

縦突き切削におけるプレッシャーバーの効果 ——単板性状, 切削抵抗の変化——

大矢 智*・太田正光*・岡野 健*

Effect of Pressure Bar on Veneer Properties and Cutting Resistance in Slicing along the Grain

Satoru OHYA*, Masamitsu OHTA* and Takeshi OKANO*

1. 緒 言

小径などの低質木材の有効利用法の一つに, LVL (単板積層材: Laminated Veneer Lumber) がある。現在, LVL は主にロータリー単板によって製造されている¹⁻³⁾。ところが, 早晚材の材質の差が著しいスギのロータリー単板では早材もしくは晩材が偏在するためか, 十分な強度が得られていない。本研究では, 早材もしくは晩材のみに偏ることの少ないスライス単板を考えた。

スライス単板はまさ目, もしくは追まさにも取れるので, 単板の断面全面にわたって早材となるようなことは避けられる。また, スライス切削を行なった場合には, 厚さむらや切削抵抗の変動が, ロータリー切削を行なった場合と比較して小さくなることが期待できる。

そこで, 著者はスギの縦方向のスライス切削 (縦突き切削) の機構や被削性の検討を試みた。ところが, 予備実験で用いたスギ間伐木では節の影響が著しく, また試験体の材質のばらつきが大きく, 十分な検討が行えなかった。そこで, 比較的材質の均質なスプルースを試験体とした。

縦突き切削において特に問題となる先割れを防ぎ, 良質な単板を得るためには, プレッシャーバーの適切な設定条件を知ることが重要である。しかし, プレッシャーバーの効果については, 横切削に関するもの⁴⁻¹⁰⁾は多いが, 縦切削に関してはほとんどない。

本研究では縦突き切削における単板の品質指標として, 単板のカーブ半径や厚さむらを用い, その結果に基づいて, 縦突き切削におけるバーの最適設定条件について検討した。

また, 切削における基本量である切削抵抗やその変動に関しても検討した。

II. 実 験 方 法

1. 実 験 装 置

供試工具として, 刃角 20° , 幅 25 mm の刃物を用いた。切削長 2 m ごとに, その都度手仕上げによって研磨して, 切れ刃状態を一定に保った。刃物は逃げ角が 5° となるように刃物保持装置に取り付けた。刃物保持装置は, フライス盤よりカッターヘッドを取り外し, その部分に取り付けた。この刃物保持装置はロードセルを備えていて, 切削時の主分力 P_H 及び背分力 P_V を測定することが可能である。試験体はフライス盤の送り台に取り付けた機械万力に固定した。送り台が移動することによって, 試験体は切削される。切削速度は 34 mm/sec とした。

* 東京大学農学部林産学科

Department of Forest Products, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

表-1 試験体の材質

Table 1. The specimen properties

	Average	Standard deviation
Specific gravity	0.438	0.018
E_L (10^5 kgf/cm ²)	0.958	0.144
Annual ring width (mm)	1.86	0.67

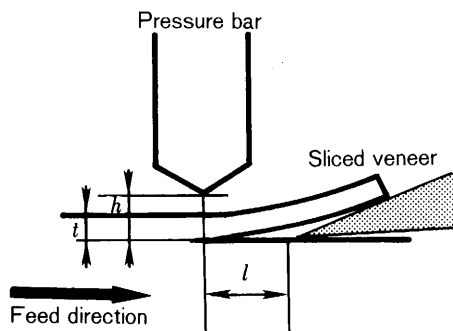


図-1 バーの設定

Fig. 1. Simplified geometry of sliced veneer formation.

l : distance parallel to the cutting line between the tool edge and extreme point of the pressure bar, h : distance perpendicular to the cutting line between the tool edge and extreme point of the pressure bar, t : depth of cut.

