

単板切削における刃先形状の影響 第2報

切削抵抗, 単板面あらさにおよぼす刃口間隔, 刃先形状の影響

木 下 敝 幸⁽¹⁾

Nobuyuki KINOSHITA : Effects of Knife Edge Profiles on Veneer Cutting II
Effects of knife edge profiles on cutting resistance and cut surface
roughness related to nose-bar opening

要 旨 : 本報では, 大きくわけて次の2項目について検討した。(1) 刃先形状および刃口間隔を変化させて切削した時に刃物に作用する切削抵抗, (2) 主に刃先形状の異なる刃物で切削した時の単板面あらさおよび刃先摩耗量の変化, 切削時に刃物に作用する切削抵抗については, 切削抵抗の水平, 垂直方向分力, 合力, 合力の作用方向, 切削抵抗の変動等にわけて, それらの刃先形状あるいは刃口間隔を変えて切削した時の変化を, 前報で求めたノーズバーを作用させずに切削した時の結果と比較しながら検討した。その結果, (1) 刃口水平方向間隔を狭くしていくと切削抵抗の水平方向分力は増加し, 垂直方向分力は低下するが, 垂直方向分力の低下度は一般に刃口垂直方向間隔を狭くして切削するほど大きい。(2) 逃面にベベルをつけた刃物で切削した場合, ノーズバーを作用させることにより切削抵抗の垂直方向分力は低下し, これにともない合力の値も低下する。(3) 合力の作用方向は, ベベルをつけない刃物の場合刃口条件により大きな変化はみられないが, 逃面にベベルをつけた刃物で切削すると刃口水平方向間隔を狭くしていくにつれて次第に切削方向に対して合力の作用方向は平行になる。単板の面あらさについてみると, (1) 被削材の組織的な構造あるいはけぼだち等切削にともなう切削面の凹凸以外の影響もあり, 単板面あらさと刃口条件, 刃先形状あるいは切削抵抗の変動等との明確な関連はつかめない。(2) 単板切削長が長くなると, ベベルをつけない刃物による切削の場合面あらさは高くなるが, 逃面にベベルをつけた刃物の場合単板切削長 300 m 以上で面あらさには変化はみられない。面あらさと刃先の摩耗量との関連は見出せないが, この点については今後つづかれ, 刃先最先端の形状の変化等について検討する必要がある。

目 次

1. 緒 言	66
2. 実 験 方 法	66
2.1 切削抵抗におよぼす刃口間隔の影響	66
2.1.1 切削抵抗の測定および切削条件	66
2.1.2 供試樹種および試験片	68
2.2 刃先形状による刃先の摩耗および単板面あらさの相違	68
2.2.1 切 削 条 件	68
2.2.2 刃先の摩耗量および単板面あらさの測定	68
2.2.3 供 試 原 木	70
3. 実験結果および考察	70
3.1 切削抵抗と刃口間隔の関係	70
3.1.1 切削抵抗の水平, 垂直方向分力と刃口間隔の関係	70
3.1.2 切削抵抗の合力と刃口間隔の関係	75

3.1.3 切削抵抗の合力の作用方向と刃口間隔の関係	78
3.1.4 切削抵抗の変動と刃口間隔の関係	80
3.2 単板面あらさおよび刃先摩耗量と切削条件の関係	83
3.2.1 単板面あらさと刃先形状、刃口間隔の関係	83
3.2.2 単板切削長と単板面あらさおよび刃先摩耗量の関係	88
4. ま と め	90
参 考 文 献	92
Summary	92

1. 緒 言

前報¹⁾では、刃物逃面側にベベルをつけて切削した時刃物に作用する切削抵抗の変化を、主にベベルの幅、逃角、単板厚さ等に関連づけて検討したが、この場合ノーズバーは作用させない状態で切削を行なっている。本報では、ノーズバーを作用させた時刃物に作用する切削抵抗の変化を、刃口垂直方向間隔、水平方向間隔および刃先逃面につけたベベル条件と関連づけて検討し、さらに刃先にベベルをつけない刃物（直刃）と刃先逃面に幅約 1 mm のベベルをつけた 2 種類の刃先形状の刃物を用いて小型のロータリーレースで厚さ 1 mm の単板切削を行ない、刃先の摩耗状態および単板面あらさの比較を行なった。

前報では、供試樹種として、ホオノキ、レッドメランチ、ホワイトメランチの 3 樹種をとり上げたが、本報ではホオノキだけについて実験を行なっている。その理由は、レッドメランチ、ホワイトメランチ 2 樹種についても実際にロータリーレースで単板切削を行ない、刃先の摩耗あるいは単板面あらさの変化をみるための実験を行なったが、この場合刃先先端に微少な欠けが多数発生し、その刃先の欠けにより単板の面あらさが悪化する傾向がみられたためである。この刃先の欠けの程度を数値的に適切に表示するのは現在のところ困難で、その検討は今後にゆずり、本報では一応異なる刃先形状の刃物で単板切削を行なった時の刃先の摩耗経過およびこれにともなう単板面あらさの変化を、比較的刃先の欠けの発生程度のすくないホオノキについて検討した。

2. 実 験 方 法

2.1 切削抵抗におよぼす刃口間隔の影響

2.1.1 切削抵抗の測定および切削条件

切削抵抗の測定は前報に示した方法と同じ方法で行なった。つまり、切削時に刃物に作用する切削抵抗を切削方向と平行方向に作用する分力 R_p （水平方向分力 parallel component of cutting resistance）、およびこれに直交する分力 R_n （垂直方向分力 normal component of cutting resistance）の 2 方向分力に分けて測定できるロードセル（2 分力計）を用いて上記の 2 方向分力を測定し、これから水平、垂直方向分力の合力（resultant of cutting resistance） $R (= \sqrt{R_p^2 + R_n^2})$ および合力の作用方向（ $= R_n/R_p$ ）を求めた。ここで、各分力の作用方向による正、負は Fig. 1 に示すようにとった。なお、ロードセルで検出した水平、垂直各方向分力は、ペン書オシログラフに記録させ、切削長 100 mm の中央部 50 mm に相当する部分の最大値を平均し、切削幅 1 cm あたりの値 (kg/cm) としてあらわした。

刃物とノーズバーの関係を Fig. 1 に示しているが、刃口垂直方向間隔 (V , vertical opening of nose-bar) および水平方向間隔 (H , horizontal opening of nose-bar) を切込み深さに応じて Table 1 に示

すようにとった。なお、切込み深さ 1.0 mm の時の刃口垂直方向間隔については一部の条件を省略したことがある。ノーズバーの形状については、一般に用いられている形状のもの以外に、逃面にベベルをつけた形状のバー (restraint-bar) あるいは円筒状のバー (roller-bar) 等があり、切削抵抗あるいは単板品質に対するバーの形状の影響についてこれまでかなりの報告^{2)~6)}が出されているが、今回の実験においてはバー先端を 75° に仕上げ、逃面にベベルをつけない普通に用いられているものに近い形状のバーとした。刃物は 3 枚用意し、グラインダーで刃物角が約 20° になるよう研削した後、Table 2 に示す形状に刃先を手仕上げした。ここに示した No. 1, No. 2, No. 3

の刃物はそれぞれ前報における No. 1, No. 3, No. 6 の刃物と同一刃先形状で、No. 1 の刃物の場合刃先逃面にベベルをつけていないいわゆる直刃の状態、グラインダーで研削後刃物すくい面、逃面について刃先のかえりを除去する程度に仕上げにより研磨している。刃先逃面にベベルをつける研磨作業に際しては、ベベルの幅だけを変化させ、刃先角は 25° 一定になるよう心掛けたが No. 2 の刃物の場合約 40' の誤差を生じている。しかし、本報では同一刃物における切削抵抗あるいは面あらしにおよぼす刃口間隔の影響を検討するにとどめ、刃先形状が異なる刃物間についての比較は行っていないため上記の刃先角の誤差は大きな問題にはならない。なお、面あらしの測定については 2.2.2 に示す。

その他の切削条件は次の通りである。

切込み深さ: 1.0 mm, 2.0 mm

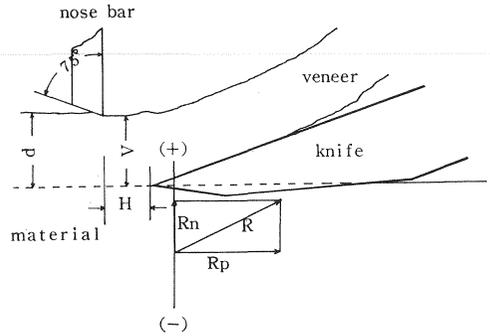


Fig. 1 刃物とノーズバーの関係
Relation of knife and nose-bar.

d : depth of cut, V : vertical opening of nose-bar, H : horizontal opening of nose-bar, R_n : normal component of cutting resistance, R_p : parallel component of cutting resistance, R : resultant of R_n and R_p .

Table 1. 刃口間隔の条件
Conditions of knife-bar opening

Depth of cut (mm)	Vertical opening (mm)	Horizontal opening (mm)
1.0	0.95, 0.90, 0.85, 0.75, 0.70	0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0
2.0	1.90, 1.80, 1.70	0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0

Table 2. 刃先形状
Profiles of knife edge

Knife No.	Microbevel width (mm)	Knife angle α	Sharpness angle γ
1	0	19°50' (19°40'~19°50')	19°50' (19°40'~19°50')
2	0.63 (0.60~0.64)	19°40' (19°00'~20°40')	25°40' (25°20'~26°10')
3	1.21 (1.15~1.26)	19°40' (19°00'~20°20')	25°00' (25°00'~25°10')

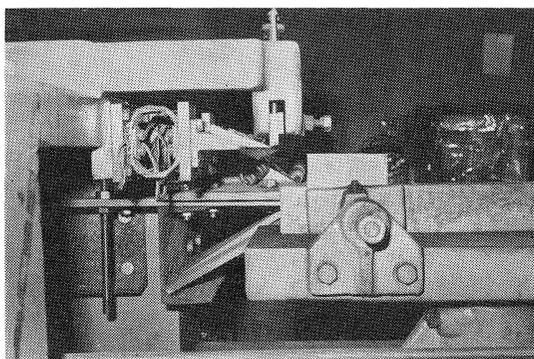


Fig. 2 実験装置
Experimental apparatus.

切 削 角：21°

被削材の送り速度：200 mm/min

なお、Fig. 2 に実験装置の写真を示しているが、刃物とノーズバーは分離された構造になっている。

2.1.2 供試樹種および試験片

供試樹種はホオノキの飽水材（全乾比重 0.43）で、試験片寸法は 10 cm（半径方向）×10 cm（接線方向）×1.0 cm（繊維方向）とした。切削方向は繊維方向に直交、年輪に対して接線方向とし、切削面は板目面とした。

切削幅は 1.0 cm，1 回の切削における切削長は 10 cm で，同一切削条件で 5～7 回連続して切削した。

2.2 刃先形状による刃先の摩耗および単板面あらさの相違

2.2.1 切削条件

単板切削は最大切削幅 45 cm の小型のベニヤレースで行なった。切削条件は次の通りである。

単板の送り厚さ：1.02 mm

ノーズバーの絞り（単板の厚さ方向絞り）：単板の送り厚さに対して 5%

ノーズバーの引上げ角度：刃物裏面に対して 85°

切 削 角：21°

スピンドル回転数：30 rpm

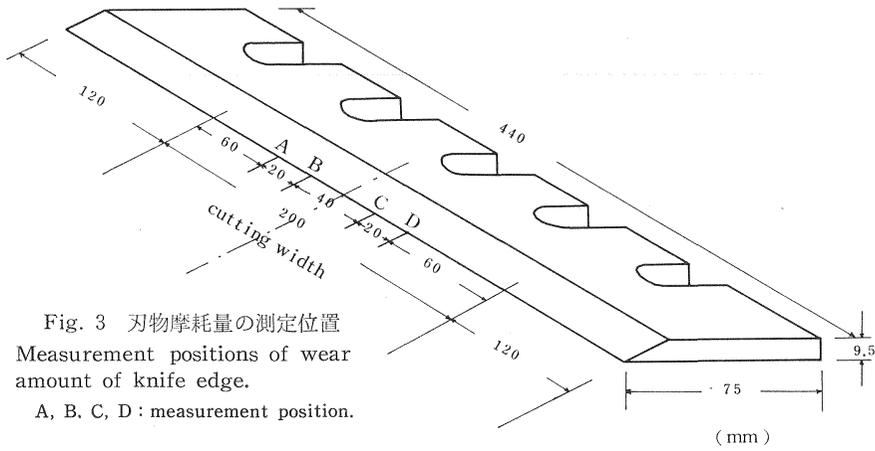
刃物（長さ 440 mm）は 2 枚用意し，いずれもグラインダーで刃物角 20° に研削した後，1 枚は刃先にベベルをつけない直刃に，他の 1 枚は手仕上げにより刃表面（刃物逃面）に刃先角 25°，ベベル幅 1.0 mm になるよう研磨し，万能投影機で 200 倍に拡大した時刃先線に欠けがないのを確認した。刃物の材質は JIS の高速度鋼 6 種にほぼ相当するもので，焼入温度 1,230°C，焼戻し温度 530～550°C，ロックウェル硬度 63～64 である。切削した単板長さは，直刃で切削した場合約 900 m，ベベルをつけた刃物で切削した場合約 1,400 m で，いずれもかなり短い，これは刃先の欠けによると思われる面あらさの悪化が目立ってきたため，上記程度の単板切削長にとどめざるを得なかった。

2.2.2 刃先の摩耗量および単板面あらさの測定

直刃による切削においては約 900 m，ベベルをつけた刃物による切削においては約 1,400 m の単板を切削したが，直刃による切削の場合単板切削長が 10, 110, 315, 630, 900 m，ベベルをつけた刃物による切削の場合 10, 310, 655, 1,090, 1,370 m の時に刃先の摩耗量および単板面のあらさを測定した。

刃先の摩耗量は，長さ約 45 cm の刃物の中央部約 20 cm の部分で単板切削を行なったが，その切削を行なった部分のうち Fig. 3 に示す 4 点についてウッドメタルで刃型をとり，万能投影機で 100 倍に拡大して測定した。刃先の摩耗量として，摩耗した刃先部分の面積を上記 4 点について測定し，それらの値を平均した。

