

木材のフィンガー切削について（第2報）

—切削抵抗と被削面の性状に及ぼす切削工具の送り方向と木材の
繊維方向とのなす角度，切削工具の枚数と重ね合わせ条件の影響—

金 森 勝 義 千 野 昭*
若 井 実*

Finger Milling of Wood(II)

—Effects of the feed angles to the longitudinal direction of
cutting plates and their number and setting types upon the
cutting resistance and quality of the surface—

Katsuyoshi KANAMORI Akira CHINO
Minoru WAKAI

Experiments were performed to find out how the feed angles (ϕ , Fig.1) of the cutting plates (Fig.2) to the longitudinal direction and their number and setting types would affect the net cutting power, the maximum cutting torque of the main spindle, and the surface waves of the cut finger chips (WEM, JIS B0610).

The tested species were Katsura, *Cercidiphyllum japonicum* SIEB. ET ZUCC., and Mizunara, *Quercus crispula* BL. The cutting plates were wing-type ones, 180mm in diameter, and made of tungsten carbide chips. The wood was cut into a shape of a finger which was 11.4mm long and had a pitch of 4mm, a valley width of 0.8mm, and a scarf angle of 6 degrees. The results are summarized as follows:

(1) When ϕ was from 0 to 90 degrees, the relationship between ϕ and the net cutting power and the maximum torque of the main spindle respectively showed a similar tendency: in Mizunara the power and the torque became greatest when ϕ was about 30 degrees, and in Katsura they became greatest when ϕ was about 45 degrees.

(2) According as ϕ approached 90 degrees, WEM tended to increase rapidly.

(3) The net cutting power and the maximum torque of the main spindle varied according as the plate-setting differed: the former began to change when the number of plates was more than 8, while the latter began to vary when the plates were more than 4 in number. In either case, the difference became the greatest when the plates were set in the piling type. Next came the crosswise setting, followed by the spiral setting.

(4) It was assumed that in both the piling setting and the crosswise setting, the torque waves of the main spindle included part of the torsional vibration of the spindle.

(5) When the plates were set in the piling method, the best machining precision was recognized in the shape of the finger chips. In the other setting methods, however, their top tended to become thick.

本報告では、切削所要動力と主軸にかかる最大切削トルクならびに被削面の性状(切削されたスカーフ面の転がり円最大うねり, WEM , JIS B0610)に及ぼす切削工具の送り方向と木材の繊維方向とのなす角度(, 第1図), 切削工具の枚数と重ね合わせ条件(第2図)の影響について検討した。被削材はカツラ材とミズナラ材とし、切削工具は直径180mmの超合金製ウィングカッタとした。切削されたフィンガー形状は、長さ11.4mm, ピッチ4.0mm, 底部幅0.8mm, 傾斜比1/9.5 (6°)とした。結果を要約すると次のとおりである。

(1) を 0° から 90° に変えた場合、と切削所要動力ならびに最大切削トルクの関係は、それぞれ同様の傾向を示し、ミズナラ材では $=30^\circ$ 付近、カツラ材では $=45^\circ$ 付近に最大値が現れた。

(2) と WEM の関係は、が 90° に近づくと WEM が急に増大する傾向を示した。

(3) 切削工具の重ね合わせ条件による切削所要動力と最大切削トルクの差は、前者では8枚以上、後者では4枚以上に認められた。いずれも「合わせ」が最も大きな値を示し、ついで「直交」, 「スパイラル」の順であった。

(4) 「合わせ」と「直交」のトルク波形には、衝撃的な切り込みによる主軸のねじり振動が含まれていると考えられる。

(5) 切削されたフィンガー形状の加工精度は「合わせ」が最も良く、ほかの2条件の重ね合わせではフィンガー先端部が太くなりやすい。

1. はじめに

前報¹⁾では、木材のフィンガー切削における切込み量及び切削面積の概略値を近似式から求め、両値に及ぼす切削条件の影響について考察した。また、実験によって、最大切削トルクと切削所要動力に及ぼす刃当たり送り量、予備切削の影響について検討した。

フィンガーカッタ刃の切削作用は、外周切れ刃によってフィンガー底部幅を形成する外周切削とすくい面上の側面切れ刃によってスカーフ面を形成する側面切削にわけられる。したがって、切込み量や切削面積(切削面積は、切込み量と切削幅の積で表される。)は前報¹⁾のように、それぞれの切れ刃にわけて考えることができる。この考え方は丸のこ歯の切削作用と同様であるが、丸のこ歯による普通の切削ではひき肌を形成する側面切れ刃の切削幅は切尖に近い 0.1mm 前後である²⁾。これに対してフィンガーカッタ刃による切削の場合、側面切れ刃の切削幅は、フィンガー長さにかかわる部分となるために、かなり広がる。通常の切削では、近似式から求まる側面切れ刃の切込み量の最大値は外周切れ刃の同値の $1/10$ 程度であるが、側面切れ刃

