

木材のフィンガー切削について (第1報)

- 切込み量、切削面積及び切削抵抗に及ぼす切削条件の影響 -

金森勝義 千野 昭

Finger Milling of Wood ()

- Effects of cutting conditions on the depth, area
of cut and cutting resistance -

Katsuyoshi KANAMORI

Akira CHINO

Studies were made on the relationship between the depth and area of cut and on the rotary angles of a tool by using approximate equations. Then experiments were performed to know the effects of cutting conditions on the cutting resistance, i.e., torque and power requirements. The tested species were Katsura, *Cercidiphyllum japonicum* SIEB. ET ZUCC. and Mizunara, *Quercus crispula* BL. The former had a specific gravity of 0.49 in air-drying, a moisture content of 12.3%, and an average ring width of 1.5mm, the latter, 0.68, 12.8%, and 1.8mm. The tools used were ones made of tungsten carbide tips and 180mm in diameter. They had 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) The depth of cut can be divided into two parts, d_1 and d_2 (Fig. 2).

(2) The depth of each part is directly proportional to f_z , i.e., feed per tooth. The maximum depth of cut, calculated with the approximate equations, is 1.32 mm for d_1 and 0.32mm for d_2 . ($0.42\text{mm } f_z \text{ } 2.86\text{mm}$) (Fig. 3).

(3) The area of cut is shaped like the letter Γ , and it can also be divided into two parts, A_1 and A_2 (Fig. 4). The maximum areas of cut were calculated for the two parts, and when added, they amounted to 1.99mm^2 in this experiment (Fig. 5).

(4) The cutting resistance increases linearly as the feed speed and the feed per tooth become larger; the coefficient of the correlation is 0.98 to 0.99 (Fig. 6).

(5) As a result of the previous finger milling, the cutting resistance is reduced more greatly for Mizunara than for Katsura (Fig. 8).

本報では、フィンガー切削による切込み量と切削面積について近似式から考察したのち、切削抵抗(トルク、切削所要動力)に及ぼす切削条件の影響について実験から検討を加えた。被削材は、カツラ材とミズナラ材とした。供試工具は直径180mmの超硬合金製ウイングカッターとし、

フィンガー形状は長さ11.4mm, ピッチ4.0mm 底部幅0.8mm, 傾伸比1/9.5 (6°), とした。結果を要約すると次のとおりである。

- (1) フィンガー切削における切込み量は, 2つに分けて考えることができる。それは, 周刃フライス削りのように半径方向のすくい面の幅全体が作用する部分 (d_1) とそうでない部分 (d_2) である (第2図)。
- (2) 2つの切込み量は, 一刀当たり送り量 (f_z) に比例する。本実験の範囲 ($0.42\text{mm} < f_z < 2.86\text{mm}$) で切込み量の概略値は, d_1 が $0 \sim 1.32\text{mm}$, d_2 が $0 \sim 0.32\text{mm}$ の値を示す (第3図)。
- (3) 切削面積はV字型の形状をしており, 切込み量と同様に2つに分けて考えることができる (第4図)。本実験の範囲内で2つの切削面積を合わせた概略値は, $0 \sim 1.99\text{mm}^2$ の値を示す (第5図)。
- (4) 切削抵抗と一刀当たり送り量及び送り速度の関係は, ほぼ直線で表される (相関係数 $0.98 \sim 0.99$) (第6図)。
- (5) 予備切削による切削抵抗の軽減効果は, カツラ材よりもミズナラ材の方が顕著である (第8図)。

1. はじめに

フィンガージョイント (F・J) による木材の縦つぎ方法は, 各種集成材の製造をはじめ, 節や曲がりなどの欠点が多い中小径造林木及び低質広葉樹等の製品化を推し進めるうえで, 重要な加工技術の一つになっている。

(財)日本住宅・木材技術センターでは, F・Jを用いた「構造用縦つぎ木材の製造基準 (案)」を提案している¹⁾。この背景には, 将来の木材の縦つぎ方法としてF・Jが広範に利用され, 定着しつつあることがあげられる。また, 現状では構造用の技術基準がないため, 集成材用ラミナ以外利用できないこともその一因である。

このようにF・Jについては, その強さや製品性能を生産現場においても確保しようとする意図から, 適正作業条件の重要さが認識されてきている。と同時に今後は, フィンガーカッターの選択, 工具切れ刃の摩耗判定ならびに工具交換時期の適正化を図る必要がある²⁾と指摘されている。