面あらさ測定用の単板試料はあらむき後の原木外周から約 5 cm の位置について切削された単板から，3 cm（繊維方向）×5 cm（接線方向）の寸法のもを上述の各単板切削長になった時点で 30 枚とり，そ



の表面 (tight side) および裏面 (loose side) について触針式あらさ計により面あらさを測定した。測定方向は単板の繊維に対して直角方向とし、触針の先端径は $3\sim 5\mu$ である。面あらさの表示は、平均最大あらさ H_{MAX} (peak to valley average height) および中心線平均あらさ H_{CLA} (center line average) で行なった。この場合、刃先形状および刃口間隔による面あらさの変化をみるための実験においては、 H_{MAX} および H_{CLA} を測定し両者の値を比較したが、単板切削長と単板面あらさの関係を検討するための実験においては H_{CLA} だけを求めた。なお、 H_{MAX} と H_{CLA} 間には、加工面の断面形状が規則的になっている場合、その断面形状できまる一定の関係をもつが⁷⁾、単板切削面のように複雑な断面形状を示す場合両者の値間には一定の関係はみられない。平均最大あらさおよび中心線平均あらさは次のようにして求めた。平均最大あらさ H_{MAX} は、測定長約 10 mm において Fig. 4-a に示すように面あらさの波で最も高い山から 5 点 (m_1, m_2, \dots, m_5) とった山の平均と、最も深い谷から 5 点 (n_1, n_2, \dots, n_5) とった谷の平均との距離で表示している。つまり、平均最大あらさ (H_{MAX}) は次のようになる。

$$H_{MAX} = \frac{\{(m_1 + m_2 + \dots + m_5) - (n_1 + n_2 + \dots + n_5)\}}{5}$$

H_{MAX} : 平均最大あらさ (peak to valley average height)

m_1, \dots, m_5 : 断面曲線における山の高さ (height of peak in profile curve)

n_1, \dots, n_5 : 断面曲線における谷の高さ (height of valley in profile curve)

測定速度は 0.2 mm/sec., 測定倍率は 500 倍で実験を行なった。

中心線平均あらさの場合、Fig. 4-b のように波形の中心線を $x-x$ とし、 $x-x$ 線より上の断面曲線が $x-x$ 線と囲む面積と、 $x-x$ 線より下の断面曲線が $x-x$ 線と囲む面積の絶対値を加え合

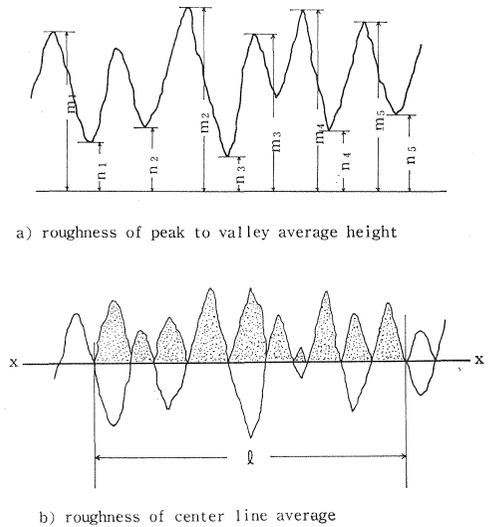


Fig. 4 単板面あらさの測定 Measurement of veneer surface roughness.

せ、これを測定長で除すことにより求められる。

$$H_{CLA} = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx$$

H_{CLA} : 中心線平均あらさ (roughness of center line average)

l : 測定長 (length measured)

なお、測定速度は 2 mm/sec. で、中心線平均あらさの値はメーターから直読できるようになっている。

2.2.3 供試原木

供試材として長さ約 2 m、直径約 40 cm のホオノキ原木 3 本を用意し、各原木を 20 cm に玉切りした後あらむきし単板切削に供した。剥心径は約 10 cm である。各原木の比重 (全乾) をみると、原木 1 0.44 (0.43~0.45)、原木 2 0.43 (0.42~0.46)、原木 3 0.43 (0.41~0.44) で各原木間にはほとんど差はみられないが、面あらさ測定用の単板試験片は常に原木 1 の原木外周 (あらむき後) から約 5 cm の位置において切削された単板とした。なお、単板切削にあたり節は取除き、できるだけ刃先先端の欠けを生ぜしめないよう留意した。

3. 実験結果および考察

3.1 切削抵抗と刃口間隔の関係

3.1.1 切削抵抗の水平、垂直方向分力と刃口間隔の関係

逃面にベベルをつけない刃物 (直刃) を用い、切削角 21° 、切込み深さ 1.0 mm および 2.0 mm の条件で、刃口水平方向間隔および垂直方向間隔を変化させて単板切削を行なった時に、刃物に作用する切削抵抗の水平方向分力、垂直方向分力の変化を求めた実験結果を Fig. 5, 6 に示す。図に示した各プロットは、同一の切削条件で 5~7 回の切削を行い、それらの値を平均したものである。

刃口垂直方向間隔を 3 段階に変化させ、水平方向間隔を 0~1.0 mm の範囲で 6~7 段階に変化させた時の切削幅 1 cm あたりの切削抵抗の水平方向分力は切込み深さによりやや異なる傾向を示す。つまり、切込み深さを 1.0 mm にして切削した場合、刃口垂直方向間隔が 0.90 mm では水平方向間隔を変化させても切削抵抗の水平方向分力には大きな変化はみられず単位切削幅あたり 4~5 kg の値を示している。刃口垂直方向間隔を 0.75 mm あるいは 0.70 mm と狭くして切削すると水平方向間隔が 0.4~1.0 mm の範囲では水平方向分力はほぼ一定の値を示しているが、刃口水平方向間隔が 0.4 mm 以下で狭くなるにしたがって切削抵抗の水平方向分力は次第に増加する傾向を示し、この場合刃口垂直方向間隔が 0.75 mm あるいは 0.70 mm でも水平方向分力の値には大きな差は認められない。

切込み深さを 2.0 mm、刃口垂直方向間隔を 1.90 mm と切込み深さに対するパーの絞りの度合いを 5% にし、切込み深さ 1.0 mm で刃口垂直方向間隔を 0.90 mm にして切削した時よりもパーの絞りの度合いを小さくして切削しても切込み深さが 2.0 mm の場合 Fig. 6 に示すように切削抵抗の水平方向分力は刃口水平間隔を狭くしていくにつれて増加する傾向が認められる。なお、切込み深さが 1.0 mm あるいは 2.0 mm に関係なく、刃口水平方向間隔が比較的広い条件範囲では刃口垂直方向間隔を大きくおいて切削するほど切削抵抗の水平方向分力はやや高い値を示しているが、分力の刃口水平方向間隔の減少にもなう増加割合は垂直方向間隔により若干異なり、刃口水平方向間隔が小さくなると垂直方向間隔による分力の差はほとんどみられなくなるか (切込み深さ 2.0 mm の場合)、逆に垂直方向間隔が広いほど水平

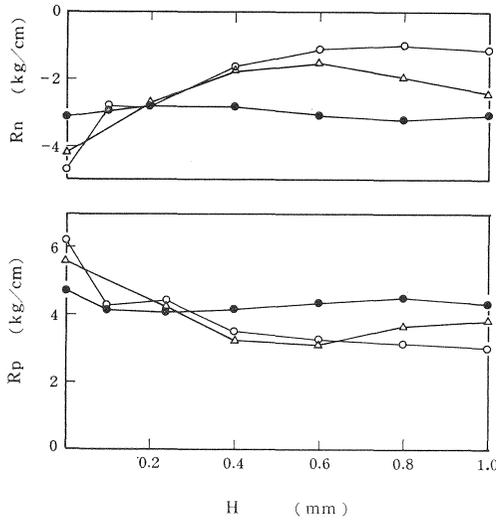


Fig. 5 切削抵抗の水平 (R_p), 垂直 (R_n) 方向分力と刃口間隔の関係

Relations of parallel (R_p), normal (R_n) component of cutting resistance and nose-bar opening.

cut with No. 1 knife, depth of cut 1.0 mm, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 0.90 mm, △: 0.75 mm, ○: 0.70 mm.

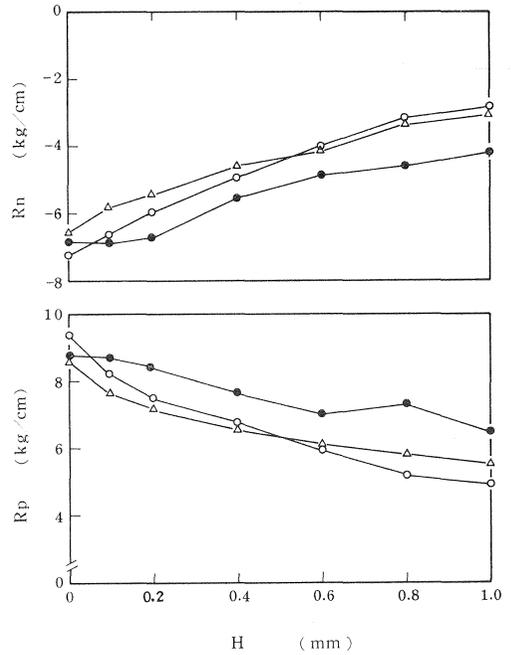


Fig. 6 切削抵抗の水平 (R_p), 垂直 (R_n) 方向分力と刃口間隔の関係

Relations of parallel (R_p), normal (R_n) component of cutting resistance and nose-bar opening.

cut with No. 1 knife, depth of cut 2.0 mm, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm.

方向分力は低くなる (切込み深さ 1.0 mm の場合)。

切削抵抗の垂直方向分力に対する刃口間隔の影響をみると、全般的な傾向として切削抵抗の水平方向分力と刃口間隔の関係にみられたのと同じ関係が、切削抵抗の垂直方向分力と刃口水平あるいは垂直方向間隔の間にもみられる。切削抵抗の垂直方向分力の場合、その作用方向による正・負を Fig. 1 に示すようにとっているため刃物逃面にベベルをつけない刃物を用い、ノーズバーを作用させて切削すると垂直方向分力の値は負、つまり被削材材側に刃物を押しつける方向に分力が作用している。切削抵抗の垂直方向分力は、切込み深さを 1.0 mm におき、刃口垂直方向間隔を 0.90 mm にして切削した場合刃口水平方向間隔を変化させてもほぼ一定値を示しているが、刃口垂直方向間隔を 0.75 mm あるいは 0.70 mm にすると刃口水平間隔が狭くなるにつれて切削抵抗の垂直方向分力は次第に低下 (負側に増加) する傾向を示す。切込み深さを 2.0 mm にして切削した時には、刃口垂直方向間隔が 1.90~1.70 mm の条件において切削抵抗の垂直方向分力は刃口水平方向間隔を狭くしていくことによりかなり大きく低下する傾向を示す。

林・栃木²⁾はノーズバーの形状の影響をしらべた実験のなかで、マカンバ気乾材を切込み深さ 1.0 mm に設定し、刃口水平、垂直方向間隔を変化させた時の刃物に作用する切削抵抗の水平、垂直方向分力の測

定を行なっている。この場合刃口垂直方向間隔を 1.00 mm, 0.95 mm, 0.90 mm の3段階に変化させているが、いずれの条件でも切削抵抗の水平方向分力は刃口水平方向間隔が狭くなるにつれて増加し、また垂直方向分力もわずかではあるが低下する傾向を示しており、今回行なった実験で切込み深さを 1.0

Table 3. 刃口間隔を変化させた時の切削抵抗の水平, 垂直方向分力
(No. 1 ナイフで切削)

Parallel and normal components of cutting resistance related to nose-bar openings (cut with No. 1 knife)

Horizontal opening of nose-bar (mm)	Depth of cut 1.0 mm						Depth of cut 2.0 mm					
	V=0.90 mm		V=0.75 mm		V=0.70 mm		V=1.90 mm		V=1.80 mm		V=1.70 mm	
	R_p	R_n	R_p	R_n	R_p	R_n	R_p	R_n	R_p	R_n	R_p	R_n
1.0	4.3	-3.1	3.8	-2.4	3.0	-1.2	6.8	-4.6	5.6	-3.1	4.7	-2.8
0	4.7	-3.2	5.6	-4.1	6.2	-4.7	8.7	-6.8	8.6	-6.6	9.4	-7.3

V: vertical opening of nose-bar.

R_p : parallel component of cutting resistance (kg/cm).

R_n : normal component of cutting resistance (kg/cm).

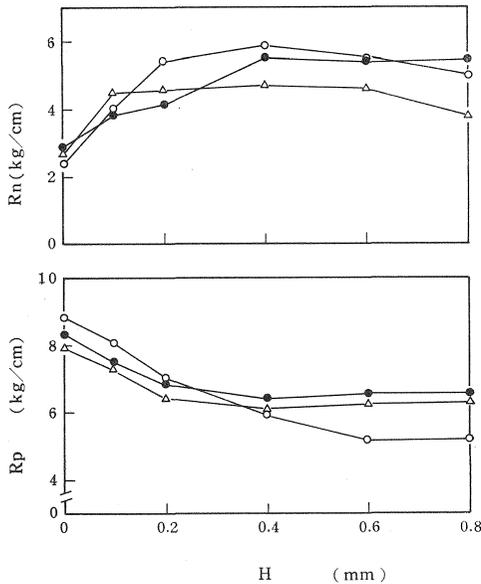


Fig. 7 切削抵抗の水平 (R_p), 垂直 (R_n) 方向分力と刃口間隔の関係
Relations of parallel (R_p), normal (R_n) component of cutting resistance and nose-bar opening.

cut with No. 2 knife, depth of cut 1.0 mm, H: horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 0.95 mm, △: 0.90 mm, ○: 0.85 mm.