の切削幅は外周切れ刃の値の15倍以上(実際は側面切れ刃が対をなしていることから、30倍以上となる。)も広がる。したがって、切削工具1刃の両切れ刃が1回転する間の最大切削面積の概略値にはほとんど差がないことが分かった。

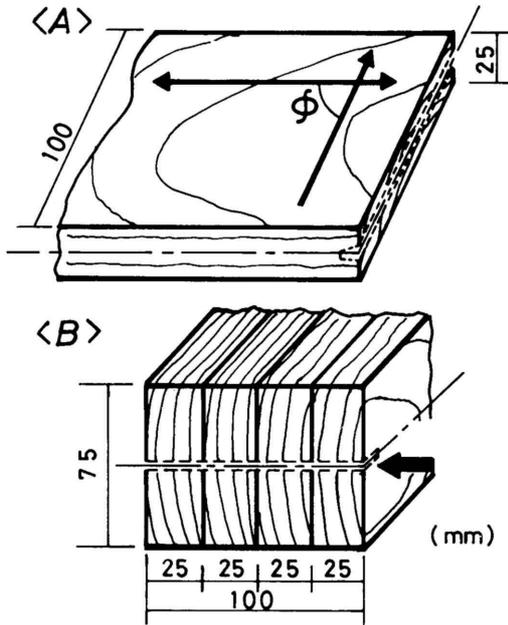
本報告では、切削抵抗(最大切削トルク, 切削所要動力)と被削面の性状(切削されたスカーフ面の転がり円最大うねり)に及ぼす切削工具の送り方向が常に試験材の板目面に対して平行である場合の切削工具の送り方向と木材の繊維方向とがなす角度, 切削工具(フィンガーカッタ)の枚数と重ね合わせ条件の影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 切削装置, 試験材及び切削工具

切削装置は、前報¹⁾と同じものを用いた。試験材には、北海道産のカツラ材とミズナラ材を供した。各樹種の気乾比重, 含水率及び年輪幅の平均値は、カツラ材がそれぞれ0.46, 10.9%, 1.1mmであり、ミズナラ材が同じく0.68, 13.1%, 1.5mmである。試験材は、

第1図<A>に示した切削工具の送り方向と繊維方向とのなす角度を変える実験(以下,実験1と略す。)のもと,第1図に示した切削工具の枚数と重ね合わせ条件を変える実験(以下,実験2と略す。)



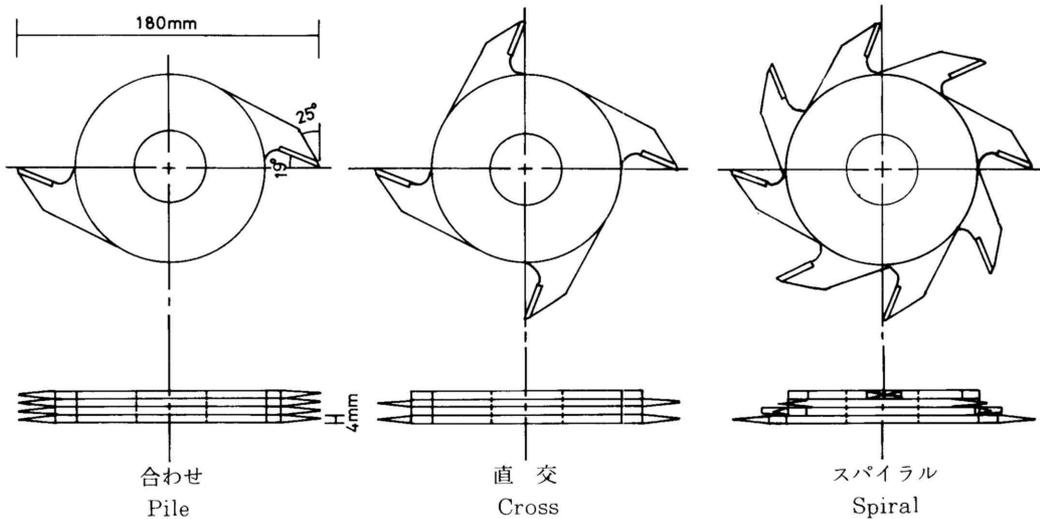
第1図 試験片
Fig.1 Work piece for test

のものを用意した。試験材に対する切削工具の送り方向は,実験1では板目板,実験2ではまさ目面と常に平行になるようにした。なお,試験材の選別にあたっては,極力繊維が通直なものを選んだ。

切削工具は,前報¹⁾と同様に,兼房刃物工業(株)製の直径180mmの超合金製ウィングカッタを使用した。切削工具の枚数については,実験1では1枚,実験2では1,2,4,6,8,10枚とした。実験2の切削工具の重ね合わせは第2図のように,外周切れ刃が一直線になるようにそろえて2枚刃とした「合わせ」,カッタを1枚ごとに90°ずつずらしながら4枚刃とした「直交」及びカッタの切尖の位置が刃先円の円周長に対して等間隔になるようにした「スパイラル」の3条件とした。なお,試験材と切削工具の位置関係は,カッタ主軸を上下に移動させながら,切削されたフィンガー形状が常に試験材の切削面の中央にくるように調整した。