本実験では, フィンガーカッターによる切削について, 切削材長に伴う工具切れ刃の摩耗量, 切削抵抗及びフィンガー形状などとの関係を定量的に把握し, 工具交換時期の目安を得ることを終局の目的としている。しかし, フィンガー切削抵抗について検討した文献は, 数少ない³⁾。そこで本実験に先立ち, いくつかの予備

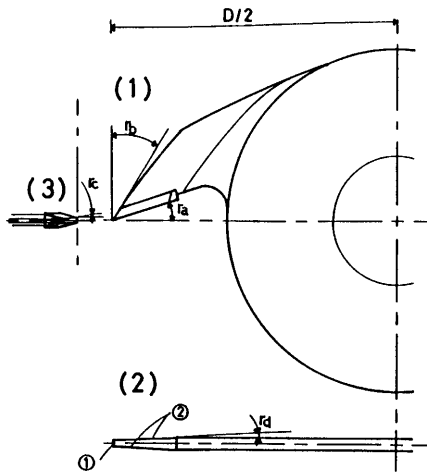
実験を行った。本報では, 切込み量と切削面積について若干の考察を加えたのち, 切削抵抗に及ぼす切削条件の影響について報告する。なお, 本報告の一部は, 第34回日本木材学会発表大会 (昭和59年4月, 名古屋市) で発表したものである。

2. 切込み量と切削面積

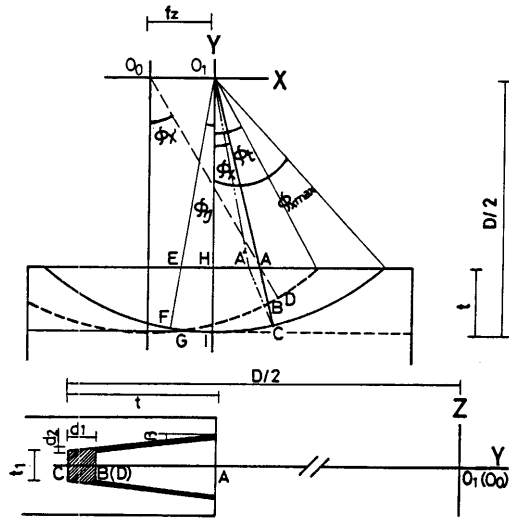
フィンガー切削による切削抵抗, 工具切れ刃の摩耗状態などを考察するとき, 切削工具の回転角と切込み量及び切削面積の関係を明らかにしておく必要がある。切込み量と切削面積の値は, 切削方式を上向き切削 (Up milling) としたとき, おもに次の3つの因子によって瞬間的に変化する。

フィンガーカッター (切削工具) の直径と刃型
主軸回転数と送り速度 (一刀当たり送り量)
切削工具の回転角 (切削弧度)

切削工具には, 第1図に示すように, 外周切れ刃と側面切れ刃がある。このうち, 外周切れ刃線の描く運動の軌跡は, 周刃フライス削りのようにトロコイド曲線で表される。一方側面切れ刃線については, 正面フライス削りのように, 切れ刃の回転面が単双曲回転面⁴⁾で表される。しかし, これら曲線や回転面の数式から厳密な切込み量と切削面積を求めることは, 数学的に困難である⁵⁾。したがって, 本報では, 外周切れ刃線の描く運動の軌跡を円, 側面切れ刃線の場合を部



第1図 ミニフィンガーカッタ(切削工具)
 外周切れ刃 側面切れ刃
 D;直径(mm) r_a ;半径方向のすくい角($^{\circ}$)
 r_b ;外周切れ刃の逃げ角($^{\circ}$)
 r_c ;側面切れ刃の逃げ角($^{\circ}$)
 r_d ;スカーフ角($^{\circ}$)
 (1)真上から見た図(2)横から見た図
 (3)刃先側から見た図
 Fig.1 Mini finger cutter (Cutting tool)
 Peripheral cutting edge
 Side cutting edge
 D;Diameter of tool [mm]
 r_a ;Radial rake angle [deg.]
 r_b ;Peripheral clearance angle [deg.]
 r_c ;Side clearance angle [deg.]
 r_d ;Scarf angle [deg.]
 (1)Up view (2)Front view (3)Side view



第2図 フィンガー切削の模式図
 d_1, d_2 :切込み量(mm) t_1 :フィンガー底部幅(mm)
 t :フィンガー長さ(mm) f_z :一刃当たり送り量(mm)
 ϕ :スカーフ傾斜比($^{\circ}$) D:切削工具の直径(mm)
 Fig. Illustration of finger milling
 d_1, d_2 :Depth of cut (mm)
 t_1 :Bottom width of finger (mm)
 t :Length of finger (mm) f_z :Feed per tooth (mm)
 ϕ :Scarf angle (deg.) D:Diameter of tool (mm)