切削抵抗（主分力，背分力）は毎秒 50 個の速度でデジタルレコーダー（TEAC: DR-F1-3A）に記録した。

また，切削中に写真撮影を行い，先割れ長さなどを測定した。

2. 試験体

供試材は市販（榎戸木材店，新木場）のスプルース（*Picea sitchensis* Carr.）である。

試験体の寸法は長さ（L 方向）200 mm，幅（R 方向）15 mm，高さ（T 方向）50 mm とした。切削方向を L 方向，切削面を LR 面とした，まさ目面縦切削を行った。また，あらかじめ繊維傾斜測定器で正確に繊維方向を調べた。用いた試験体は繊維傾斜角 0° および順目方向に繊維傾斜角 3° のものである。木理斜交角，年輪接触角はそれぞれ厳密に 0° ， 90° とするようにした。試験体数は 1 切削条件当たり 5 個とした。切込み量はすべて 4.0

mm とした。材質のムラを小さくするためにあらかじめ，比重及びヤング係数で試験体を選別した。本研究で用いた試験体の比重，ヤング係数及び年輪幅を Table 1 に示した。

3. プレッシャーバーの設定条件

バーの設定位置は刃先からの水平距離 l と，垂直距離 h で定義した (Fig. 1)。

先割れ長さが非常に短く，切り屑が刃先より刃物すくい面に沿って排出される横切削では，刃先からの垂直距離が切込み量より小さくないとバーが有効に働かないため，そのような場合についてのみ検討されてきた。しかし，縦切削では先割れによって切り屑が跳ね上がるため，バーと刃先の距離が切込み量より大きい場合でも単板にバーが接触して，単板の品質に影響を及ぼすことが予想された。そこで，本研究では Table 2 に示すようなバーの設定条件で実験を行った。

表-2 プレッシャーバーの設定条件
Table 2. The setting of the pressure bar

horizontal opening l (mm)	4	8	12	16	20
vertical opening h (mm)	3.8	4.0	5.0	6.0	8.0

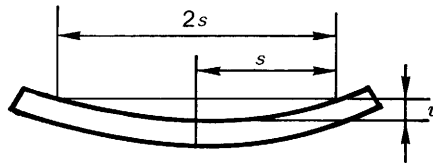


図-2 カール半径

Fig. 2. Definition of the curl radius of sliced veneer.
 ρ : the radius of curvature estimated from the upper side of the curl.

III. 切削に伴う諸量の評価方法

1. カール半径 ρ

切削直後に切り屑の形状をトレースし、Fig. 2 に示す値を求め、次式によってカールの内側の半径を求めた。

$$\text{カール半径 } \rho = \frac{v^2 + s^2}{2v} \text{ (cm)} \quad (1)$$

2. 切り屑の厚さむら t_{var}

切り屑の厚さを 2 cm ごとにマイクロメーター（最小目盛り 0.01 mm）を用いて 8 点測定し ($n=8$)、その変動係数を厚さむらと定義した。式は以下の様になる。

$$\text{厚さむら } t_{\text{var}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (t_i - t_{\text{avg}})^2 / n}}{t_{\text{avg}}} \quad (2)$$

ただし、 t_i は厚さの個々の測定値、 t_{avg} はその平均値である。

3. 切削抵抗 F

切削抵抗（主分力 F_H 、背分力 F_V ）は切削初期及び切削終期の部分を除いた部分から、以下の式によって平均値として求めた。

$$\text{平均切削抵抗 } F = \frac{1}{b} \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m f_i \right) \text{ (kgf/cm)} \quad (3)$$

ただし、 f_i はある瞬間の切削抵抗、 b は切削幅 (1.5 cm) である。以下、この平均を切削抵抗と略する。

表-3 バーの各設定条件での Δy^*
Table 3. The Δy -values* at each setting of the pressure bar

l (mm)	h (mm)				
	3.8	4.0	5.0	6.0	8.0
4	4.5	4.3	3.3	2.3	0.3
8	3.8	3.6	2.6	1.6	-0.4
12	3.1	2.9	1.9	0.9	-1.1
16	2.5	2.3	1.3	0.3	-1.7
20	2.0	1.8	0.8	-0.3	-2.3

* The Δy -value was calculated from Eq. (5) and given in mm.