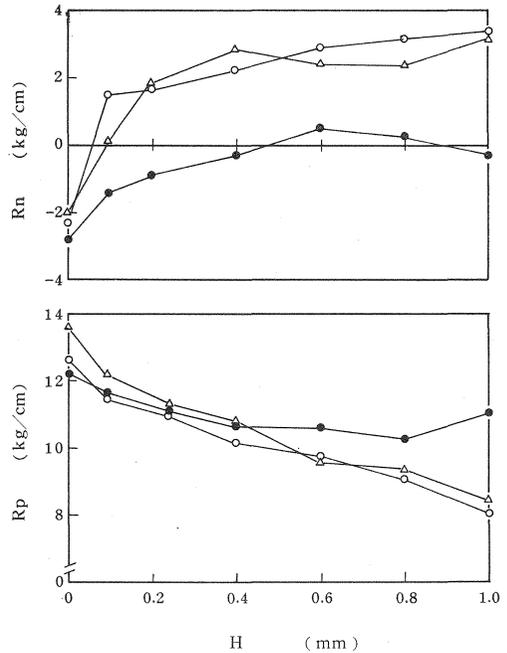


Fig. 8 切削抵抗の水平 (R_p), 垂直 (R_n) 方向分力と刃口間隔の関係
Relations of parallel (R_p), normal (R_n) component of cutting resistance and nose-bar opening.

cut with No. 2 knife, depth of cut 2.0 mm, H: horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm.

mm, 刃口垂直方向間隔を 0.90 mm にして切削した時の結果と若干異なっている。

ノーズバーを作用させずに切削した時の切削抵抗の水平方向分力 R_p および垂直方向分力 R_n は、前報に示したように単板厚さ t と直線関係を示し、ホオノキを刃物逃面にベベルをつけない刃物を用い、切削角 21° で切削した場合には、 $R_p=2.50t+0.83$, $R_n=-2.79t$ の関係が存在する。これらの関係から、単板厚さが 1 mm および 2 mm の時の単位切削幅あたりの切削抵抗の水平方向分力 R_p および垂直方向分力 R_n を求めると、単板厚さが 1 mm の場合、 $R_p=3.3$ (kg/cm), $R_n=-2.8$ (kg/cm), 単板厚さが 2 mm の場合 $R_p=5.8$ (kg/cm), $R_n=-5.6$ (kg/cm) になる。単板厚さと切込み深さの間には若干の差があり厳密な比較にはならないが、おおよその傾向をみるためにノーズバーを作用させ、切込み深さを 1 mm および 2 mm にして切削した時の切削抵抗の水平 (R_p), 垂直 (R_n) 方向分力の刃口水平方向間隔が 0 mm および 1.0 mm における値を Fig. 5, 6 から求めると Table 3 に示すようになる。刃口水平方向間隔を 0 mm にした場合、切込み深さ、刃口垂直方向間隔に関係なく、ノーズバーを作用させずに切削した場合に比較して切削抵抗の水平方向分力は増加し、垂直方向分力は低下 (負側に増大) している。しかし、刃口水平方向間隔を 1.0 mm にして切削した場合で、刃口垂直方向間隔を狭くして切削すると上記の関係は逆になり、ノーズバーを作用させない時に比較して切削抵抗の水平方向分力は低く、垂直方

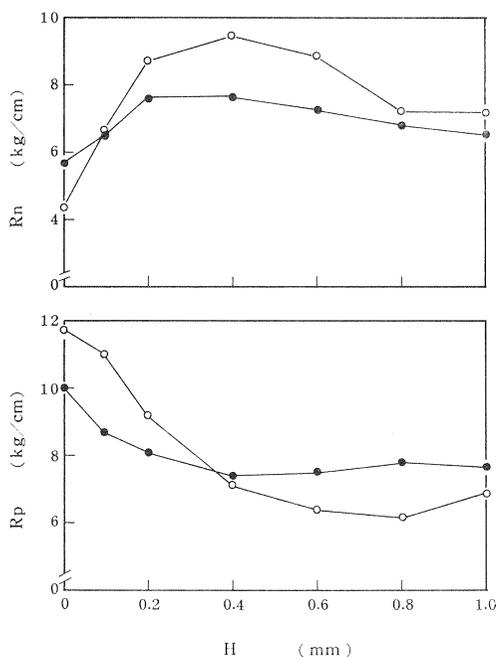


Fig. 9 切削抵抗の水平 (R_p), 垂直 (R_n) 方向分力と刃口間隔の関係

Relations of parallel (R_p), normal (R_n) component of cutting resistance and nose-bar opening.

cut with No. 3 knife, depth of cut 1.0 mm, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 0.95 mm, ○: 0.85 mm.

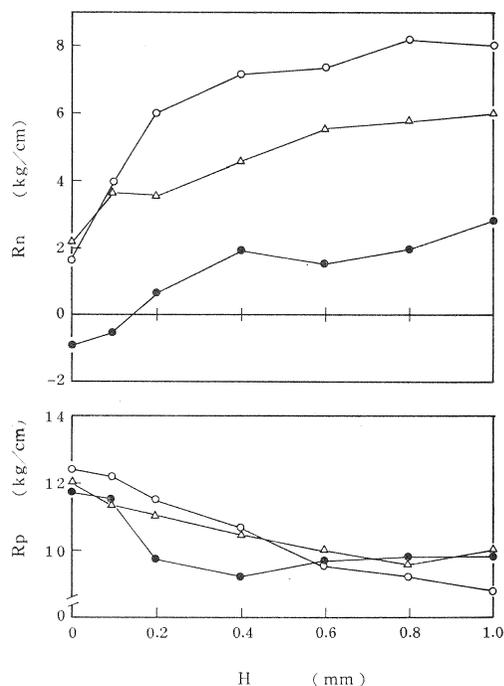


Fig. 10 切削抵抗の水平 (R_p), 垂直 (R_n) 方向分力と刃口間隔の関係

Relations of parallel (R_p), normal (R_n) component of cutting resistance and nose-bar opening.

cut with No. 3 knife, depth of cut 2.0 mm, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm.

向分力は高くなる傾向がみられる。

刃物逃面に Table 1 に示すような形状のベベルをつけた刃物 (Knife No. 2, No. 3) を用い、切削角を 21°, 切込み深さを 1.0 mm および 2.0 mm にし、刃口水平方向間隔および垂直方向間隔を変化させて切削した時に刃物に作用する切削抵抗の水平、垂直方向分力の変化を Fig. 7~10 に示す。

No. 2 あるいは No. 3 の刃物で切込み深さを 1.0 mm にして切削した時の切削抵抗の水平方向分力と刃口水平方向間隔の関係は、直刃で切削した時の両者の関係とやや異なり、刃口垂直方向間隔を 0.95 mm あるいは 0.90 mm とかなり広くとった場合でも水平方向分力は刃口水平方向間隔を狭くするにつれて次第に増加する傾向がみられる。なお、刃口水平方向間隔が 0~0.4 mm の範囲において水平方向分力は大きく変化している。切削抵抗の垂直方向分力の場合、逃面にベベルをつけているため切込み深さを 1.0 mm にした場合、今回実験を行なった刃口条件の範囲では正の値を示しているが、刃口垂直方向間隔が 0.95~0.85 mm の条件下で刃口水平方向間隔を狭くすると垂直方向分力は低くなるのが認められる。なお、No. 2 の刃物で切込み深さを 1.0 mm、刃口垂直方向間隔を 0.95 mm にして切削した時の切削抵抗の垂直方向分力は、刃口垂直方向間隔を 0.85 mm にして切削した時と同じ程度のやや高い値を示しており、No. 1 あるいは No. 3 の刃物で切削した場合と異なっている。切込み深さを 2.0 mm にして切削した場合も切削抵抗の水平、垂直方向分力と刃口間隔の関係は No. 1 の刃物で切削した場合と全般的にみてほぼ同じ関係を示しているが、No. 2 あるいは No. 3 の刃物のように逃面にベベルをつけた刃物を用いて切削すると刃口垂直方向間隔を広くとって切削するほど切削抵抗の垂直方向分力は低くなる傾向が顕著になる。

No. 2 および No. 3 の刃物を用い、ノーズバーを作用させずに厚さ 1 mm および 2 mm の単板切削を行なった時、刃物に作用する切削幅 1 cm あたりの切削抵抗の水平 R_p (kg/cm)、垂直 R_n (kg/cm) 方向分力を前報に示した結果から求めると、No. 2 の刃物で切削した場合単板厚さ 1 mm で $R_p=8.1$, $R_n=6.6$, 単板厚さ 2 mm で $R_p=10.1$, $R_n=1.7$, No. 3 の刃物で切削した場合単板厚さ 1 mm で $R_p=12.1$, $R_n=16.7$, 単板厚さ 2 mm で $R_p=14.5$, $R_n=12.6$ になる。切込み深さを 1.0 mm および 2.0 mm に設定し、刃口間隔を変化させた時の切削抵抗の水平、垂直方向分力として刃口水平方向間隔が 0

Table 4. 刃口間隔を変化させた時の切削抵抗の水平、垂直方向分力
(No. 2 および No. 3 ナイフで切削)
Parallel and normal components of cutting resistance in connection
with nose-bar openings (cut with No. 2 and No. 3 knife)

Knife No.	Horizontal opening of nose-bar (mm)	Depth of cut 1.0 mm						Depth of cut 2.0 mm					
		V=0.95 mm		V=0.90 mm		V=0.85 mm		V=1.90 mm		V=1.80 mm		V=1.70 mm	
		R_p	R_n	R_p	R_n	R_p	R_n	R_p	R_n	R_p	R_n	R_p	R_n
2	0.8	6.3	5.4	6.2	3.8	5.3	5.0	10.5	0.3	9.3	2.4	9.1	3.2
	0	8.3	2.9	7.9	2.7	8.8	2.4	12.2	-2.8	13.6	-2.0	12.6	-2.3
3	0.8	7.8	6.9			6.2	7.7	9.6	2.4	9.6	5.8	9.2	8.0
	0	10.0	5.7			11.8	4.4	11.8	-1.1	12.0	2.2	12.6	1.6

V: vertical opening of nose-bar.

R_p : parallel component of cutting resistance (kg/cm).

R_n : normal component of cutting resistance (kg/cm).

mm および 0.8 mm の時の値を Fig. 7~10 から求めると Table 4 に示すようになる。前にも述べたように単板厚さと切込み深さとの間には若干の差があり厳密な意味での比較にはならないが、ノーズバーを作用させることによるおおよその効果をみるために、ノーズバーを作用させずに厚さ 1 mm および 2 mm の単板切削を行なった時の切削抵抗の水平、垂直方向分力とノーズバーを作用させ切込み深さ 1.0 mm および 2.0 mm にして切削した時の上記各方向分力を比較してみる。逃面にベベルをつけない刃物で切削した場合、前に示したように刃口水平方向間隔を 0 mm にすると切削抵抗の水平方向分力は切込み深さ、刃口垂直方向間隔に関係なくノーズバーを作用させずに切削した時より増加する傾向がみられたが、逃面にベベルをつけた刃物で切削することにより No. 2 の刃物ではほぼ同等 (切込み深さ 1 mm の場合) かノーズバーを作用させることによりやや高い値を示すものの (切込み深さ 2 mm の場合), No. 3 の刃物で切削した場合ノーズバーを作用させることにより水平方向分力は低くあらわれている。また、切削抵抗の垂直方向分力についてみると、全般的な傾向としてノーズバーを作用させることにより値は低下し、特に No. 3 の刃物を用いて切削した場合その低下の度合いが大きくあらわれている。逃面にベベルをつけた刃物でノーズバーを作用させて切削した時、切削抵抗の垂直方向分力が No. 2 に比較して No. 3 の刃物で切削した時大きく低下したことの原因についてははっきりしたことはわからない。ただ、今回の実験において測定した垂直方向分力は刃物逃面に作用する正方向の力 (ベベル条件, 逃角等に関係する力) とすくい面に作用する負方向の力 (単板厚さ, ノーズバーの絞り等に関係する力) の差として求めたものである。ここで、逃面にベベルをつけた刃物を用い、ノーズバーを作用させずに切削した時は、前報で求めた結果からも明らかなように垂直方向分力は正の値を示し、つまり刃先位置は切削開始前の設定位置よりも上方 (切込み深さを低下させる方向) にずれており、この刃先位置のずれは逃面における刃物と被削材の接触状態の程度が強いほど大きい。しかし、刃物あるいは刃物取付け部の剛性により、設定した切込み深さの位置に刃先位置を復帰させるような力が作用しており、このような状態にある刃物にすくい面からノーズバーにより負方向の力を作用させると刃先位置を設定した切込み深さの位置に接近させる (垂直方向分力を 0 に接近させる) のに対してその効果は大きくあらわれるのではないかと考えられる。ただし上に述べたことはあくまでも推測であり、ノーズバーを作用させた時の切削抵抗の挙動を定量的に把握するためには、ノーズバーによる作用力、刃物逃面あるいはノーズバーと被削材との接触摩擦による被削材の材質変化、刃物に作用する切削応力の分布状態、逃面における刃物と被削材の接触状態およびこれにともなう切削抵抗の挙動等を知る必要があるが、本報においてはこれらの検討を行なうにはいたっていない。

3.1.2 切削抵抗の合力と刃口間隔の関係

切込み深さを 1.0 mm におき、Table 2 に示した 3 種類の刃先形状の刃物により刃口水平および垂直方向間隔を変化さ

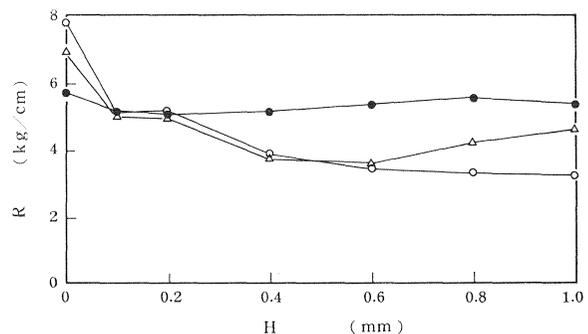


Fig. 11 切削抵抗の合力 (R) と刃口間隔の関係
Relations of resultant of cutting resistance (R) and nose-bar opening.

cut with No. 1 knife, depth of cut 1.0 mm,
H: horizontal opening of nose-bar, vertical
opening of nose-bar, ●: 0.90 mm, ▲: 0.75
mm, ○: 0.70 mm.