分的に平面とみなしたときの近似式から両値を求めることとした。

第2図に示すように、切削工具の中心点 O_1 を原点とする三次元座標を考えた。軸は軸円の移動方向、Y軸は切削工具の半径方向、Z軸は切削工具の厚さ方向とした。点 O_1 と外周切れ刃の刃先点Cを結んだ直線 O_1C と被削材の交点を点Aとした。そして、この直線とY軸のなす角度を切削工具の回転角 ϕ_x とした。また、 ϕ_x は前刃による切削工具の回転角を表し、 ϕ_x と1対1で対応する。 ϕ_x と ϕ_y の関係は次式から求まる。

$$\phi_x = \arctan \left[\tan \phi_y + f_z / (D/2 - t) \right] \quad (1)$$

$$\text{ただし } \phi_y = \arccos(1 - 2t/D) \\ = \arcsin(f_z/D) [^{\circ}]$$

ここで、回転角 ϕ_x は $\angle FO_1I$ であり、側面切れ刃が前刃の削り残した部分を削り始める角度を表し

ている。直線EHの長さは、 f_z の長さの半分である。なお外周切れ刃の削り始めは点Gからであり、点Gと点Cの軸への投影長さも f_z の半分の長さである。

値の範囲は零度から ϕ 度の間も取るが、今回の実験範囲(0.42mm f_z 2.86mm , $D=180\text{mm}$, $t=11.4\text{mm}$)での ϕ のとり範囲は $-0.31 \sim -0.910$ と小さい。本文では、 ϕ 値をプラスの範囲に限定して考えた。また直線ABと直線ADの長さは、同一と仮定した。これは、今回の実験範囲における両者の差が $0.01 \times 10^{-1} \sim 0.52 \times 10^{-1}\text{mm}$ と極めて小さいことによる。さらに、切込み量及び切削面積については、切削工具の各回転角ごとにY-Z軸上に投影された断面で考えることとした。

2.1 切込み量

これまでの考え方や仮定から、まず切込み量について考える。フィンガー切削による切込み量は、周刃フライス削りのように半径方向のすくい面の幅全体が作用する部分(第2図の点Bと点Cの間)とそうでない部分(第2図の点Aと点Bの間)が存在する。これは

切削工具にスカーフ角があるので、前刃によってV字型の溝状に削られたところを次の切れ刃が切削するためである。

直線BCの長さは、外周切れ刃とこれに連続する側面切れ刃の一部が作用する切込み量 d_1 に相当する。 d_1 の概略値は、次の(2)及び(2)'の近似式で求められる。

(i) $0 < \phi_x < \phi_t$ のとき

$$d_1 = f_z \sin \phi_x \quad \dots \dots \dots (2)$$

ただし $\phi_t = \arcsin \left[\frac{2(\sqrt{t(D-t)} - f_z)}{D - 2t} \right] [^\circ]$

() $\phi_x > \phi_t$ のとき

$$d_1 = \frac{D}{2} - \left\{ \left(\frac{D}{2} - t \right) / \cos \phi_x \right\} \dots \dots (2)'$$

(2)式で計算すると、 d_1 値は $\phi_x = 0$ のとき零となるが、外周切れ刃線の運動の軌跡を正円とみなした場合は、

$$d_1 = \frac{D}{2} \left\{ 1 - \sqrt{1 - (2f_z/D)^2} \right\}$$

で示される。しかし、本文では(2)式の計算値を採用する。なお t 値は、 D が一定の値であれば、 f_z 値が小さいほど大きくなる。

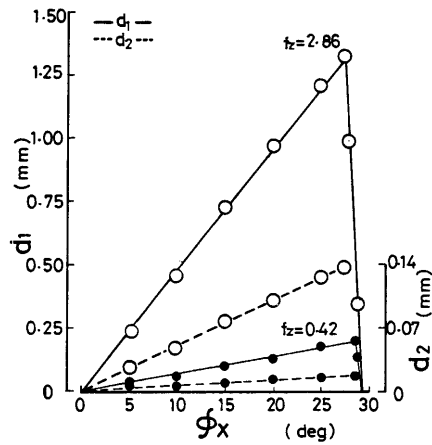
次に直線ABは、側面切れ刃のみが作用する切込み量に相当するが、ここでは計算を容易にするため、直線ABの長さにスカーフ傾斜比の正接値 ($\tan \phi_s$) を乗じた値を d_2 とする。すなわち、 d_2 の概略値は、次式から求まる。

$$d_2 = f_z \sin \phi_x \tan \phi_s \quad \dots \dots \dots (3)$$

ただし $0 < \phi_x < \phi_t$

ϕ_s : スカーフ傾斜比 [$^\circ$]