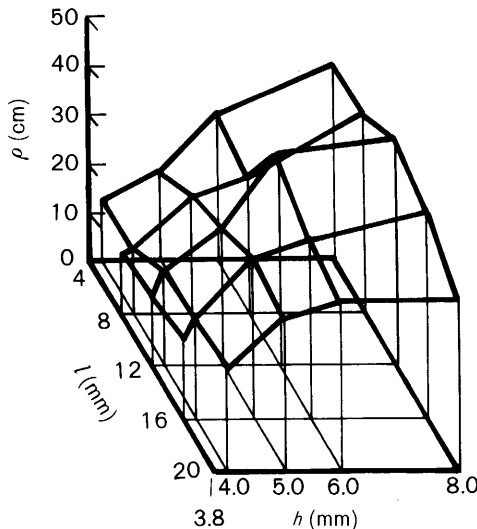


図-3 さまざまなバー設定条件で切削された単板のカール半径

Fig. 3. The curl radius of the sliced veneer under various setting of the bar.
 $t=4.0$ mm, l , h and t refer to Fig. 1.
 ρ : the radius of curvature calculated from Eq. (1).

ρ_0 や s が平均値であるので、実際には Δy は一定値ではなく、 Δy が負である場合でも、プレッシャーバーが切り屑に全く接触していないことを意味してはいない。切削中の写真撮影の結果、Table 2 に示した設定条件のうち、垂直距離が 8.0 mm、水平距離が 20 mm の場合には、切り屑とバーの接触はみられなかった。すなわち、この設定条件に対する実験結果は、バーを設定しなかった場合のものと同じである。

本研究に用いた装置では、プレッシャーバーの設定条件によっては、装置に過負荷が作用した。そのため、垂直距離 h が 3.6 mm、水平距離 l が 4~12 mm の各組合せ、及び垂直距離が 3.8 mm、水平距離が 4 mm の組合せでは切削が適切に行えなかった。

4. 切削抵抗の平均変動幅 ΔF

以下の式で表される平均変動幅を切削抵抗について定義した。

切削抵抗の平均変動幅

$$\Delta F = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left| F - \frac{f_i}{b} \right| \quad (\text{kgf/cm}) \quad (4)$$

IV. 結果および考察

1. 単板品質

バーを作用させることによって、切り屑はバーとの接触点で押し下げられる。その押し下げ量 Δy は、バーを作用させていない場合の切り屑上面と刃先の垂直距離 y から、バーの先端と刃先の垂直距離 h を引いたものになり、

$$\begin{aligned} \Delta y &= y - h \\ &= \rho_0 - \sqrt{\rho_0^2 - s^2} - h \end{aligned} \quad (5)$$

と表される。ここで、 ρ_0 はバーを作用させていないときの切削中の切り屑のカール半径で、実験から求めた（本研究では 48.0 cm となった）。また、 s は先割れ先端とバーの先端の水平距離である。バーの各設定条件での Δy は Table 3 に示した。

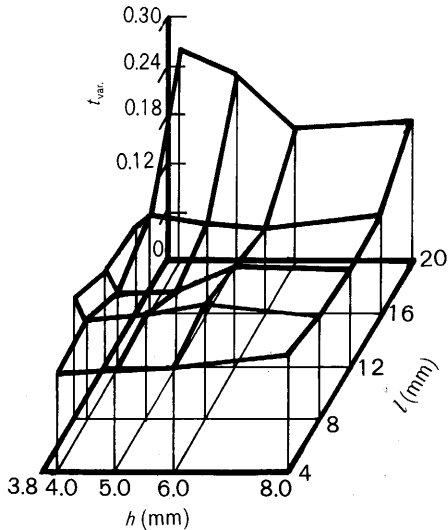


図-4 さまざまなバー設定条件で切削された単板の厚さむら

Fig. 4. The coefficient of thickness variation of the sliced veneer under various setting of the bar.
 $t=4.0$ mm, l , h and t refer to Fig. 1.
 t_{var} : the thickness variation calculated from Eq. (2).