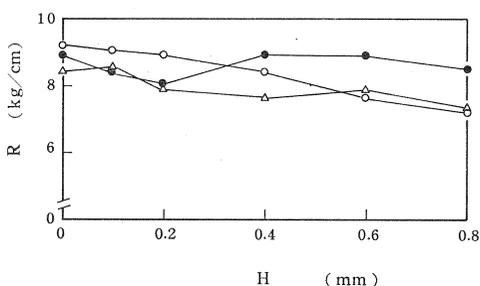


Fig. 12 切削抵抗の合力 (R) と刃口間隔の関係
Relations of resultant of cutting resistance (R) and nose-bar opening.

cut with No. 2 knife, depth of cut 1.0 mm,
H: horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 0.95 mm, △: 0.90 mm, ○: 0.85 mm.

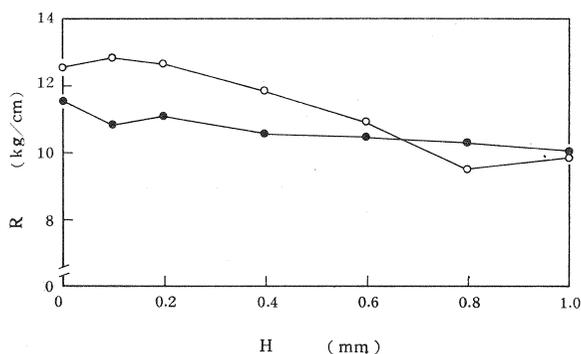


Fig. 13 切削抵抗の合力 (R) と刃口間隔の関係
Relations of resultant of cutting resistance (R) and nose-bar opening.

cut with No. 3 knife, depth of cut 1.0 mm,
H: horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 0.95 mm, ○: 0.85 mm.

であり、これらの値とノーズバーを作用させその刃口水平方向間隔を 0.8~1.0 mm にして切削した時の値を比較すると、No. 1 の刃物で刃口垂直方向間隔を 0.90 mm にした時の値はほぼ等しく、No. 2 の刃物で垂直方向間隔を 0.95~0.85 mm にした時にはノーズバーを作用させずに切削した場合より単位切削幅あたり 2~3 kg 低い値を示している。No. 3 の刃物で切削した時の切削抵抗の合力は、刃口水平方向間隔が 1.0 mm では約 10 kg/cm、水平方向間隔が 0 mm では 12~13 kg/cm とノーズバーを作用させずに切削した時の値に比較して約 1/2 程度の非常に低い値になっており、これはノーズバーを作用させた時切削抵抗の垂直方向分力が大きく低下したことに関係するものと考えられる。

切込み深さを 2.0 mm に設定し、刃口間隔を変化させた時の切削抵抗の合力を Fig. 14~16 に示す。No. 3 の刃物を用いて切削した場合測定値にややばらつきがみられるが、切込み深さを 2.0 mm にして切削した時刃先形状に関係なく切削抵抗の合力は刃口水平方向間隔を狭くしていくにつれて増加する傾向を示す。なお、この傾向は刃口垂直方向間隔に関係なく認められ、また刃口水平方向間隔が広い場合には

せて切削した時の切削抵抗の合力に関する実験結果を Fig. 11~13 に示す。

No. 1 あるいは No. 2 の刃物で刃口垂直方向間隔を広くして切削した場合、刃口水平方向間隔を変えても切削抵抗の合力には大きな変化はみられないが、垂直方向間隔を狭くすることにより合力の値は水平方向間隔が狭くなるにつれて次第に増加する傾向がみられる。この合力の増加は、No. 1 の刃物を用いて切削した場合刃口垂直方向間隔を 0.75 mm あるいは 0.70 mm と No. 2 および No. 3 の刃物による切削に比較してノーズバーの絞り量を大きくとった条件によるのかもしれないが特に顕著にあらわれている。なお、No. 1 および No. 2 の刃物で刃口水平方向間隔を広くとって切削した場合、刃口垂直方向間隔を大きくとるほど合力の値もやや大きくなるようであるが、No. 3 の刃物で垂直方向間隔を 0.95 mm および 0.85 mm にして切削した場合合力には差は認められない。

ノーズバーを作用させずに厚さ 1 mm の単板を切削した時の切削抵抗の合力は 4.8 kg/cm (刃物 No. 1)、10.8 kg/cm (刃物 No. 2)、20.4 kg/cm (刃物 No. 3)

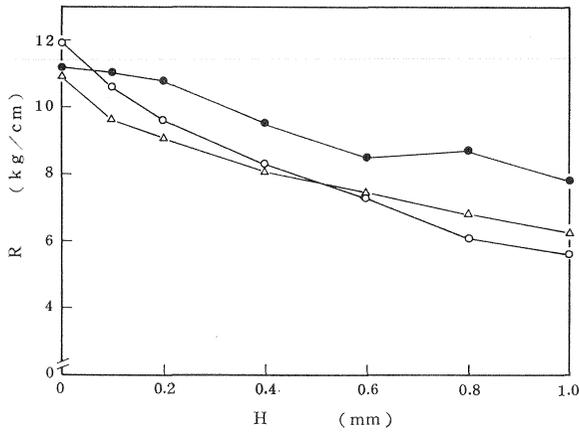


Fig. 14 切削抵抗の合力 (R) と刃口間隔の関係

Relations of resultant of cutting resistance (R) and nose-bar opening.

cut with No. 1 knife, depth of cut 2.0 mm, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm.

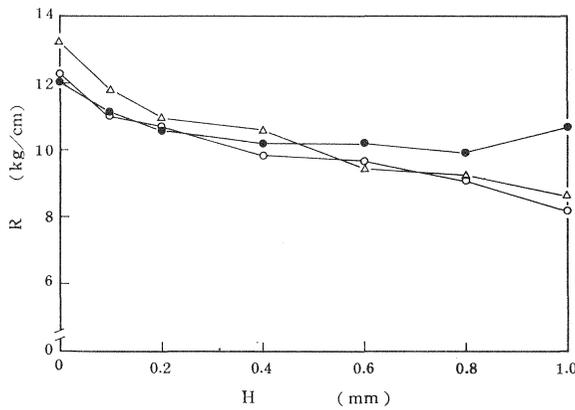


Fig. 15 切削抵抗の合力 (R) と刃口間隔の関係

Relations of resultant of cutting resistance (R) and nose-bar opening.

cut with No. 2 knife, depth of cut 2.0 mm, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm.

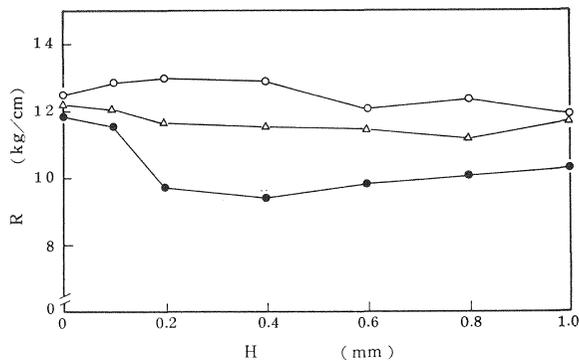


Fig. 16 切削抵抗の合力 (R) と刃口間隔の関係

Relations of resultant of cutting resistance (R) and nose-bar opening.

cut with No. 3 knife, depth of cut 2.0 mm, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm.

垂直方向間隔により合力の値にも若干差がみられるが、水平方向間隔を 0 mm にするとその差はほとんど認められなくなる。刃口水平方向間隔の条件が 0~1.0 mm の範囲で、No. 1 の刃物を用いて切削した場合刃口垂直方向間隔が広いほど合力の値もやや高くあらわれているが、No. 2 の刃物では刃口垂直方向間隔による合力の値にはほとんど差はなく、No. 3 の刃物で切削すると No. 1 の刃物で切削した場合は逆の傾向、つまり刃口垂直方向間隔を狭くおいて切削するほど合力は高くなっており、切込み深さを 1.0 mm にした時とほぼ同じ傾向が認められる。

刃口水平方向間隔が 1.0 mm, 垂直方向間隔が 1.90 mm の時の切削抵抗の合力は単位切削幅あたり 7.8 kg/cm (刃物 No. 1), 10.6 kg/cm (刃物 No. 2), 10.3 kg/cm (刃物 No. 3) で, No. 2 と No. 3 の刃物間における合力の差は非常に小さい。ノーズバーを作用させずに厚さ 2 mm の単板を切削した時の単位切削幅あたりの切削抵抗の合力は 8.8 kg/cm (刃物 No. 1), 10.0 kg/cm (刃物 No. 2), 19.5 kg/cm (刃物 No. 3) で, これらの値を上記のノーズバーを作用させた時の値と比較すると, No. 1, No. 2 の刃物による切削においては大きな差はないが, ベベルの幅を広くとった No. 3 の刃物で切削した場合合力の値はノーズバーを作用させることにより 1/2 程度に低下している。

なお, 刃口水平方向間隔が 0~1.0 mm の範囲で, 切込み深さを 1.0 mm, 刃口垂直方向間隔を 0.95 mm あるいは 0.90 mm にして切削した時の切削抵抗の合力は 5.1~5.6 kg/cm (刃物 No. 1), 8.0~8.9 kg/cm (刃物 No. 2), 10.0~11.6 kg/cm (刃物 No. 3) であり, 切込み深さを 2.0 mm, 刃口垂直方向間隔を 1.90 mm にして切削した場合は 7.8~11.2 kg/cm (刃物 No. 1), 9.9~12.1 kg/cm (刃物 No. 2), 9.4~11.8 kg/cm (刃物 No. 3) であるから, 切込み深さを 1.0 mm から 2.0 mm に厚くすることにより逃面にベベルをつけない刃物で切削した場合には切削抵抗の合力は増加しているが, No. 2 あるいは No. 3 の刃物のように逃面にベベルをつけた刃物で切削した場合ほとんど合力は変化していない。また切込み深さを 1.0 mm あるいは 2.0 mm に設定して切削した場合に共通して, No. 2 および No. 3 の刃物で切削した時の合力の値には大きな差はみられず, これは主に No. 3 の刃物で切削した場合切削抵抗の垂直方向分力がかなり低くあらわれたことに関係している。

3.1.3 切削抵抗の合力の作用方向と刃口間隔の関係

切削抵抗の合力の作用方向をあらわす指標として切削抵抗の水平方向分力 R_p と垂直方向分力 R_n の比 R_n/R_p を求めた時, この値と刃口間隔の関係を求めた実験結果を Fig. 17~19 に示す。

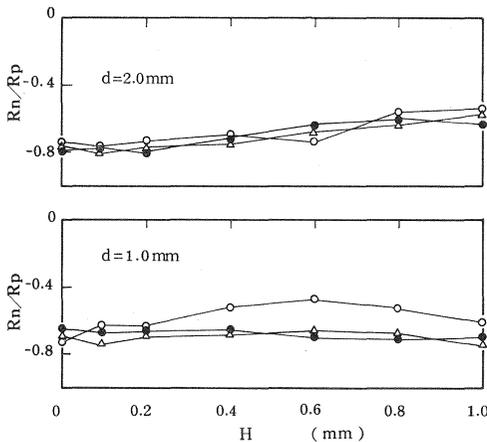


Fig. 17 R_n/R_p と刃口間隔の関係

Relation of R_n/R_p and nose-bar opening.

R_n : normal component of cutting resistance,
 R_p : parallel component of cutting resistance,
 cut with No. 1 knife, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar,
 ● : 0.90 mm, △ : 0.75 mm, ○ : 0.70 mm (depth of cut 1.0 mm), ● : 1.90 mm, △ : 1.80 mm, ○ : 1.70 mm (depth of cut 2.0 mm).

逃面にベベルをつけない刃物で切削した時切削抵抗の垂直方向分力は Fig. 1 において負の値をとる方向にあらわれるため, 合力の作用方向を示す R_n/R_p の値は負, つまり被削材母材側に刃物を押しつける方向に合力は作用する。No. 1 の刃物で切込み深さを 1.0 mm にして切削した場合, 刃口垂直方向間隔が 0.70 mm の時の R_n/R_p の値はやや大きい, 刃口水平方向間隔が狭くなるとほとんど垂直方向間隔による R_n/R_p の値の差はみられなくなる。切込み深さを 2.0 mm にして切削した場合, 刃口垂直方向間隔を変化させても合力の作用方向は変化せず, 刃口水平方向間隔が狭くなるとやや R_n/R_p の値も低下する傾向を示すが, その低下の度合は逃面にベベルをつけた刃物で切削した時と比較するとかなり小さい。なお, ノーズバーを作用させずに切削した時の切削抵抗の合力の作用方向は, 単板厚さ 1 mm 以上

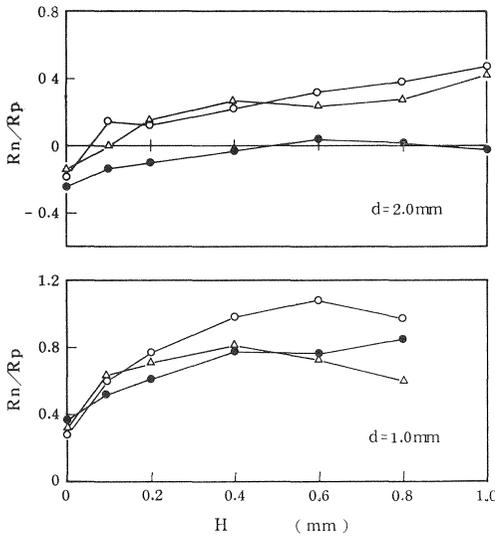


Fig. 18 R_n/R_p と刃口間隔の関係

Relations of R_n/R_p and nose-bar opening.

R_n : normal component of cutting resistance, R_p : parallel component of cutting resistance, cut with No. 2 knife, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 0.95 mm, △: 0.90 mm, ○: 0.85 mm (depth of cut 1.0 mm), ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm (depth of cut 2.0 mm).