2.2 切削抵抗の測定

本試験では,切削抵抗として最大切削トルク(以下,単に切削トルクと略す。)と切削所要動力(この値は切削抵抗と切削速度の積であらわされるため,厳密には切削抵抗そのものではない。)を測定した。こ



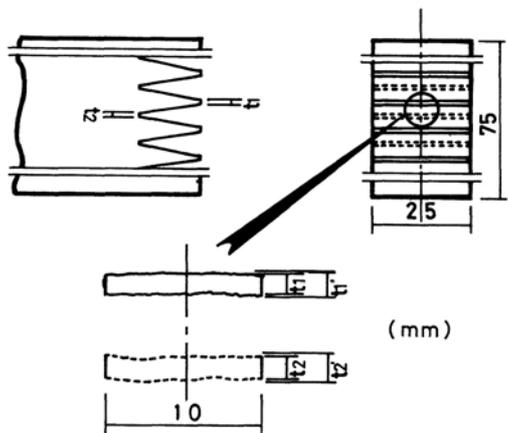
第2図 切削工具の重ね合わせ条件(切削工具枚数4枚の場合)
Fig.2 Setting types of cutting tools (In case of four cutting tools)

これらの測定方法は、前報¹⁾と同じである。なお、実験1では切削工具の送り方向と繊維方向とがなす角度(以下、 ϕ と略す。)を変えることによって切削する試験材の長さは異なるが、このことによる測定値への影響はないことを確かめた。

2.3 転がり円最大うねりと加工精度の測定

被削面の性状として、本実験では切削されたスカーフ面について、切削工具の送り方向に平行ならびに垂直方向の転がり円最大うねり(WEM)をJIS B 0610に準拠して測定した。WEMは(株)小坂研究所製の万能表面形状測定器(SE-3C)に検出器(PU-D W800: 触針半径800 μ m, 測定圧4mN, 平行及び垂直方向の基準長さ10mm \cdot 5mm)を取り付け、実験1ではカツラ材の試験材1個につき3箇所計9箇所、実験2ではカツラ材とミズナラ材の試験材1個につき3箇所計24箇所を測定し、その平均値で表した。ただし、ミズナラ材のWEMは道管の影響を極力受けないように、晩材部を測定した。なお、WEMはJIS B 0610の解説に記述してあるように、表面あらさと厳密に区分したものではなく、触針の転がり円半径の値にしたがって、断面曲線の中に存在する細かいでこぼこ成分を除去して得られる転がり円曲線から所定の基準長さの中の最大波高値から求めた。

なお、実験2では切削工具の重ね合わせ条件によっ



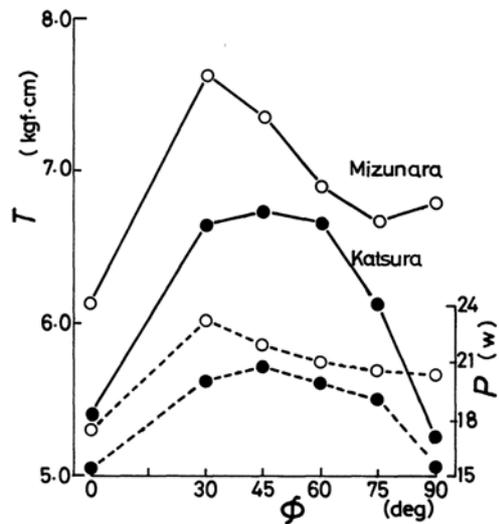
第3図 加工精度の測定方法
Fig. 3 Measurement with machining precision of cut finger-chips

て、切削されたフィンガー形状の加工精度に違いがあるかを調べた。加工精度としては第3図に示すように、試験材中央におけるフィンガーの先端幅(t_1)と底部幅(t_2)、かん合度(t_1-t_2)ならびに試験材中央部分の測定範囲10mmにおける t_1 と t_2 の見掛けの値 t_1' 、 t_2' などを取りあげた。これらは、日本光学工業(株)製万能投影器60型の傾斜反射照明を使って20倍に拡大しながら、測定精度0.01mmの微動載物台の移動量から求めた。