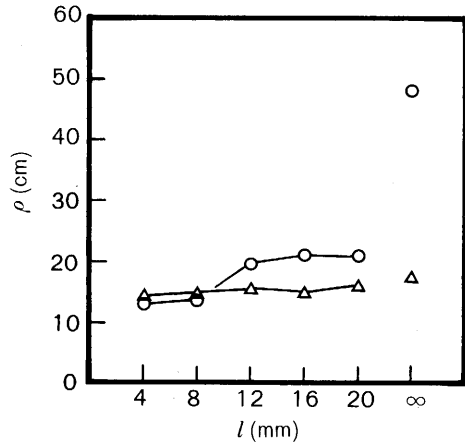


図-5 バー水平設定距離とカール半径との関係

Fig. 5. The relationship between the horizontal opening of the bar and the curl radius of the sliced veneer.
 $t=4.0$ mm, $h=4.0$ mm, l , h and t refer to Fig. 1, ρ : the radius of curvature calculated from Eq. (1).
 Legend: \circ : grain angle 0° , \triangle : grain angle 3° .

単板としての利用を考えた場合、切り屑が通直である方が好ましい。なぜなら、大きくカールしている単板をLVLの構成単板として用いる場合は接着むらが生じる危険性があり、その結果LVLの性能が低下する危険性がある。

Fig. 3に繊維傾斜角 0° の場合での、カール半径についての実験結果を示した。この図よりカール半径は、水平距離にかかわらず、バーが母材から垂直方向に離れるほど大きいことがわかる。また、垂直距離が同一ならば水平距離によらず、カール半径はほぼ同じであった。すなわち、カール半径に影響を与えているのは、主に垂直距離であること、そしてカール半径を大きくするには、バーを母材表面より離れた設定を行えばよいことがわかる。

Fig. 4に繊維傾斜角 0° の場合での、厚さむらについての実験結果を示した。厚さむらは単板の接着性能やLVLの厚さ精度と直接関係するため、小さい方が好ましい。垂直距離が $4.0\sim 8.0$ mm、水平距離が $4\sim 12$ mmの範囲ではどの組み合わせでも、厚さむらはほとんど変わらなかった。また、それら以外の条件よりも厚さむらが小さかった。すなわち、バーを母材に食い込ませることは、厚さむらの点からも好ましくない。

カール半径と厚さむらの結果を合わせて考えると、今回の実験条件でのバーの最適設定条件は刃先とバーの水平距離を $4\sim 12$ mm (切込み量の1倍から3倍)とし、垂直方向は 4.0 mm (切込み量と同程度)母材から離れた場合であるといえる。

このバーの最適設定条件は、バーがどのように切り屑と接触したときであろうか。垂直距離が

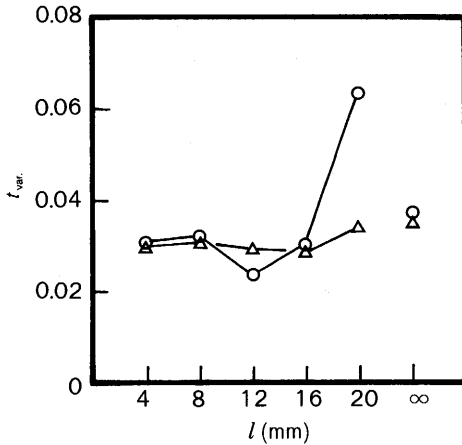


図-6 バー水平設定距離と厚さむらとの関係
 Fig. 6. The relationship between the horizontal opening of the bar and the thickness variation of the sliced veneer.
 $t=4.0$ mm, $h=4.0$ mm, l , h and t : refer to Fig. 1. t_{var} : the thickness variation calculated from Eq. (2).
 Legend: ○: grain angle 0° , △: grain angle 3° .