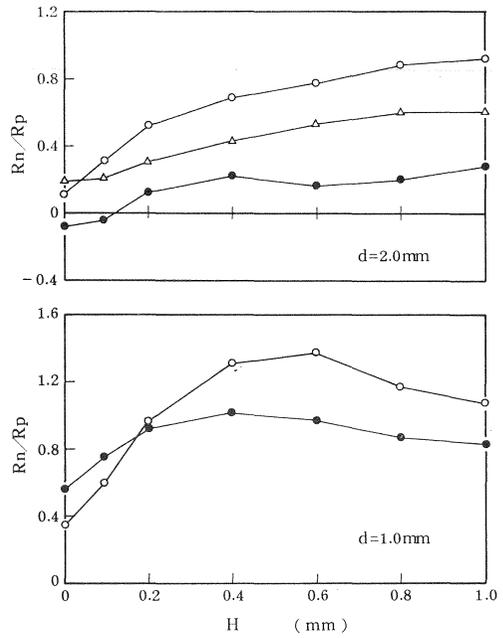


Fig. 19 R_n/R_p と刃口間隔の関係

Relations of R_n/R_p and nose-bar opening.

R_n : normal component of cutting resistance, R_p : parallel component of cutting resistance, cut with No. 3 knife, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 0.95 mm, ○: 0.85 mm (depth of cut 1.0 mm), ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm (depth of cut 2.0 mm).

では大きな変化は示さず、 R_n/R_p の値は $-0.7 \sim -0.8$ 程度であり、刃口水平方向間隔を狭くして切削した時の値とほぼ等しくなっている。

逃面にベベルをつけた刃物で切削した時の切削抵抗の合力の作用方向と刃口間隔の関係を Fig. 18 および Fig. 19 に示している。逃面にベベルをつけた刃物で切削した場合、Fig. 17 に示した直刃による切削の場合と異なり、切削抵抗の合力の作用方向は刃口水平、垂直方向間隔の条件によりかなり大きく変化している。逃面にベベルをつけた刃物で切削した場合、刃物すくい面および逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力の大きさにもよるが、ノーズバーを作用させずに No. 2 あるいは No. 3 の刃物で切削角を 21° にして切削すると刃物逃面に作用する垂直方向分力の成分がすくい面に作用する成分よりも大きく、切削抵抗の合力の作用方向は正、つまり切削開始前に設定した切削予定線の上(単板厚さを薄くする方向)に刃先位置を移動させる方向に合力は作用する。ノーズバーを作用させて切削すると全般的に合力の作用方向を示す R_n/R_p の値は正になるが、切込み深さ 2.0 mm で刃口水平方向間隔を狭くした場合負の値を示している。

切込み深さを 1.0 mm および 2.0 mm に設定し、No. 2 および No. 3 の刃物で切削した場合に共通してみられる傾向として、 R_n/R_p の値は刃口水平方向間隔を狭くしていくことにより低下し、その低下の度合いは No. 1 の刃物で切削した時に比較するとはるかに大きくなっている。また、No. 2 の刃物で切

込み深さを 1.0 mm にして切削した場合を除くと、刃口水平方向間隔が広い条件下では垂直方向間隔を狭くおいて切削するほど R_n/R_p の値は大きくなっているが、水平方向間隔を狭くしていくと次第に垂直方向間隔による R_n/R_p の値の差は小さくなっていく。すなわち、刃口水平方向間隔が広い時に R_n/R_p の値が高い場合ほど、水平方向間隔を狭くしていった時の R_n/R_p の低下は大きくなっている。刃口水平方向間隔を狭くしていった時、 R_n/R_p の値が低下することは、Fig. 7~10 に示したように刃口水平方向間隔を狭くすることにより切削抵抗の水平方向分力は増加し、垂直方向分力が低下したためであるが、ベベルをつけない No. 1 の刃物で切削した場合刃口水平方向間隔を狭くすることによる垂直方向分力の絶対値の変化量は水平方向分力の変化量と大差なく、その結果 R_n/R_p は刃口水平方向間隔を変化させても大きな変化を示さない。

なお、切込み深さを 2.0 mm にし、刃口水平方向間隔を 0 mm にして切削した時、 R_n/R_p の値は No. 2 の刃物を用いた場合約 -0.2, No. 3 の刃物では 0.2~-0.1 となり、また水平方向間隔が 0~1.0 mm の範囲で垂直方向間隔を 1.90 mm において切削した場合、No. 2 の刃物では 0~-0.2 程度、No. 3 の刃物では 0.2~-0.1 と非常に低く、逃面にベベルをつけない No. 1 の刃物による切削に比較して切削抵抗の合力の作用方向は切削方向に対してかなり平行に近い方向になる。ノーズバーを作用させずに切削した

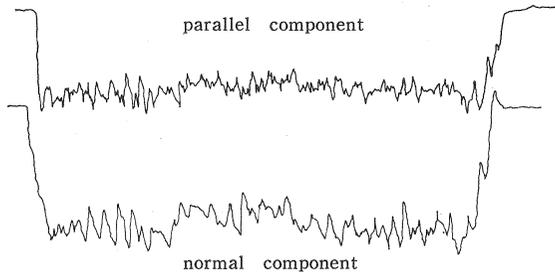


Fig. 20 切削抵抗の波形
Wave pattern of cutting resistance.
cut with No. 1 knife, depth of cut 2.0 mm,
horizontal opening of nose-bar 0.6 mm,
vertical opening of nose-bar 1.8 mm.

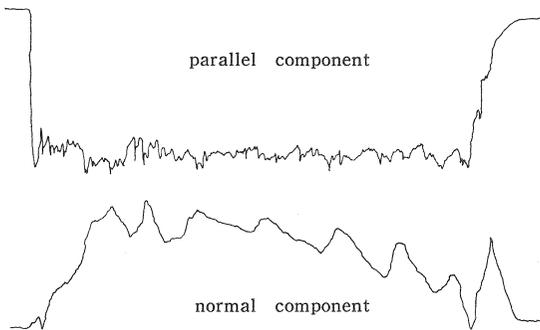


Fig. 21 切削抵抗の波形
Wave pattern of cutting resistance.
cut with No. 3 knife, depth of cut 2.0 mm,
horizontal opening of nose-bar 0.6 mm,
vertical opening of nose-bar 1.8 mm.

た時の R_n/R_p の値を示すと、No. 2 の刃物で単板厚さが 1 mm の時 0.8, 2 mm の時 0.2, No. 3 の刃物で単板厚さが 1 mm の時 1.3, 2 mm の時 0.8 程度であり、ノーズバーを作用させその刃口垂直方向間隔を狭く、水平方向間隔を広くとって切削した時の値とほぼ等しくなっている。

3.1.4 切削抵抗の変動と刃口間隔の関係

切削時にロードセルで検出される切削抵抗の水平方向分力および垂直方向分力の記録例として、切込み深さを 2.0 mm に設定し、刃口水平方向間隔を 0.60 mm、垂直方向間隔を 1.80 mm にして切削した場合を Fig. 20, 21 に示す。逃面にベベルをつけた刃物で切削すると、切削抵抗の垂直方向分力の波形はベベルをつけない刃物で切削した場合と若干異なり、切削抵抗の波のピーク間の間隔が広がる。これは、刃物逃面にベベルをつけることにより刃物逃面と被削材母材表面との接触状態が安定し、切削時に単

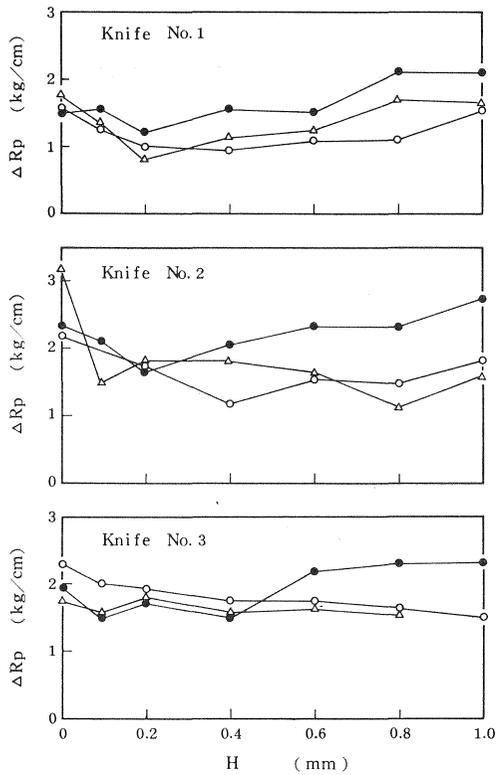


Fig. 22 切削抵抗の水平方向分力の変動 (ΔR_p) と刃口間隔の関係

Relations of variance of parallel component of cutting resistance (ΔR_p) and nose-bar opening.

depth of cut 2.0 mm, H: horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm.

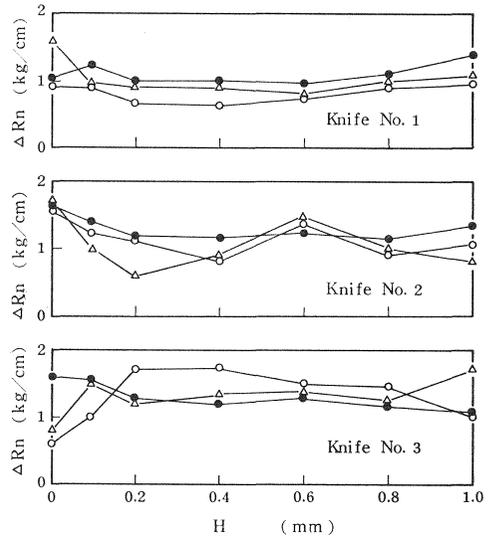


Fig. 23 切削抵抗の垂直方向分力の変動 (ΔR_n) と刃口間隔の関係

Relations of variance of normal component of cutting resistance (ΔR_n) and nose-bar opening.

depth of cut 2.0 mm, H: horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ●: 1.90 mm, △: 1.80 mm, ○: 1.70 mm.

板内に発生する切削割れあるいは年輪等に関する切削抵抗の小さな変動があらわれにくくなった結果だと考えられる。

ここで1回の切削において、切削開始直後および終了前の部分を除いた中間部について、切削抵抗の水平、垂直各方向分力の変動値(各方向分力の波の山と谷の差)の大きいものを3~5点求め平均し(ΔR_p , ΔR_n),これと刃口間隔の関係についてしらべてみた。実験結果は、Fig. 22, 23に切込み深さを2.0 mmにして切削した時のものを示す。切削抵抗の水平方向分力の変動値は、刃口水平方向間隔が大きい場合垂直方向間隔を1.90 mmにして切削した時にやや高い値を示しているが、水平方向間隔を狭くすると垂直方向間隔を変化させたことによる変動値の差は小さくなってくる。切削抵抗の垂直方向分力の変動値の場合には、刃口水平方向間隔が0~1.0 mmの条件範囲において、垂直方向間隔を変化させたことによる相違はほとんどみられず、また水平方向間隔を変化させても変動値はほぼ一定の値を示している。なお、切削抵抗の水平、垂直両方向分力に共通して、全般的にみて逃面にベベルをつけた刃物で切削した場合わずかなではあるが変動値も大きくなっているようである。

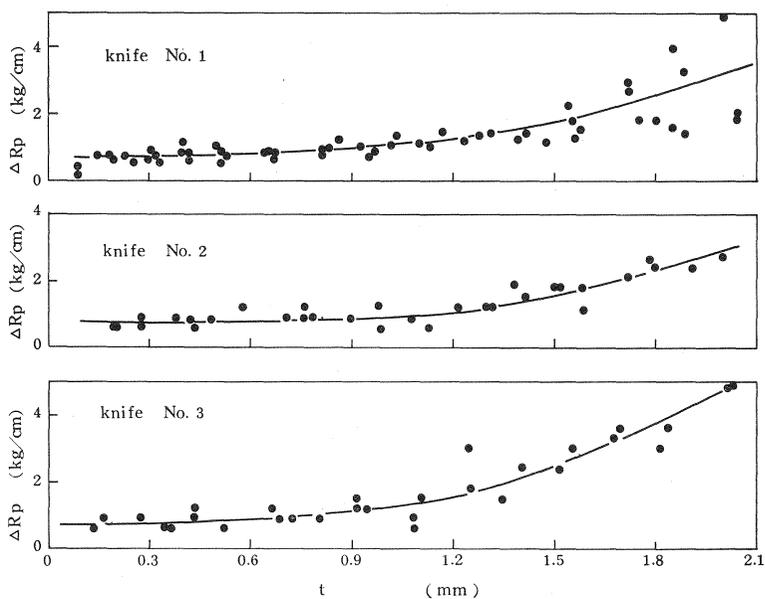


Fig. 24 切削抵抗の水平方向分力の変動 (ΔR_p) と単板厚さ (t) の関係
 Relations of variance of parallel component of cutting resistance (ΔR_p) and veneer thickness (t).
 Veneer was cut without nose-bar.

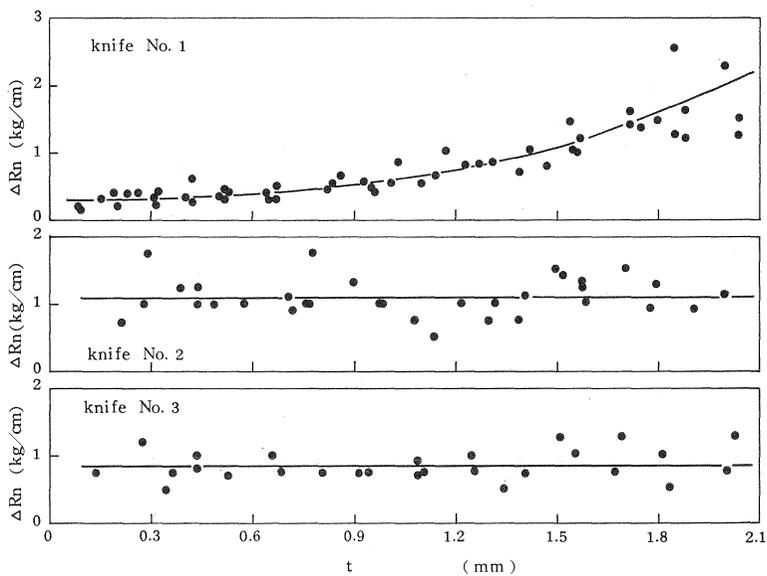


Fig. 25 切削抵抗の垂直方向分力の変動 (ΔR_n) と単板厚さ (t) の関係
 Relations of variance of normal component of cutting resistance (ΔR_n) and veneer thickness (t).
 Veneer was cut without nose-bar.

