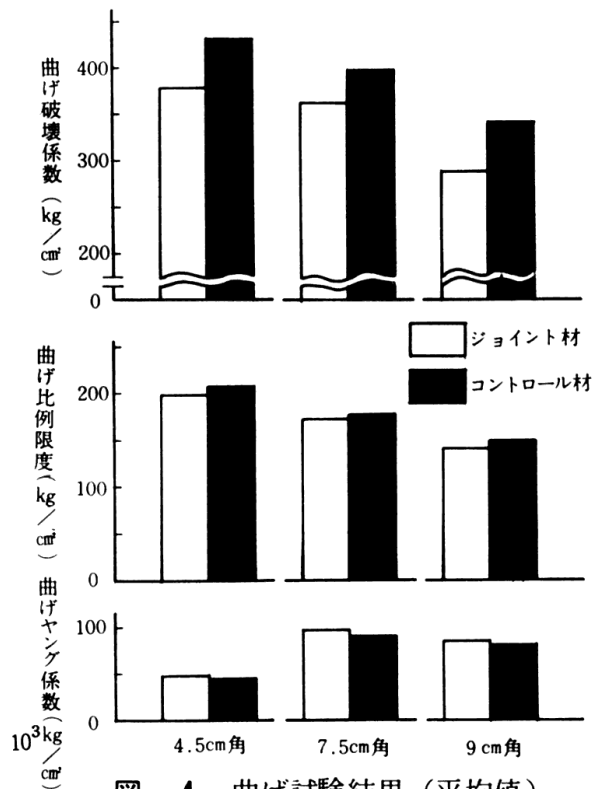


図-4 曲げ試験結果 (平均値)

イ 曲げ比例限度

4.5、7.5、9.0cm角とも曲げ比例限度はジョイント部材とコントロール部材の比較においては差異はなく、フィンガージョイントによる影響は認められなかった。

しかし製品寸法別に比較した場合に9.0 cm角が低い値となっていた。

曲げ比例限度と曲げ破壊係数の比は、4.5、7.5、9.0 cm角のジョイント部材でそれぞれ平均値が0.51、0.48、0.50、コントロール部材でそれぞれ0.49、0.44、0.44、を示したが、かなりのバラツキが見られた。

ウ 曲げヤング係数

ジョイント部材、コントロール部材の曲げヤング係数のそれぞれの平均値は、4.5 cm角で48、46^{10³ kg/cm²}、7.5 cm角で95、90^{10³ kg/cm²}、9.0 cm角で84、79^{10³ kg/cm²}であり、4.5 cm角はいずれもかなり低い値を示した。

カラマツの無欠点材の曲げヤング係数は100^{10³ kg/cm²}が一般的な標準値であり、実大材の条件を考えるならば7.5 cm角は決して低い値とは考えられない。

ジョイント材とコントロール材の曲げヤング係数の比は、4.5、7.5、9.0 cm角の平均はそれぞれ1.04、1.04、1.09となり、フィンガージョイントによる曲げヤング係数への影響は認められなかった。

エ 破壊形態

ジョイント部の破壊形態を次の三種類に分類した。⁵⁾

表-8 ジョイント部材とコントロール部材の比

材種		E_l / E_{l0}	E_L / E_{L0}	$\sigma_{P0} / \sigma_{b0}$	σ_P / σ_P	σ_b / σ_{b0}
4.5 cm角	最小	0.80	0.87	0.38	0.41	0.63
	~最大	-1.44	-1.25	-0.61	-0.68	-1.13
	平均	1.11	1.04	0.49	0.51	0.89
7.5 cm角	最小	0.77	0.78	0.36	0.38	0.73
	~最大	-1.36	-1.24	-0.57	-0.67	-1.14
	平均	1.08	1.04	0.44	0.48	0.93
9.0 cm角	最小	0.79	0.76	0.29	0.28	0.56
	~最大	-1.67	-1.50	-0.55	-0.74	-1.16
	平均	1.06	1.09	0.44	0.50	0.87

E_l, E_L : ジョイント部材のモーメント一定区間、及び全スパンの曲げヤング係数
 E_{l0}, E_{L0} : コントロール部材のモーメント一定区間、及び全スパンの曲げヤング係数
 σ_b, σ_P : ジョイント部材の曲げ破壊係数、及び曲げ比例限度
 σ_{b0}, σ_{P0} : コントロール部材の曲げ破壊係数、及び曲げ比例限度

(ア) フィンガー接合部分のみに生じた折型

(イ) 引張側接合部引抜きを伴った折型

(ウ) 引張り破壊型

4.5cm角では(ア)の折型が50%、次に(ウ)
(イ)の順となり、7.5cm角は(ウ)の折型が50
%、(イ)、(ア)の順、9.0cm角は(ア)と(ウ)
の折型がそれぞれ約45%の比率を示した。



写真-4 曲げ破壊後のジョイント部

各製品とも破壊の75~87%は接合部に生じてい
た。

4 ま と め

本報は、昭和50年度から3か年にわたり林野庁総合助成試験で4.5、7.5、9.0cm角の短尺製材
品をフィンガージョイントで縦つぎ加工した材の曲げ性能、加工精度について調査し、その結果を
要約したものである。

フィンガージョイントによる曲げ性能への影響は以下の通りであった。

曲げヤング係数は、ジョイント部材とコントロール部材の比較においては明確な差異は認められ
ず、フィンガージョイントによる曲げヤング係数への影響は認められなかった。

また、曲げ比例限度への影響も認められなかった。

曲げ破壊係数はジョイント材が低い傾向を示した。

全般的に曲げ性能の値が低い傾向を示したのは、材質的には間伐小径材の心持ち材は未成熟材部
が多いためであり、また曲げ破壊試験時における試験材の含水率が若干高かったためと考えられる。

最後に、縦つぎ加工材の曲げ破壊係数がやや低い結果となったが、使用目的に合せた利用法を見
い出していけば、一般製材品としての利用が期待できるものと考えられる。

5 文 献

- 1) 日本木材学会北海道支部講演集 第4号, P 10~14, (1972). 沢野信一・宮島寛: ミニフィン
ンガージョイントの接合効率
- 2) 木材工業 第28巻 第8号, P 23~25, (1973). 星通・千葉保人: ミニフィンガージョイン
トの形状と性能
- 3) 木材工業 第32巻 第10号, P 19~22, (1977). 星通: 縦つぎ材を貼り合せた角材の性能
- 4) 林産試験場月報 第301号, P 6~11, (1977). 工藤修・長原芳男: 枠組壁工法構造用材のた
て接合試験

- 5) 林産試験場月報 第 307 号, P 11 ~ 15, (1977). 倉田久敬・長原芳男: 高含水率材のミニフィ
ィンガージョイント (2) 曲げ接合性能に関する基礎試験