8.0 mm, 水平距離が 4 mm, 8 mm, 12 mm での Δy はそれぞれ 0.3 mm, -0.4 mm, -1.1 mm であった (Table 3)。つまり, 切り屑のカール半径を極端に変えない程度に, 切り屑とバーが接触している場合に最もよい単板が製造される。

次に, 繊維傾斜角がある場合 (順目方向に 3°) のバーの効果について, 繊維傾斜角 0° の場合と比較しながら検討する。バー設定条件は垂直距離を 4.0 mm 一定とし, 水平距離を Table 2 に示す通りとした。

Fig. 5 に繊維傾斜角 0° と 3° の単板のカール半径の実験結果を比較して示した。バーを作用させた場合には, その繊維傾斜角にかかわらず, カール半径はバーの設定条件を変えても大きく変化しないことがわかる。しかし, 切り屑の排出が困難となるバーの設定条件ほど, カール半径は幾分小さくなった。一方, 繊維傾斜角の影響をみれば, バーを作用させない場合には, 繊維傾斜角があると, 繊維傾斜角が 0° の単板と比べて, カール半径は非常に小さくなるのがわかる。また, バーを作用させた場合にも, 水平距離が 12~20 mm の範囲では, 同様に繊維傾斜角

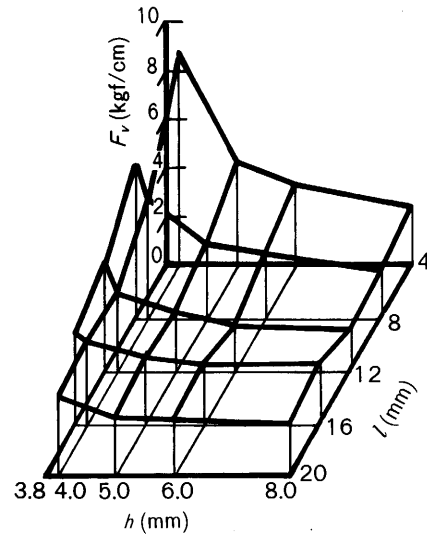
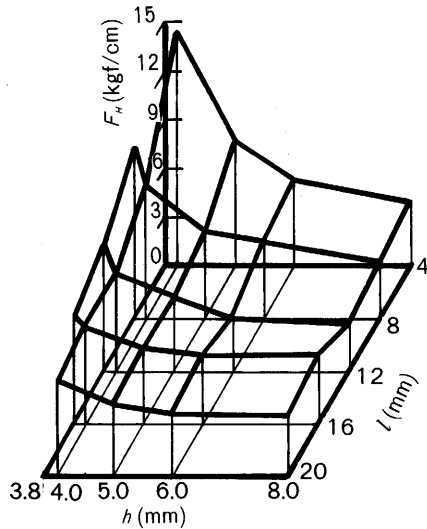


図-7 さまざまなバー設定条件での切削抵抗
 Fig. 7. The relationship between the cutting resistance and the bar setting.
 $t=4.0$ mm, l , h and t : refer to Fig. 1. F_H and F_V : the cutting resistance calculated from Eq. (3).

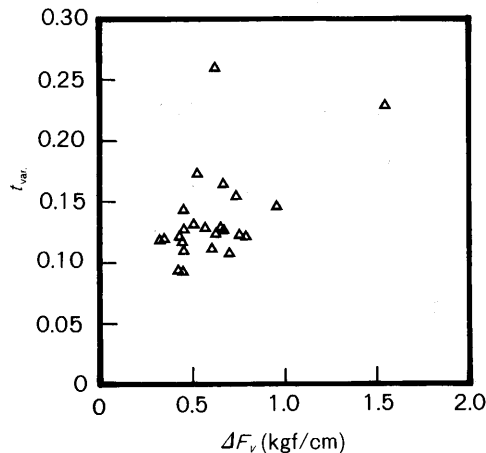
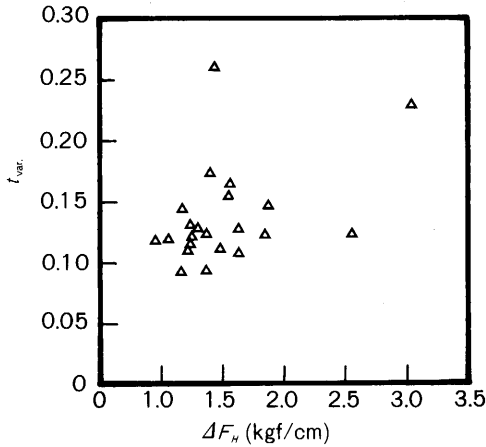