なお、前報では切削抵抗の変動について触れなかったが、参考までに異なる刃先形状の刃物を用い、ノーズバーを作用させずに切削した時の切削抵抗の水平、垂直方向分力の変動値と単板厚さの関係についての実験結果を Fig. 24, 25 に示す。切削抵抗の水平方向分力の場合、刃先形状に関係なく単板厚さが厚くなるにつれて変動値も大きくなり、特に単板厚さが 1 mm 前後以上になるとその増加度も急に大きくあらわれている。しかし、切削抵抗の垂直方向分力についてみると、逃面にベベルをつけない No. 1 の刃物で切削した場合には、水平方向分力の変動値と単板厚さの関係でみられたのと同じ傾向がみられ、垂直方向分力の変動値は単板厚さの増大にともない次第に増加するが、逃面にベベルをつけた No. 2 あるいは No. 3 の刃物で切削した時には、測定値にややばらつきはあるが単板厚さを変化させても垂直方向分力の変動値は変化せずほぼ一定の値を示すものとみなしてもよい。この場合単板厚さが薄い範囲では、逃面にベベルをつけない刃物で切削した方が垂直方向分力の変動値ははるかに低くなるが、単板厚さが 1.5 mm 程度以上になると逆に逃面にベベルをつけた刃物で切削する方が変動値は低くなる。No. 2 と No. 3 の刃物における切削抵抗の変動値を比較すると、水平方向分力の場合 No. 2 の刃物で切削した方が変動値はやや低く、垂直方向分力の場合には逆に No. 3 の刃物を用いた方が若干低くなるが、いずれの場合でも刃先形状を変化させたことによる相違はわずかである。

なお、ノーズバーを作用させずに厚さ 2 mm の単板を切削した時の切削抵抗の水平、垂直方向分力の変動値 ΔR_p (kg/cm), ΔR_n (kg/cm) を Fig. 24, 25 から求めると、No. 1 の刃物で $\Delta R_p=3.2$, $\Delta R_n=2.0$, No. 2 の刃物で $\Delta R_p=3.0$, $\Delta R_n=1.1$, No. 3 の刃物で $\Delta R_p=4.6$, $\Delta R_n=0.9$ となり、ノーズバーを作用させ刃口水平方向間隔を 0 mm にした時の値は、No. 1 の刃物で $\Delta R_p=1.5\sim 1.8$, $\Delta R_n=0.9\sim 1.5$, No. 2 の刃物で $\Delta R_p=2.2\sim 3.2$, $\Delta R_n=1.5\sim 1.7$, No. 3 の刃物で $\Delta R_p=1.8\sim 2.3$, $\Delta R_n=0.7\sim 1.6$ 程度であるから、ノーズバーを作用させることにより水平方向分力の変動値はやや低下し、特に No. 1 および No. 3 の刃物で切削した場合低下量もかなり大きくなっているが、垂直方向分力についてみると No. 2 および No. 3 の刃物による切削において変動値はわずかではあるが増加している。

3.2 単板面あらさおよび刃先摩耗量と切削条件の関係

3.2.1 単板面あらさと刃先形状、刃口間隔の関係

これまで刃先の形状が異なる 3 種類の刃物を用い、刃口水平および垂直方向間隔を変化させて切削した時に刃物に作用する切削抵抗の大きさ、合力の作用方向あるいは抵抗の変動等について検討を行ってきた。刃物あるいは刃物保持部の剛性をはじめ負荷がかかった時の機械全体の精度にも関係するが、単板切削に際してできるだけ刃物に作用する切削抵抗が小さく、またその変動幅が狭い方が望ましい。つまり、切削抵抗の大きさは刃先の摩耗に影響を与え、また切削抵抗の分力のうち特に垂直方向分力は切削時における刃先位置の変動にも関係し、その大きさ、作用方向、切削時における変動等と単板の厚さむらあるいは面あらさ等とは何らかの関連を持つのではないかと考えられる。このようなことから、ここでは単板の面あらさをとりあげ、これと刃先形状あるいは刃口間隔との関係について検討することにする。Fig. 26 ~ 28 に刃先形状の異なる刃物により切込み深さを 2.0 mm に設定し、刃口水平、垂直方向間隔を変化させて切削した時の単板の表 (tight side) および裏面 (loose side) について平均最大あらさを測定した実験結果を示す。

実験結果にもみられるようにあらさの測定値は刃口条件によりかなり測定値の変動が大きく、単板面あ

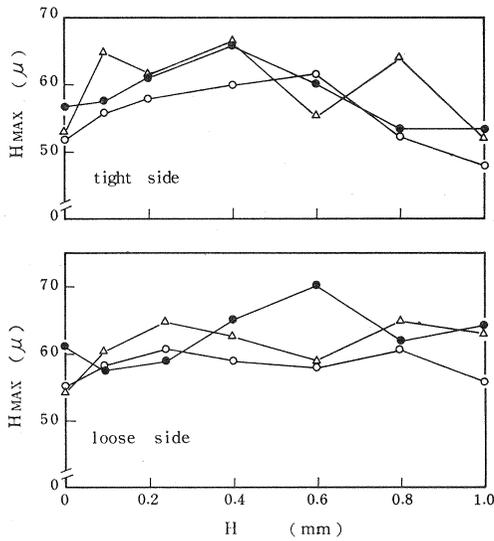


Fig. 26 単板面あらさ (HMAX) と刃口間隔の関係

Relations of roughness of veneer surface (HMAX) and nose-bar opening.

cut with No. 1 knife, depth of cut 2.0 mm, HMAX : roughness of peak to valley average height, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ● : 1.90 mm, △ : 1.80 mm, ○ : 1.70 mm.

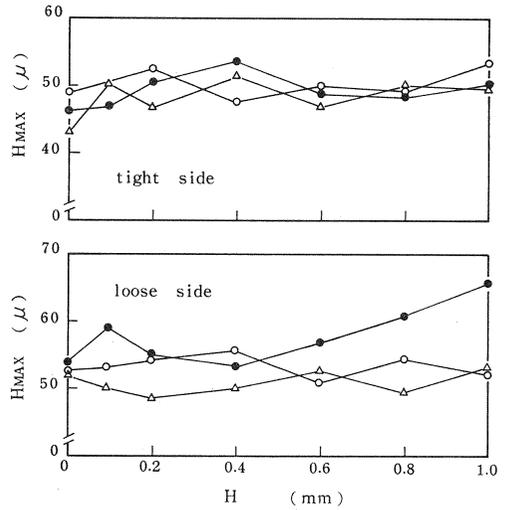


Fig. 27 単板面あらさ (HMAX) と刃口間隔の関係

Relations of roughness of veneer surface (HMAX) and nose-bar opening.

cut with No. 2 knife, depth of cut 2.0 mm, HMAX : roughness of peak to valley average height, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ● : 1.90 mm, △ : 1.80 mm, ○ : 1.70 mm.

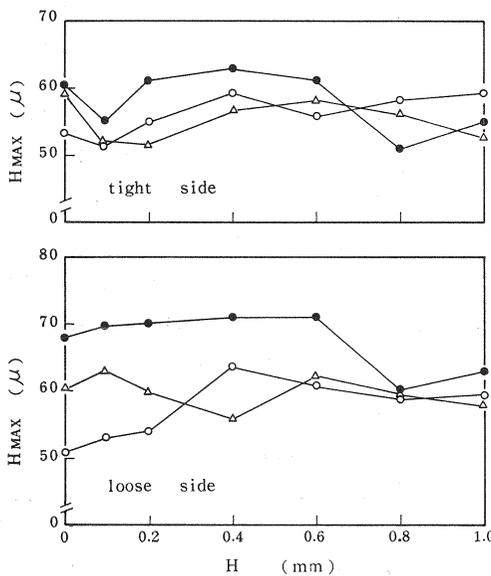


Fig. 28 単板面あらさ (HMAX) と刃口間隔の関係

Relations of roughness of veneer surface (HMAX) and nose-bar opening.

cut with No. 3 knife, depth of cut 2.0 mm, HMAX : roughness of peak to valley average height, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, ● : 1.90 mm, △ : 1.80 mm, ○ : 1.70 mm.

らさと刃口水平あるいは垂直方向間隔との明確な関係を把握することはやや困難であるが、単板表面についての面あらしは、No. 2 あるいは No. 3 の刃物による切削では刃口水平方向間隔を変化させてもほぼ一定値を示しており、No. 1 の刃物で切削した場合刃口水平方向間隔を狭くしていくとわずかではあるが面あらしは悪くなる傾向がみられる。なお全般的にみた場合、逃面にベベルをつけない No. 1 の刃物で切削した時の単板表面の面あらしは、逃面にベベルをつけた No. 2 および No. 3 の刃物による切削と比較すると若干高くなっており、ベベルをつけた場合でも No. 2 の刃物に比較して No. 3 の刃物で切削すると面あらしはやや高くなっている。単板表面の面あらしは切削抵抗の垂直方向分力の変動値と関連し、変動が大きいと切削時における刃先位置の変動も大きくなり、単板面あらしも高くなるのではないかと当初予想していたが、Fig. 23 に示すように切削抵抗の垂直方向分力の変動値は逃面にベベルをつけた刃物で切削した方がむしろ大きくなっており、面あらしに関する結果と逆になっている。このことから、単板表面の面あらしに影響を与える因子として、切削抵抗の垂直方向分力の変動値以外に、垂直方向分力の切削時における波形の状態および逃面における刃物と被削材間の接触摩擦の効果を考慮する必要があるものと思われる。つまり、Fig. 20 に逃面にベベルをつけない刃物で切削した時の切削抵抗の垂直方向分力の波形を示したが、この場合波と波の間隔は非常に狭くなっており、一方逃面にベベルをつけた刃物によると Fig. 21 に示したように波と波との間隔は広くなり、面あらしは表面の微小な凹凸であり、この凹凸を減少させるためには、Fig. 21 に示したように波のピッチが広くなるような条件で切削した方が有利ではないかと考えられる。また刃物逃面における接触状態についてみると、単板表面にあたる側は前回の切削において刃物逃面に接する面にあたり、逃面にベベルをつけた刃物で切削することにより直刃に比較して接触摩擦に関与する面積が広くなる。単板表面のあらしを低下させるためには、この逃面における刃物と被削材間の接触摩擦の状態を適度にとって切削することも有効な方法だと考えられる。

単板裏面におけるあらしの場合、単板表面におけるよりも大きな測定値のばらつきを示し、これは切削にともない発生する裏割れにも関連するものと思われる⁹⁾。各刃口条件における面あらしを刃口水平方向間隔に対してプロットすると Fig. 26~28 のようになる。No. 1~3 の刃物で切削した場合に共通して、刃口垂直方向間隔を 1.90 mm にした時の面あらしの値は大きなばらつきを示し刃口条件との関係を求めるのは難しい。しかし、刃口垂直方向間隔を 1.80 mm あるいは 1.70 mm にして切削した場合、一部の条件では刃口水平方向間隔が狭くなると面あらしも低下する傾向がみられるが、全般的にみて面あらしは刃口水平あるいは垂直方向間隔を変化させても大きな相違はみられない。なお、単板表面における面あらしと同じく、逃面にベベルをつけない刃物で切削した場合面あらしの値はやや高くなっており、単板表面と裏面の面あらしを比較すると逃面にベベルをつけた刃物で切削した場合、前に述べた逃面における刃物と被削材との接触摩擦の影響あるいは裏割れの影響にもよると考えられるがやはり単板表面における面あらしの値が低くなっている。しかし、ベベルをつけない刃物で切削すると単板表・裏面間における面あらしの相違はほとんどみられない。

実験方法の項に述べたように、面あらしとして平均最大あらし以外に中心線平均あらしを求めたが、Fig. 29, 30 に No. 1 および No. 3 の刃物で切込み深さを 2.0 mm、刃口垂直方向間隔を 1.80 mm および 1.70 mm にして切削した時の単板表・裏面における中心線平均あらしと刃口水平方向間隔の関係を示す。

面あらしを中心線平均あらしで表示した場合、それと刃口間隔の関係をみると、逃面にベベルをつけた

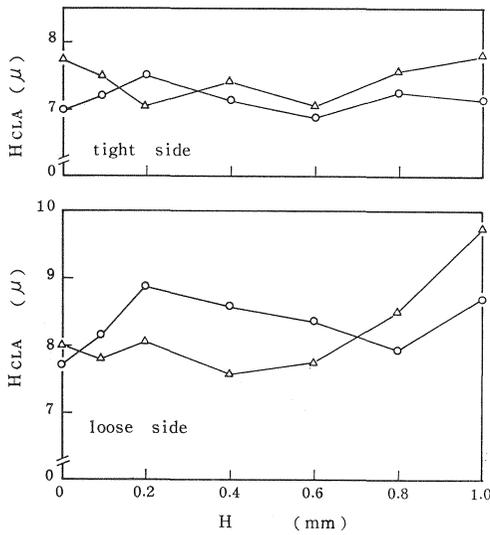


Fig. 29 単板面あらさ (HCLA) と刃口間隔の関係

Relations of roughness of veneer surface (HCLA) and nose-bar opening.

cut with No. 1 knife, depth of cut 2.0 mm, HCLA : roughness of center line average, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, \triangle : 1.80 mm, \circ : 1.70 mm.

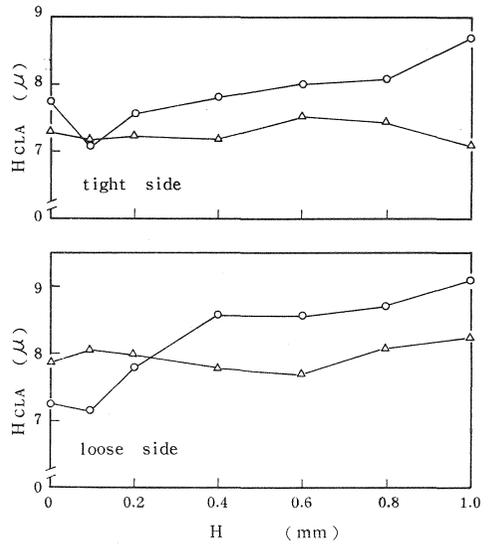


Fig. 30 単板面あらさ (HCLA) と刃口間隔の関係

Relations of roughness of veneer surface (HCLA) and nose-bar opening.

cut with No. 3 knife, depth of cut 2.0 mm, HCLA : roughness of center line average, H : horizontal opening of nose-bar, vertical opening of nose-bar, \triangle : 1.80 mm, \circ : 1.70 mm.