3. 結果と考察

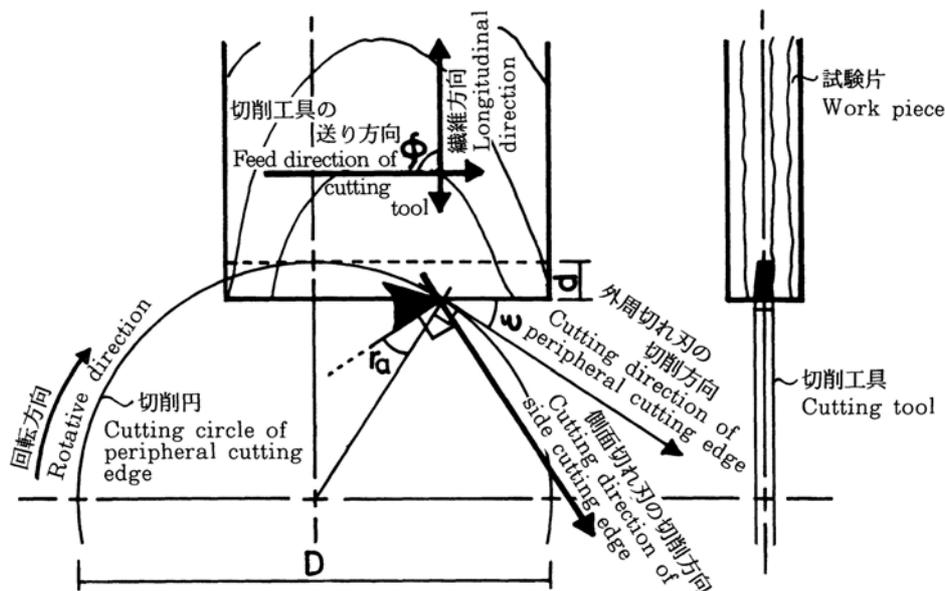
3.1 切削抵抗と被削面の性状に及ぼす切削工具の送り方向と繊維方向とのなす角度(ϕ)の影響

第4図は、 ϕ と切削所要動力、主軸にかかる切削トルクの関係を示したものである。ミズナラ材では ϕ が30°付近に、カツラ材では ϕ が45°付近に切削所要動力と切削トルクの最大値が現れた。このように最大値



第4図 ϕ とT, P
Fig. 4 ϕ and T, P

注: ϕ =切削工具の送り方向と木材の繊維方向とのなす角度
Note: Angle of longitudinal direction to feed direction of a tool
T=主軸にかかる最大切削トルク
Maximum torques of main spindle
P=切削所要動力
Net cutting-power



第5図 切削工具の送り方向に対する工具切れ刃の切削方向の傾き角 (ϵ) と切削工具の半径方向すくい角 (r_a)

Fig. 5 Angle of cutting direction of cutting edges to feed direction of a tool (ϵ) and radial rake angle of a tool (r_a)

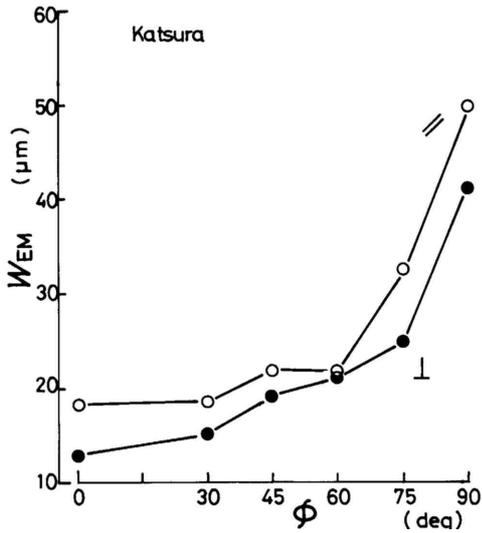
が現れたのは数多くの要因が複雑に関連するためと考えられるが、以下のような大まかな仮定条件のもとに考察してみる。

切削トルク及び切削所要動力は前述のように、外周切削と側面切削によるそれぞれの値を合計したものと測定される。そこでまず、 $\phi = 0^\circ$ と $\phi = 90^\circ$ における外周切削と側面切削について考えてみると、前者では外周切れ刃は繊維方向に平行にまさ目面を削る縦切削であり、側面切れ刃は繊維方向を軸として板目面をフィンガー傾斜比（本実験では、これを角度に換算すると 6° になる。）の $\pm 6^\circ$ ずつ反対方向に回転させた材面を削る縦切削となる。一方後者では外周切れ刃は繊維方向に垂直な木口面を削る木口切削であり、側面切れ刃は接線方向を軸として板目面をフィンガー傾斜比の $\pm 6^\circ$ ずつ回転させた材面を削る横切削となる。しかし、フィンガーカッタによる切削は平削りではなく回転削りであるため、見掛け上の ϕ のほかに第5図に示した切削工具の送り方向に対する切削方向の傾き角（以下、 ϵ と略す。本試験における ϵ の最大値は約 29° である。）ならびに切削工具の半径方向