図-8 切削抵抗の平均変動幅と厚さむらとの関係

Fig. 8. Relationship between the average amplitude of the cutting resistance and the coefficient of thickness variation.

$t=4.0$ mm, t refer to Fig. 1. ΔF_H and ΔF_V : the average amplitude of the cutting resistance calculated from Eq. (4). t_{var} : the thickness variation calculated from Eq. (2).

ることがわかる。実際、垂直距離 3.8 mm に設定した場合の切削抵抗は、垂直距離 4.0 mm の場合のそれより大きく、縦切削では母材にバーを食い込ませることは、切削抵抗の面からも得策でない。一方、水平距離が 12~20 mm, 垂直距離が 6.0 mm 及び 8.0 mm の各組合せでは切削抵抗はほとんど変わらなかった。

1.で述べた最適なバーの設定条件の範囲では、切削抵抗は小さく、またほぼ一定であった。つま

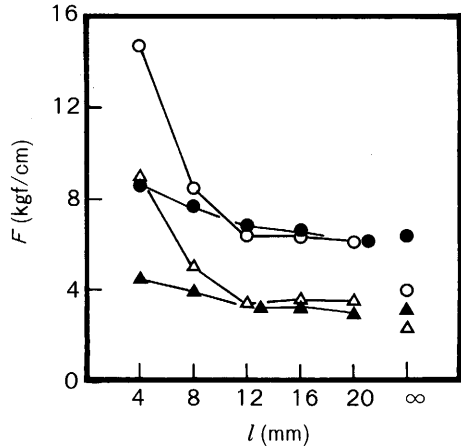


図-9 バー水平設定距離と切削抵抗との関係

Fig. 9. The relationship between the horizontal opening of the bar and the cutting resistance.

$t=4.0$ mm, $h=4.0$ mm, l , h and t : refer to Fig. 1. F_H and F_V : the cutting resistance calculated from Eq. (3). Legend: \circ : grain angle= 0° F_H , \triangle : grain angle= 0° F_V , \bullet : grain angle= 3° F_H , \blacktriangle : grain angle= 3° F_V .

があると、カール半径が小さくなるので、良好な単板を得るためには、繊維方向を厳密にそろえる必要がある。

Fig. 6 に厚さむらについての実験結果を示した。厚さむらも 3° においては、 0° の場合ほどバーの影響は大きくなく、 3° ではバーにより単板品質を向上させられるかどうかは不明である。

2. 切削抵抗

Fig. 7 に繊維傾斜角 0° の場合の、主分力および背分力の実験結果を示した。これらの図より水平距離、垂直距離ともに小さく設定した場合（図では左奥がそれに当たる）ほど、切削抵抗が増大す

り、単板品質からみた、縦切削におけるバーの最適条件は、切削抵抗の面からも好ましい。

切り屑の厚さは、刃先の振動などで切削抵抗が変動すると、むらが大きくなると予想される。このことに関して検討を行なった。Fig. 8 に主分力及び背分力の平均変動幅と厚さむらの関係を示した。この図より両者の間に相関がなく、切削抵抗の平均変動幅は単板性状の指標とはならないことがわかる。