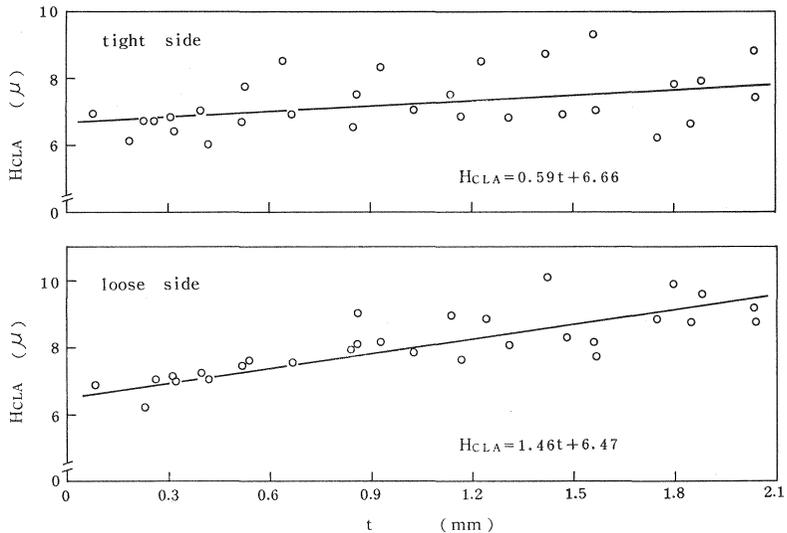


Fig. 31 単板面あらさ (HCLA) と単板厚さ (t) の関係

Relations of roughness of veneer surface (HCLA) and veneer thickness (t).

cut with No. 1 knife, veneer was cut without nose-bar., HCLA : roughness of center line average.

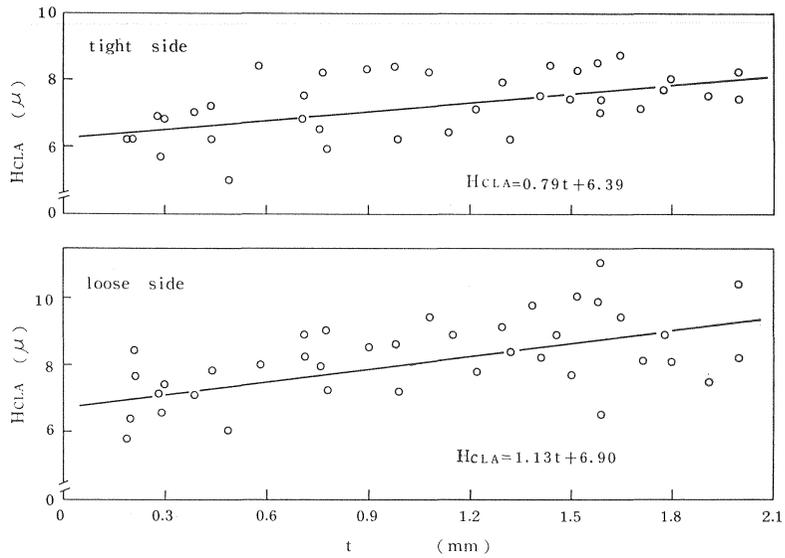


Fig. 32 単板面あらさ (H_{CLA}) と単板厚さ (t) の関係
 Relations of roughness of veneer surface (H_{CLA}) and veneer thickness (t).

cut with No. 2 knife, veneer was cut without nose-bar,
 H_{CLA} : roughness of center line average.

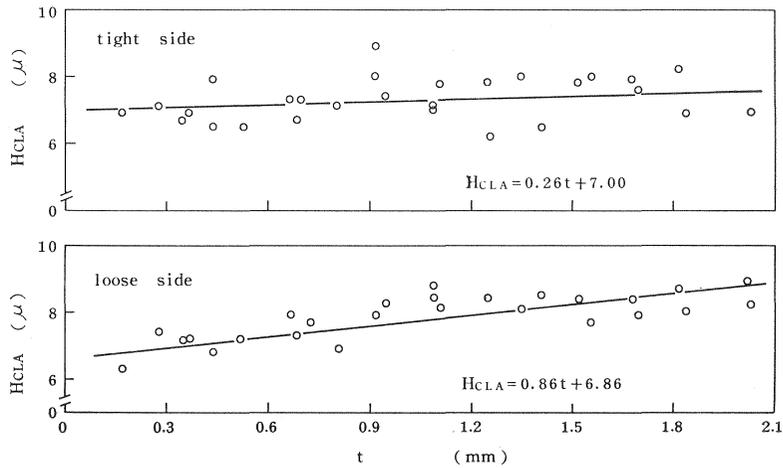


Fig. 33 単板面あらさ (H_{CLA}) と単板厚さ (t) の関係
 Relations of roughness of veneer surface (H_{CLA}) and veneer thickness (t).

cut with No. 3 knife, veneer was cut without nose-bar,
 H_{CLA} : roughness of center line average.

刃物およびつけない刃物による切削に共通して単板表面のあらさは裏面のあらさに比較して低くなっている。なお、逃面にベベルをつけた刃物で切削した場合には刃口水平方向間隔と中心線平均あらさの関係は面あらさを平均最大あらさで表示した時と同じ傾向を示している。しかし、逃面にベベルをつけない No. 1 の刃物で切削した場合、単板表・裏面における平均最大あらさにはほとんど差はみられず、また単板表面の中心線平均あらさは No. 1 と No. 3 の刃物による切削では差はみられないが、平均最大あらさで表示した場合ベベルをつけた刃物で切削した方が面あらさは低くなっている。面あらさの表示法が異なると面あらさと刃口条件あるいは刃先形状間隔の関係が若干変化することは、切削条件を変えることにより単板表面の凹凸の形状も変化することを意味しており、単板面のあらさの程度を適切に表示する方法については今後さらに検討していく必要があると考えている。

ノーズバーを作用させずに切削した場合の面あらさを中心線平均あらさ H_{CLA} で表示し、これと単板厚さの関係を示すと Fig. 31~33 のように単板厚さが厚くなると H_{CLA} はやや高くなる傾向を示しており、単板厚さが 2 mm の時の表面のあらさを求めると 7.8μ (刃物 No. 1), 8.0μ (刃物 No. 2), 7.5μ (刃物 No. 3) になり、単板裏面では 9.4μ (刃物 No. 1), 9.2μ (刃物 No. 2), 8.6μ (刃物 No. 3) となる。Fig. 29 および Fig. 30 に示したノーズバーを作用させて切削した時の面あらさと比較すると、逃面にベベルをつけない No. 1 の刃物ではノーズバーを作用させることにより面あらさは単板表・裏面とも低下し、ベベルをつけた No. 3 の刃物では刃口の絞り量を大きくとった場合には低下しているが、刃口垂直方向間隔を 1.80 mm にし水平方向間隔を広くするとやや高い値を示している。なお、単板表面における面あらさは刃先形状を変化させても大きな相違は認められないが、これは面あらさを中心線平均あらさで表示しており、平均最大あらさで表示すると刃先形状を変えることにより面あらさにも差が出ることも考えられるが、単板厚さと面あらさの関係を求めた実験では、中心線平均あらさの測定の方が容易であるため平均最大あらさの測定は行っていない。

Fig. 31~33 に示したように、中心線平均あらさと単板厚さの関係において測定値は大きなばらつきを示し相関係数を求めた場合かなり低くなるが、両者の関係を直線式であらわしその実験式を各図に示している。直線式の勾配をみると、単板表面に比べて裏面の値が高く、また No. 3 の刃物に比べて No. 1 あるいは No. 2 の刃物で切削した場合やや高い値を示しているが、この刃先形状の相違による勾配の差は非常に小さい。実験にさきだち、単板の面あらさは切削時に刃物に作用する主に垂直方向分力の変動にともなう刃先位置の変動とかなり深い関連をもつのではないかと予想していたが、上記の結果は Fig. 25 に示した刃先形状の異なる刃物で切削した時の垂直方向分力の変動と単板厚さの関係について求めた結果と矛盾している。このことから、切削抵抗の垂直方向分力の変動にともなう刃先位置の変動量については測定していないので不明であるが、面あらさを支配する因子として被削材の組織的な構造、けばだち等切削にともなう生ずる面の凹凸以外のものが考えられ、面あらさに対して刃先位置の変動の影響よりもこれらの因子の影響の方がより大きいものと考えられる。

3.2.2 単板切削長と単板面あらさおよび刃先摩耗量の関係

最大切削幅 45 cm の小型のロータリーレースを用い、厚さ 1 mm の単板を刃先にベベルをつけない直刃および刃先逃面に幅 1.0 mm のベベルをつけた刃物で切削した時の単板切削長と単板表・裏面における面あらさの関係を示す。なお、面あらさは中心線平均あらさで表示している。

単板表面と裏面を比較すると、直刃あるいは逃面にベベルをつけた刃物による切削に共通してやはり単

板裏面における面あらしが高くなっており、特にこの傾向はベベルをつけた刃物で切削した場合に顕著にみられる。単板切削長と面あらしの関係を見ると、直刃で切削した場合には切削長が長くなるにつれて面あらしも次第に高くなる傾向がみられるが、逃面にベベルをつけた刃物によると切削開始後 300 m 程度までは面あらしも高くなり、切削長が 300 m 以上になると面あらしは安定しほぼ一定の値を示している。ベベルをつけない刃物による切削は単板切削長が 900 m 以上については実施していないが、この時点における直刃および逃面にベベルをつけた刃物の刃先線を拡大して観察すると、前者は刃先の欠けによると思われる凹凸がみられるが、後者には認められず、直刃における面あらしの悪化は刃先の摩耗による切味の低下だけでなく、刃先の微小な欠けによる影響も大きいものと考えられる。なお、切削にともない刃先に生ずる欠けの程度を定量的に求めることは非常に難しいが、刃先にベベルをつけたことにより剛性を高め欠けの程度をかなり低下せしめることができるようで、その効果が Fig. 34 に示した刃先形状を変えた時の面あらしの差となってあらわれたものと思われる。

単板切削長と面あらしの関係については、刃先にベベルをつけない刃物で東南アジア産材 15 樹種を切削した実験結果⁹⁾がある。これによると、東南アジア産材の場合主に組織的な相違によると思われるが切削初期における面あらしは今回実験を行なったホオノキよりも若干高くなっており、また切削長が長くなると面あらしが高くなる樹種グループと逆にやや低くなる樹種グループにわけられる。

本実験におけるホオノキの単板切削においてみられたのと同じ傾向を示す前者の樹種グループの特徴として、切削初期の面あらしが低く、肉眼による観察で単板面にけばだちの発生がすくないことが挙げられる。

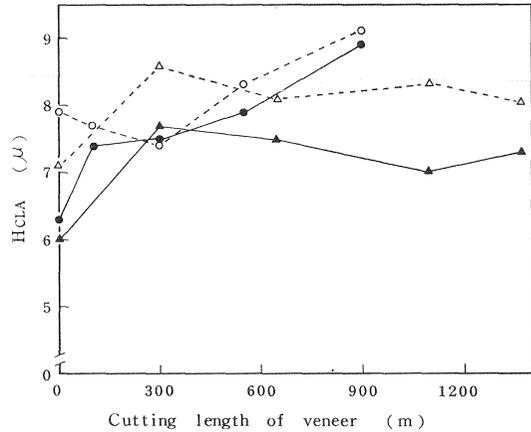


Fig. 34 単板面あらし (HCLA) と単板切削長の関係

Relation of roughness of veneer surface (HCLA) and cutting length of veneer.

HCLA : roughness of center line average, ● and ○ : roughness of tight side and loose side of veneer in cutting used a knife without microbevel, ▲ and △ : roughness of tight side and loose side of veneer in cutting used a knife with microbevel.

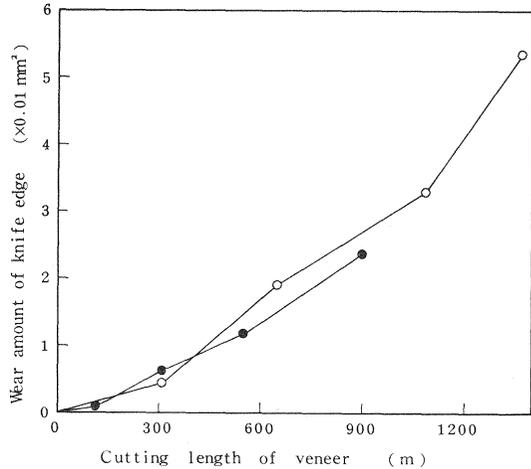


Fig. 35 刃先の摩耗量と単板切削長の関係
Relation of wear amount of knife edge and cutting length of veneer.

● : cut used a knife without microbevel, ○ : cut used a knife with microbevel.