すくい角（以下、 r_a と略す。）を考慮しなければならない。この ϵ は、切削工具の直径を D 、フィンガー長さ（切削深さ）を d とすると、次式から求められる³⁾。

$$\epsilon = \arccos(1 - 2d/D)$$

すなわち、実質上の切削工具の送り方向と繊維方向とのなす最大角度を ϕ' とすると、 $\phi = 0^\circ$ の場合は切削工具1刃が切り込みを開始して離れるまでの瞬間に外周切削では $\phi = 0^\circ$ の縦切削から $\phi' (\phi + \epsilon) = 29^\circ$ となつてわずかながら横切削に近くなる。側面切削では $\phi = 0^\circ$ の縦切削から $\phi' (\phi + \epsilon + r_a) = 48^\circ$ となつて少し横切削に近くなる。次に $\phi = 90^\circ$ の場合についてみると、外周切削では瞬間的に $\phi = 90^\circ$ の木口切削から $\phi' (\phi - \epsilon) = 61^\circ$ になつてわずかに縦切削に近くなる。側面切削では $\phi = 90^\circ$ の横切削から $\phi' (\phi - \epsilon - r_a) = 42^\circ$ になつて少し縦切削に近くなる。ここで、 $\phi = 0^\circ$ と 90° の場合を比較すると、外周切削では 90° 、側面切削では 0° の方がそれぞれ大きな切削トルクと切削所要動力を示すと考えられる。外周切削と側面切削を合計したものを理論的に比較することは難しいが、大まかに考察すると両者間

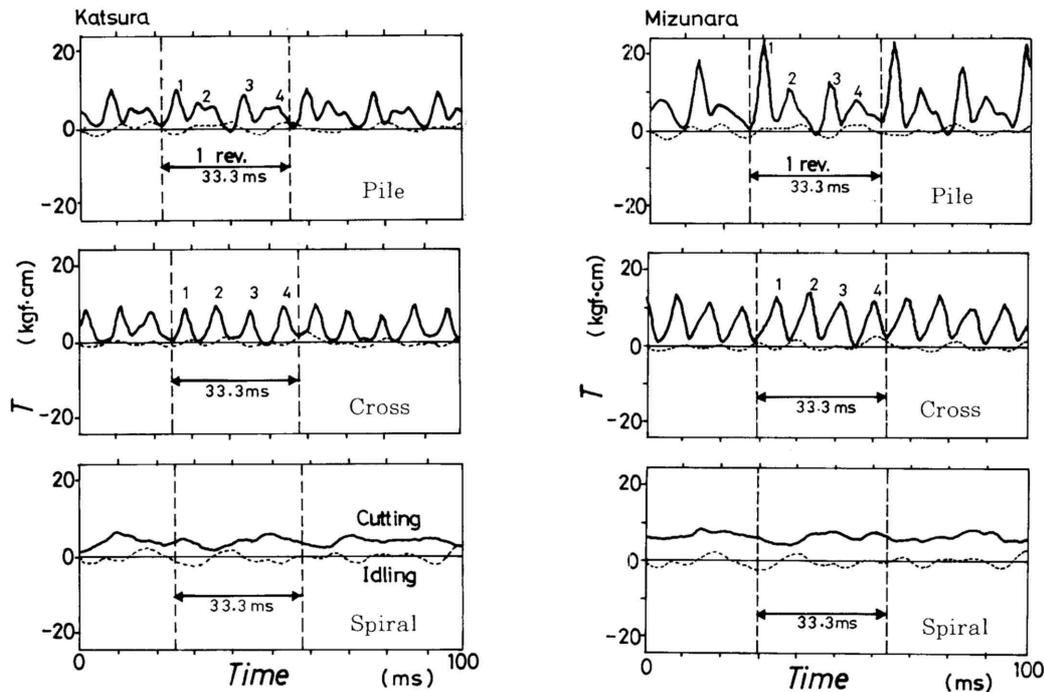


第6図 切削工具の送り方向と木材の繊維方向とのなす角度(φ)と切削工具の送り方向に対して平行(//)及び垂直(⊥)方向の転がり円最大うねり(WEM)

Fig.6 Angle of longitudinal direction to feed direction of a tool and surface waves (WEM) with parallel (//) and perpendicular (⊥) to feed direction of a tool

の測定値には顕著な差はないと考えられる。実験によると、切削トルクと切削所要動力ともカツラ材では $\phi = 0$ 、ミズナラ材では反対に $\phi = 90^\circ$ の方が大きい値を示した。これは、散孔材で道管径が小さく肌目が精である⁴⁾カツラ材と異なり、ミズナラ材は環孔材で道管径が大きく肌目が粗であるために年輪接触角等の影響が大きく、しかも放射組織の構成率がカツラ材の約2倍⁵⁾も高いことも要因にあげられる。

次に、 $\phi = 30^\circ$ の場合をみてみると、外周切削では切削工具1刃が1回転する間に、 $\phi = 30^\circ$ の木口切削から $(\phi - \alpha) = 1^\circ$ になってかなり縦切削に近くなる。側面切削では $\phi = 30^\circ$ の横切削から $(\phi - \alpha) = -18^\circ$ になってさか目方向の縦切削になる。したがって、平削り⁶⁾⁷⁾では、さか目方向の繊維傾斜角が $15^\circ \sim 20^\circ$ (本文の表現になおすと、マイナスの値になる。)における切削抵抗は木口切削よりも大きくなることから、今回の実験結果のように ϕ が $30^\circ \sim 45^\circ$ 付近に最大値が現れたと考えられる。なお、本文



第7図 トルク波形の一例 (切削工具枚数10枚)

Fig.7 Examples of torque wave patterns recorded with FFT analyzer (Number of cutting tools : ten Plates)