Fig. 9 に繊維傾斜角 0° と 3° の切削抵抗の実験結果を比較して示した。 3° ではバーが作用しない場合と作用した場合の差が小さく、 0° の場合ほどバー設定条件の影響を受けないことがわかる。これは以下のように考えることができる。バーを切り屑の排出が困難な条件（例えば、今回の実験の範囲では水平距離 4 mm）に設定した場合、切り屑が刃物すくい面に押し付けられる。そのため、 0° ではバーが作用しない場合に比べて摩擦抵抗が増大する。一方、 3° では切り屑に繊維に沿った割れが生じるため、切り屑の剛性は 0° のものより幾分低く、そのため切削抵抗の増大が 0° の場合ほど大きくない。

要 旨

縦切削におけるプレッシャーバーの効果について、主に繊維傾斜角 0° の試験体を用いて基礎的実験を行った。その結果を要約すると、以下の通りである。

1) 繊維傾斜角 0° では、単板品質から考えた場合、バーの最適設定条件は母材から垂直方向に切込み量とほぼ等しい量離しながら、刃先から水平方向に切込み量の 1~3 倍程度離れた場合であった。また、この設定条件は被削性の点からも好ましかった。

2) 1) で述べたバーの最適設定条件は、バーと切り屑がわずかに接触する場合であった。

3) 単板性状はバーの設定条件に影響されるとともに、わずかな繊維傾斜角の変化にも影響された。従って、良好な単板を得るためには試験体の繊維方向を厳密に知る必要がある。

キーワード：縦切削，プレッシャーバー，カール半径，厚さむら，繊維傾斜角

引 用 文 献

- 1) 佐々木 光：LVL. 木材工業，37, 540-541, 1982.
- 2) 小倉高規：カラマツ小径材による LVL の製造システムについて (I). 木材工業，36, 589-595, 1981.
- 3) ———：カラマツ小径材による LVL の製造システムについて (II). 木材工業，37, 9-15, 1982.
- 4) LUTZ, J. F. and R. A. PATZER: Effects of Horizontal Roller-Bar Openings on Quality of Rotary-Cut Southern Pine and Yellow-Poplar Veneer. Forest Prod. J., 16 (10), 15-25, 1966.
- 5) PETERS, C. C.; R. R. ZENK and A. MERGEN: Effects of Roller-Bar Compression and Restraint in Slicing Wood 1-Inch Thick. Forest Prod. J., 18 (1), 75-80, 1968.
- 6) ———; A. F. MERGEN and H. R. PANZER: Slicing Wood One-Inch Thick: Four Types of Pressure Bars. Forest Prod. J., 19 (7), 47-53, 1969.
- 7) CUMMING, J. D. and B. M. COLLETT: Determining Lathe Settings for Optimum Veneer Quality. Forest Prod. J., 20 (11), 20-27, 1970.
- 8) PALKA, L. C.: Prediction of Veneer Lathe Settings, Wood Sci., 3, 65-82, 1970.
- 9) 江草義正：ロータリ単板切削について (第 1 報). 林業試験場研報，203, 131-171, 1967.
- 10) 杉山 滋：木材の Thick-Slicing におけるプレッシャーバーの影響. 長崎大学教育学部自然科学研報，32, 145-167, 1981.

(1991 年 4 月 30 日受理)

Summary

To produce a good quality veneer from softwood for Laminated Veneer Lumber, it seems that slicing along the grain is more advantageous than rotary cutting, because of the inhomogeneity of the softwood. In this report, slicing along the grain was performed to obtain fundamental knowledge on the effects of the setting of the pressure bar on the veneer properties and machinability. The results obtained are summarized as follows:

1) To obtain a good veneer, which has large curl radius and small thickness variation, the pressure bar must be set at the points where the extreme point of the bar has a vertical distance equal to the depth of the cut (t) from the specimen's surface and a horizontal distance ranging from t to $3t$ from the tool edge.

2) In the cases that veneer chip was pushed down a little by the bar, the veneer properties and machinability were expected to be good.

3) The properties of veneer were influenced by the setting of the bar, but more sensitively influenced by the variation of the grain angle.

Key words: Slicing along the grain, Pressure bar, Radius of curl, Thickness variation, Grain angle