単板切削長による面あらしの変化に関連して、刃先形状が異なる時の刃先の摩耗量を測定した。その結果を Fig. 35 に示す。単板切削は刃先にベベルをつけない刃物の場合 900 m、逃面にベベルをつけた刃物による場合 1,400 m と実際の工場で行なっている単板切削と比較してかなり短い、これは刃先に生ずる欠けの程度が大きくなる前に切削を中止したため、ここでは単板切削長と刃物の摩耗量の関係を求め、これと単板の面あらしの関連について検討することにする。刃先の摩耗量は逃面にベベルをつけた刃物の場合、ベベルをつけない刃物に比較してこれまで述べてきたように刃物に作用する切削抵抗は大きくなり、これにともない刃先の摩耗量も大きくなるものと予想していた。しかし、Fig. 35 に示すように刃先形状が異なっても刃先の摩耗量は単板の切削長が長くなるにともないほぼ同じ増加傾向を示し、ベベルの有無による刃先の摩耗量の相違は単板切削長が比較的短いことにも関係するかもしれないが今回行なった実験範囲ではほとんど認められない。

単板切削長と単板面あらしあるいは刃先の摩耗量との関連をみると、刃先にベベルをつけない刃物の場合刃先の摩耗量が増加すると面あらしも高くなるが、ベベルをつけた刃物では刃先の摩耗量が増加しても面あらしはあまり変化しない。ここで問題になる点は、今回測定した刃先の摩耗量は単板切削において刃物の切味に関係すると思われる刃先先端部分だけでなく、刃先近傍のすくい面および逃面部分の摩耗量も含まれていることで、刃先形状を変化させて切削した場合の単板切削長による刃先最先端の微少な形状の変化についてははっきりしない。今回行なった実験では摩耗量だけを測定しているが、単板面あらしとの関連で考えると刃先に生ずる欠けあるいは切味等を定量的に測定しなければならない。特に刃物の切味については、その物理的な定義あるいは測定法等について現在のところ不明確な面が多いが、中村・青山等が行なった糸切り法¹⁰⁾も含めて今後検討していかなければならないと考えている。

4. ま と め

前報ではノーズバーを作用させずに刃先形状の異なる刃物で単板切削を行なった時刃物に作用する切削抵抗について検討したが、本報ではノーズバーを作用させその刃口水平方向間隔および垂直方向間隔を変化させて切削を行ない、切削抵抗におよぼすそれらの影響をしらべた。刃先の形状はベベルをつけない刃物も含めて 3 種類、切込み深さは 1.0 mm と 2.0 mm の 2 段階とし、刃口水平方向間隔を 0~1.0 mm、垂直方向間隔を切込み深さが 2.0 mm の場合 1.7~1.9 mm、切込み深さが 1.0 mm の場合 0.70~0.95 mm の範囲で変化させ、切削抵抗として水平および垂直方向分力、各方向分力の合力およびその作用方向、各方向分力の切削時における変動等にわけて検討を行なった。なお、刃先形状あるいはノーズバーの作用条件等は切削された単板品質にも影響を与えるものと考え、単板品質のなかから面あらしを選び、上記切削抵抗の挙動と一部関連づけながら面あらしにおよぼす刃先形状あるいは刃口間隔の条件等の影響をしらべ、さらにロータリーレースで刃先形状の異なる 2 種類の刃物を用いて 1,000 m 前後の単板切削を行ない、単板の面あらしおよび刃先の摩耗量の刃先形状による相違を検討した。得られた結果を要約すると次のようになる。

1) 切削抵抗の水平方向分力は、逃面にベベルをつけない刃物を用い切込み深さ 1.0 mm、刃口垂直方向間隔 0.90 mm で切削した場合を除くと、刃先形状の相違および刃口垂直方向間隔の条件に関係なく、刃口水平方向間隔を狭くしていくと次第に増加する傾向を示す。なお、刃口水平方向間隔が広い場合垂直方向間隔が狭いほど切削抵抗の水平方向分力はやや低い値を示しているが、水平方向間隔が 0 mm 近く

になると分力の値にはほとんど差が認められないか、逆に垂直方向間隔が狭いほど若干高い値を示す場合もある。

2) 切削抵抗の垂直方向分力の場合、刃口水平方向間隔を狭くするにつれて低下する傾向を示し、この低下の度合は刃口垂直方向間隔を狭くおいて切削した方が大きいようである。つまり、ノーズバーの絞り量を大きくとって切削するほど刃物は被削材母材側により強く押しつけられるようになる。なお、切削抵抗の水平方向分力と刃口間隔との関係にもみられたように、切込み深さ 1.0 mm、刃口垂直方向間隔 0.90 mm の条件でベベルをつけない刃物により切削した場合、刃口水平方向間隔を変化させても切削抵抗の垂直方向分力はほとんど変化しない。

3) 切削抵抗の水平、垂直両方向分力の合力は全般的に刃口水平方向間隔を狭くすることにより増加する傾向を示すが、切込み深さを 2.0 mm におき、逃面につけたベベルの幅を変化させた No. 2 および No. 3 の刃物で切削した時の合力には大きな差は認められない。切込み深さが 1.0 mm あるいは 2.0 mm の時の切削に共通して、ノーズバーを作用させずに切削した時とノーズバーを作用させた時の切削抵抗の合力を比較すると逃面にベベルをつけない No. 1 の刃物ではほぼ等しく、No. 2 の刃物ではわずかではあるがノーズバーを作用させることにより合力は低下している。しかし、ベベルの幅を広くとった No. 3 の刃物による切削では、ノーズバーを作用させることにより 1/2 程度の低い値になっており、これは切削抵抗の垂直方向分力に大きく関係している。垂直方向分力の場合も No. 3 の刃物で切削するとノーズバーを作用させることによりその値は低下する傾向を示す。

4) 切削抵抗の合力の作用方向を水平方向分力 R_p と垂直方向分力 R_n の比、 R_n/R_p であらわした場合、 R_n/R_p の値は刃口水平方向間隔が狭くなるにしたがって低下するが、その低下の度合いは No. 2 あるいは No. 3 の刃物のように逃面にベベルをつけ、刃口垂直方向間隔を狭くして切削した時に大きくなっている。なお、逃面にベベルをつけた No. 2 および No. 3 の刃物で切込み深さを 2.0 mm、刃口水平方向間隔を狭くして切削した場合 R_n/R_p の値はほとんど 0、つまり切削抵抗の合力の作用方向は切削方向に対して平行に近い状態になる。

5) 切削抵抗の水平、垂直各方向分力の変動 ΔR_p 、 ΔR_n (各分力の波形における山と谷の差 3～5 点の平均) についてみると、水平方向分力の場合刃口垂直方向間隔が広い時に変動値もやや大きくなっているが、垂直方向分力の変動値の場合には刃口水平、垂直方向間隔を変えても大きな変化はみられない。逃面にベベルをつけた刃物で切削すると、垂直方向分力の波形は大きく変化し、ベベルをつけない刃物に比較して波のピッチが広がる。

6) 面あらさと刃口間隔の関係は面あらさの測定値に大きなばらつきがみられることもあり明確な関係は把握しがたい。ただ単板表面において面あらさを平均最大あらさで表示した場合、逃面にベベルをつけた刃物で切削することにより面あらさは若干低くなる傾向がみられる。また、被削材の組織構造、けばだち等切削にともなって生ずる面の凹凸以外の影響もあり、切削抵抗の垂直方向分力の変動値と面あらさの間にはっきりした関連は見出せない。

7) 刃先形状の異なる 2 種類の刃物を用いロータリーレースで約 1,000 m の単板切削を行ない、単板の面あらさおよび刃先の摩耗量の変化をしらべたところ、刃先逃面におけるベベルの有無にかかわらず刃先の摩耗量は単板切削長が長くなるとほぼ同じ程度に増加する傾向を示す。しかし面あらさの場合には、ベベルをつけない刃物で切削すると単板切削長が長くなるにつれて面あらさの値も高くなるが、ベベルを

つけた刃物によると切削長が 300 m 以上ではほとんど面あらしには変化はみられない。これは、刃先最先端の形状の変化あるいは刃こぼれの程度等を含めた刃物の切味の相違によるものと考えられ、今後さらに検討すべき課題であると考えている。

参 考 文 献

- 1) 木下叙幸：林試研報，No. 306，25，(1979)
- 2) 林 大九郎・栃木紀郎：東京教育大学農学部紀要，No. 17，39，(1971)
- 3) PETERS, C. C., A. F. MERGEN & H. R. PANZER : For. Prod. J., 19(7), (1969)
- 4) _____, _____ & _____ : For. Prod. J., 19(11), (1969)
- 5) McKENZIE, W. M. & H. KARPOVICH : Wood Science and Technology, Vol. 9, pp. 213, (1975)
- 6) 木下叙幸：林試研報，No. 295，17，(1977)
- 7) 大越 諄：表面アラサ検査法，p. 23，コロナ社，(昭43)
- 8) STRÜBING, J. : Holz als Roh- u. Werkstoff, 18, 5, 181, (1960)
- 9) 木下叙幸：木材工業，32(1)，16，(1977)
- 10) 中村源一・青山経雄：木材工業，Vol. 9，No. 4，(1954)

Effects of Knife Edge Profiles on Veneer Cutting II Effects of knife edge profiles on cutting resistance and cut surface roughness related to nose-bar opening

Nobuyuki KINOSHITA⁽¹⁾

Summary

The content of this report consisted of two main parts : the first one with the relations of cutting resistance applied to the knife, veneer surface roughness, nose-bar opening and knife edge profiles in laboratory scale orthogonal veneer cutting (Experiment 1), the second one with the relations of veneer surface roughness, wear amount of knife edge and knife edge profiles in veneer cutting with small experimental type rotary lathe (Experiment 2). Experimental conditions were as follows :

Experiment 1—After three knives were ground with knife angle of 20°, knife edge was shaped on a whetstone with different profiles as shown in Table 1. Water saturated Hōnoki was chosen as the test species. The dimension of test specimens was 10 cm in cutting length and 1.0 cm in cutting width. The cutting direction was perpendicular to the longitudinal direction of wood. The veneer cutting was carried out with 1.0 mm and 2.0 mm of depth of cut by changing the nose-bar opening. Horizontal opening of nose-bar (H) varied from 0 mm to 1.0 mm, and vertical opening of nose-bar (V) varied from 0.7 mm to 0.95 mm for 1.0 mm

Received June 27, 1979

(1) Wood Technology Division

of depth of cut, from 1.7 mm to 1.9 mm for 2.0 mm of depth of cut.

As the cutting resistance applied to the knife, parallel component (R_p) and normal component (R_n) of cutting resistance per 1.0 cm of cutting width were measured separately with the two dimensional dynamometer, and the resultant of R_p and R_n ($R = \sqrt{R_p^2 + R_n^2}$), the direction of R ($=R_n/R_p$) and the variance of R_p and R_n (ΔR_p , ΔR_n , difference of peak and valley in wave of cutting resistance component recorded) were obtained.

The roughness of veneer surface at tight side and at loose side were measured with the stylus type roughness instrument and expressed in the roughness of peak to valley average height (H_{MAX}) or the roughness of center line average (H_{CLA}). In Fig. 4, H_{MAX} and H_{CLA} were given by,

$$H_{MAX} = \{(m_1 + m_2 + \dots + m_s) - (n_1 + n_2 + \dots + n_s)\} / 5$$

$$H_{CLA} = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| \cdot dx$$

Experiment 2—Veneer cutting was carried out with a small experimental type rotary lathe (maximum cutting width 440 mm, spindle revolution 30 rpm) using a knife without microbevel (standard knife) and a knife with microbevel on the face side having a bevel width of 1.0 mm and a sharpness angle of 25° (microbevelled knife). The knife angle was 20° for the above two knives. The knives used in this experiment were made of high-speed steel. Three logs of Hōnoki (specific gravity in oven-dry weight and volume 0.44, 0.43 and 0.43) with a length of 2 meters and a diameter of about 40 centimeters were prepared for veneer cutting. They were cross cut into 20 centimeters and rounded on a lathe prior to the veneer cutting test.

The smoothness of veneer surface and the wear amount of knife edge were measured at the veneer cutting length of 10, 110, 315, 630 and 900 meters for cutting used a standard knife, and 10, 310, 655, 1,090 and 1,370 meters for cutting used a microbevelled knife. The cutting length of veneer in this experiment was very short in comparison with the cutting length in practical plywood factory, for the reason that a small nick occurred on the knife edge.

The smoothness specimens were thoroughly air-dried before they were evaluated by means of the stylus type roughness instrument. Thirty smoothness measurements were made at each stage of veneer cutting length and the roughness of veneer surface expressed in the roughness of center line average (H_{CLA}) described before. The knives were modelled in alloy at the positions shown in Fig. 3 (A~D) and measured the wear amount of knife edge on each stage of veneer cutting length by magnifying one hundred times. Experimental results were summarized as follows :

1) The results concerned to the relations of the parallel component of cutting resistance (R_p) and the nose-bar opening shown in Fig. 5 to Fig. 10. In general, the parallel component of cutting resistance increased as the horizontal nose-bar opening became narrow. The degree of increasing of the parallel component was varied by the vertical nose-bar opening.

2) The normal component of cutting resistance (R_n) decreased as the horizontal nose-bar opening became narrow as shown in Fig. 5 to Fig. 10. R_n showed the lower value in cutting with wide vertical nose-bar opening than in cutting with narrow vertical nose-bar opening. Furthermore, R_n became low by application of nose-bar, especially in cutting using No. 3 knife.

3) In comparison with the resultant of cutting resistance (R) in cutting with nose-bar and in cutting without nose-bar, the difference of R was very small when veneer was cut with No. 1 or No. 2 knife, but the value of R in cutting with nose-bar showed the lower value than in cutting without nose-bar when veneer cutting was carried out with No. 3 knife (shaped

wide microbevel on the face side of knife). It was considered that the decrease of R in cutting with No. 3 knife concerned the decrease of the normal component of cutting resistance by application of nose-bar.

4) The direction of resultant cutting resistant (R_n/R_p) decreased as the horizontal nose-bar opening became narrow as shown in Fig. 17 to Fig. 19. In cutting with the microbevelled knives (No. 2 or No. 3), R_n/R_p decreased largely in accordance with the horizontal nose-bar opening and the cutting conditions that R_n/R_p was equal to zero existed.

5) The relations between the variance of parallel (ΔR_p) or normal (ΔR_n) component of cutting resistance and veneer surface roughness could not be recognized. It was considered that the effect of the variance of knife edge position caused by the variance of cutting resistance during veneer cutting would be small in comparison with the effect of the structure of wood or the wooly grain occurred on veneer surface on the roughness of veneer surface.

6) In rotary veneer cutting using two knives having different knife edge profiles, the wear amount of knife edge increased as the cutting length of veneer increased, but the difference of wear amount of knife edge between in cutting with the standard knife (not shaped the microbevel) and cutting with the microbevelled knife was very small as shown in Fig. 35. The roughness of veneer surface increased as the veneer cutting length increased when veneer was cut with the standard knife, but did not change in cutting with the microbevelled knife at the range of veneer cutting length from 300 meters to 1,400 meters. Although the degree of nick occurred on knife edge did not measure quantitatively in this experiment, not only the wear of knife edge but also the small nick would affect the roughness of veneer surface. It was considered that the strength of knife edge could be increased and the degree of nick reduced by shaping the microbevel on knife edge.