では、 r_a による側面切れ刃線の速度逃げ角⁸⁾の変化については触れていない。

第6図に ϕ と転がり円最大うねり（WEM）の関係について示す。WEMは、切削工具の送り方向に対して平行及び垂直の両方向とも ϕ が 90° に近づくと急に増大した。これは、 ϕ が 0° から 90° になるにつれて側面切削は縦切削から横切削へと移行することにより、フィンガー形状のスクーフ面は板目面から木口面に近くなるためと考えられる。 $\phi=0^\circ$ のフィンガージョイントは集成部材の縦つぎに相当するが、スクーフ面は木口面に近いだけに接着操作には注意を要する。また、木製椅子では部材をL型に接合するとき $\phi=45^\circ$ のフィンガージョイントを行っている⁹⁾¹⁰⁾が、この場合のスクーフ面の性状は $\phi=0^\circ$ に近いといえる。

3.2 切削抵抗と被削面の性状に及ぼす切削工具の枚数と重ね合わせの種類

本題に入る前に、切削工具の重ね合わせの種類による切削トルク波形について観察してみる。第7図は、トルク変換器、動ひずみ計を介してデータレコーダにいったん記録した切削時ならびに空転時のトルク波形をそれぞれFFTアナライザに再入力し、その記録紙上に再生したものである。ただし、切削時のトルク波形は切り込みの開始と終了部分を除いた中間のものであり、切削工具枚数は10枚である。

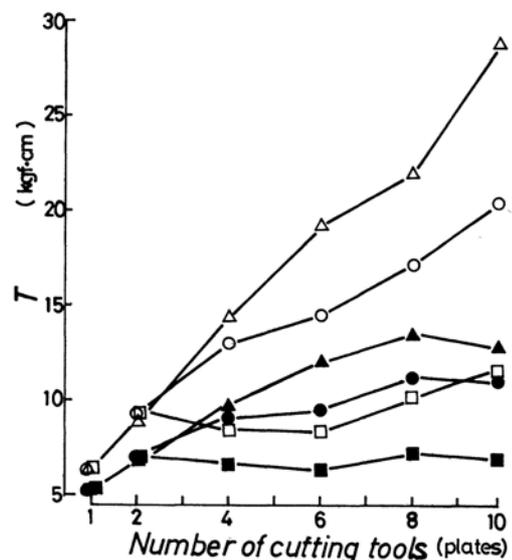
「合わせ」では切削工具が1回転する33.3msecの間に断続的に被削材を2回切削するが、トルク波形は4つのピークを持っている。図中の1~4の数字は、切削工具が1回転する間の波形のピークの数を表している。1番目と3番目のピークは切削に伴うものであり、前者の波高値は3種類の切削工具の重ね合わせの中で最も高い値を示した。2番目と4番目のピークは時間的にみて切削工具が被削材から離れている状態にあることから、ねじれ刃フライス削りにおけるトルク波形と同様に¹¹⁾切削工具を含めた主軸の回転ねじり振動によるものと考えられる。

「直交」では切削工具が1回転する間に被削材を4回切削することから、このトルク波形は波高値がほぼ等しい4つのピークを持つ。なお、切削1回当たりの

切削面積は「合わせ」の半分になることから、各ピークの波高値もおおむね半減すると考えられる。また「合わせ」と同時に、衝撃的な切り込みを繰り返す断続切削であることから、切削工具切れ刃にチッピングが発生する危険性は高いと考えられる。

「スパイラル」では切削工具が1回転する間に20回切削するが、常に被削材の切り込みにかかわっている計算上の刃数は平均1.6枚であることから、凸凹の少ないなだらかなトルク波形を示している。「直交」と比較すると、最大波高値は「スパイラル」の方が低いが、平均波高値はほとんど差がない。したがって、切削所要動力は平均波高値（平均切削トルク）に比例することから、両者の同値には差がないと考えられる。なお、「スパイラル」の場合はチッピングの発生頻度が少なく、しかも衝撃的な切り込みではないことから、工具切れ刃の摩耗の進行は他の重ね合わせよりも遅いと考えられる。

第8図に、切削工具の枚数と切削トルクの関係を示



第8図 切削工具枚数と切削トルク

Fig. 8 Number of cutting tools and maximum torques of main spindle

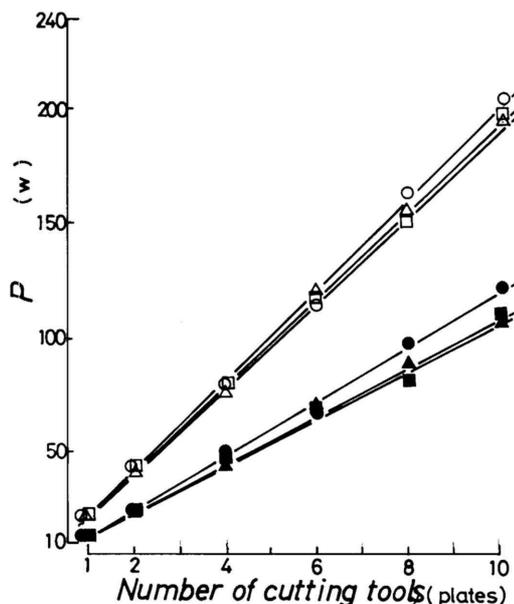
注 :
Note:

	合わせ Pile	直交 Cross	スパイラル Spiral
Katsura	—▲—	—●—	—■—
Mizunara	—△—	—○—	—□—

す。切削トルクは、いずれの樹種とも切削工具枚数が4枚以上になると、統計上の有意差(各重ね合わせ条件による切削トルクの平均値の差異をt検定した。)が認められた。すなわち、切削工具枚数が4枚以上の場合、切削トルクは「合わせ」が最も高い値を示し、次いで「直交」,「スパイラル」の順になった。この傾向は、切削トルク波形でも観察されたように、「合わせ」では工具切れ刃の衝撃的な切り込みによって発生する主軸のねじり振動が完全に減衰しないうちに次の工具切れ刃が切り込むことも一因と考えられる。

第9図に、切削工具の枚数と切削所要動力の関係を示す。両者の関係は、両樹種とも以下に示す回帰直線で表された。なお、相関係数は、いずれも0.997以上であった。

- (カツラ材) 合わせ : $Y = 10.65X + 2.95$
- 直交 : $Y = 12.30X - 0.77$
- スパイラル : $Y = 10.58X + 3.32$
- (ミズナラ材) 合わせ : $Y = 19.17X + 2.72$
- 直交 : $Y = 20.32X - 0.21$



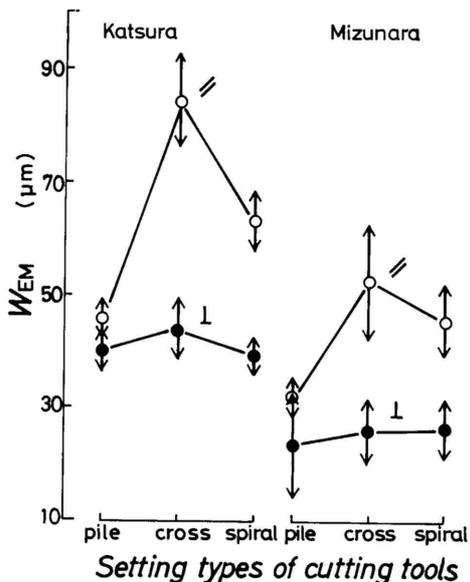
第9図 切削工具枚数と切削所要動力
Fig.9 Number of cutting tools and net cutting power
注: 第10図参照
Note: Refer to fig. 10.

スパイラル: $Y = 18.97X + 3.34$

ただし、Yは切削所要動力[W], Xは切削工具枚数[枚]を表す。1 X 10。

この関係は、切削工具枚数が増えるにつれて切削面積が直線的に増大することにより、当然切削所要動力も同様に増大するためである。切削所要動力の統計上の有意差は、両樹種とも切削工具枚数8枚以上に認められ、「合わせ」と「スパイラル」では前者の方が高い値を示した。ただし、「直交」と「スパイラル」の切削所要動力にはいずれの樹種、切削工具枚数においても有意差は認められなかった。これは、前述のように、両者間において平均トルクの差が極めて少ないためと考えられる。

第10図に、切削されたカツラ材とミズナラ材のスクーフ面における切削工具の送り方向に平行及び垂直方向のWEMを示す。両樹種とも垂直方向のWEMでは切削工具の重ね合わせ条件による有意差は認められなかつ



第10図 切削工具の重ね合わせ条件と転がり円最大うねり(WEM)
Fig.10 Setting types of cutting tools and WEM
注: 矢印は95%信頼限界を表す
Note: The arrow means 95% limit of confidence

た。これに対して、平行方向の W_{EM} では顕著な有意差が認められ、両樹種とも「合わせ」は最も小さな値を示し、次いで「スパイラル」、「直交」の順に大きな値を示した。このように「合わせ」が優れた値を示したのは、すべてのフィンガーチップは上下の切削工具ではさみ込まれるようにして同時に切削されることから、切り込みに伴う切削工具先端部における振れがほかの2条件よりも少ないためと考えられる。したがって、「合わせ」のトルク波形には、第7図で観察したように、衝撃的な切り込みに伴う主軸のねじり振動が含まれているが、このねじり振動は直接 W_{EM} に対し

で影響を与えていないのではないかと考えられる。

第1表に、加工精度として、切削されたフィンガーの先端幅と底部幅の測定値を示す。定位置におけるフィンガー先端幅の t_1 と測定範囲10mmにおける見掛け上のフィンガー先端幅 t_1' は「合わせ」が設定条件に最も近く、他の2つの重ね合わせの種類による差はなかった。これは、「合わせ」では剛性の低いフィンガー先端部が逃げにくくなるため¹²⁾と考えられる。フィンガー底部幅については、両樹種の t_2 、 t_2' とも切削工具の重ね合わせの種類による統計上の有意差はなかった。このように加工精度でみると、「合わせ」以外は切削されたフィンガー先端が先太りになりやすいことから、見掛けのかん合度は「合わせ」よりもプラス側の値をとることが予想される。

第1表 加工精度
Table 1 Machining precision of cut finger chips

		合 合 せ Pile	直 交 Cross	スパイラル Spiral
Katsura				
t_1	\bar{x}	0.92	1.03	1.03
	CV	3.6	6.2	6.2
t_2	\bar{x}	0.83	0.84	0.85
	CV	4.6	6.7	5.9
$t_1 - t_2$		\bar{x}	0.09	0.19
t_1'	\bar{x}	0.99	1.08	1.08
	CV	3.4	4.9	5.5
t_2'	\bar{x}	0.89	0.90	0.91
	CV	4.8	4.3	3.8
$t_1' - t_2'$		\bar{x}	0.10	0.17
Mizunara				
t_1	\bar{x}	0.87	0.98	0.98
	CV	1.8	4.7	4.4
t_2	\bar{x}	0.83	0.83	0.84
	CV	3.9	5.8	5.5
$t_1 - t_2$		\bar{x}	0.04	0.14
t_1'	\bar{x}	0.93	1.01	1.01
	CV	3.8	4.4	4.2
t_2'	\bar{x}	0.89	0.87	0.87
	CV	6.1	3.8	4.8
$t_1' - t_2'$		\bar{x}	0.04	0.14

注 : \bar{x} : 平均値 (mm)
CV : 変化係数 (%)
Note : \bar{x} : Mean (mm)
CV : Coefficient of variation (%)

4. まとめ

切削抵抗と被削面の性状に及ぼす切削工具（超硬合金製ウィングカッタ）の送り方向と被削材（カツラ材とミズナラ材）の繊維方向とがなす角度、切削工具の枚数と重ね合わせ条件の影響について検討した。結果等を要約すると次のとおりである。

- (1) 切削工具の送り方向と木材の繊維方向とのなす角度を 0° から 90° に変えた場合、切削所要動力と主軸にかかる最大切削トルクは、いずれもミズナラ材では 30° 付近、カツラ材では 45° 付近に最大値が現れた。
- (2) (1)の結果については、回転削りであることから切削工具1刃が1回転する間に繊維方向に対する切削方向の傾き角が変わること、切削工具に半径方向すくい角を有していることなどが関連していると考えられる。
- (3) ϕ と被削面の性状を表す指標として測定した転がり円最大うねり (W_{EM} : JIS B 0610) との関係は、 ϕ が 90° に近づくとつれて W_{EM} が急に増大する傾向を示した。
- (4) 切削工具枚数を1枚から10枚に変えながら、その重ね合わせを「合わせ」「直交」「スパイラル」の3条件とした場合、これらの条件による

- 有意差は、最大切削トルクでは切削工具枚数が4枚以上、切削所要動力では同8枚以上に認められた。
- (5) 切削時と空転時のトルク波形を観察したところ「合わせ」と「直交」は衝撃的な切り込みによる主軸のねじり振動が含まれていると考えられる。
- (6) 切削したフィンガー形状の加工精度は、「合わせ」が最も設定条件に近い形状を示したのに対し、ほかの重ね合わせではフィンガー先端部が先太りになりやすいことが分かった。
- 4) 岡野 健：木の事典, 71, 朝倉出版 (1982)
- 5) 平井信二：東大農演研報, 56, 399 (1962)
- 6) 坂井秀春：木工刃物, 日刊工業新聞社 (1958)
- 7) 加藤幸一, 浅野猪久夫：木材学会誌, 20, 9, 426 (1974)
- 8) 尾崎士郎, 福井 尚：木材学会誌, 28, 5, 287 (1982)
- 9) 渡辺 昇, 関谷 武：木材工業, 36, 4, 40~43 (1981)
- 10) 大沼加茂也：同上, 34, 11, 499 (1979)
- 11) 木村志郎：木材学会誌, 26, 4, 259 (1980)
- 12) 堀江秀夫, 倉田久敬：林産試験報, 73, 5 (1984)

文 献

- 1) 金森勝義, 千野 昭：林産試験場月報, 408, 11 (1986)
- 2) 福井 尚：木材工業, 12, 1, 20 (1966)
- 3) 森 稔：製材と木工, 249, 森北出版 (1963)

—試験部 複合材試験科—

—*木材部 加工科—

(原稿受理 昭61. 7. 28)

林産試験場報——第1巻 第2号 (林産試験場月報からの通巻第421号)

(略号 林産試験報)

編集人 北海道立林産試験場編集委員会

昭和62年2月20日発行

発行人 北海道立林産試験場

印刷所 植平印刷株式会社

郵便番号071-01 旭川市西神楽1線10号

郵便番号 070 旭川市9条通7丁目

電話 0166-75-4233番(代)

FAX 0166-75-3621

電話 0166-26-0161番(代)