このようにフィンガー切削の切込み量は近似式から計算可能であり、回転角 ϕ_x が零から ϕ_t 度の範囲であれば両値とも f_z 、 $\sin \phi_x$ に比例する。なお、上述の近似式では、切削工具の半径方向のすくい角による影響を無視している。すなわち、外周切れ刃線は第2図の点C上にあるが、側面切れ刃線は点Aに重ならず点Aと交わる。しかしながら、回転角 ϕ_x の値は、極めて小さく、最大で約 0.3° であるため、この



第3図 切込み量と切削工具の回転角
 $D=180\text{mm}$, $t=11.4\text{mm}$, $\phi_s=6^\circ$
 Fig. 3 Calculated depth of cut and rotary angle of tool

影響を無視している。

第3図は、切込み量と回転角の関係を近似式から求めた計算例である。 d_1 及び d_2 と ϕ_x の関係は、 d_1 及び d_2 が最大値をとるまでの ϕ_x の範囲においてほぼ直線とみなすことができる。これは、 ϕ_x の実用上の範囲では $\sin \phi_x$ の曲線をおおむね直線に置換しても良いからである。 d_1 値は、回転角 ϕ_x が ϕ_t よりも大きくなると、ほぼ直線的に低下する。したがって d_1 と ϕ_x の関係は、おおむね三角形の形で表現することができる。なお、 d_2 値は、(3)式で明らかのように、 d_1 値に $\tan \phi_s$ を乗じたものと等しい。

2.2 切削面積

切削工具の各回転角における切削面積は、 d_1 と d_2 の切込み量に關与する二つの部分の和で表される。つまり、第2図の斜線部分 (A_1) と黒く塗った部分 (A_2) の合計である。 A_1 と A_2 の概略値は、次の近似式から求まる。

$$A_1 = d_1 (t_1 + d_1 \tan \phi_s) \quad \dots \dots \dots (4)$$

ただし d_1 : $0 < \phi_x < \phi_t$ のとき $d_1 = f_z \sin \phi_x$
 $\phi_x > \phi_t$ のとき $d_1 = \frac{D}{2} - \left\{ \left(\frac{D}{2} - t \right) / \cos \phi_x \right\}$

$$d_1 = \frac{D}{2} - \left\{ \left(\frac{D}{2} - t \right) / \cos \phi_x \right\}$$

t_1 : フィンガー底幅 (mm)

$$A_2 = 2d_2 \left\{ \frac{D}{2} - \left(\frac{D}{2} - t \right) / \cos \phi_x - f_z \sin \phi_x \right\} \quad \dots \dots (5)$$

ただし $0 < \phi_x < \phi_t$

第4図は、切削面積と回転角の関係を近似式から計算した一例である。A₁と回転角の関係は、切込み量d₁の場合と同様に、ほぼ三角形の形状で表現される。また、A₁値は、f_z、t₁、tan βなどが大きくなれば増大する。A₁の最大値は、回転角がφ_tのときに現れる。

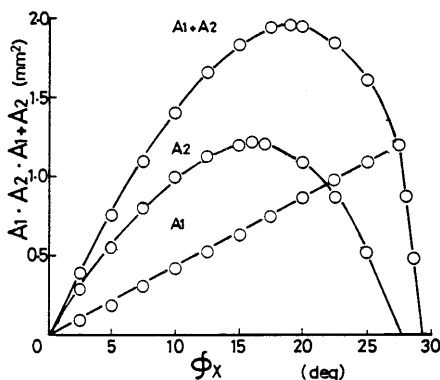
一方、A₂と回転角の関係は曲線で表され、A₂値はf_zなどが大きくなると増大する。A₂の最大値が現れる回転角φ_xは、次のようにして求められる。まず、(5)式をφ_xで一回微分すると、

$$\frac{dA_2}{d\phi_x} = \frac{f_z \tan \beta}{\cos^3 \phi_x} [\cos^3 \phi_x (D - 4 f_z \sin \phi_x) - (D - 2t)]$$

となり、 $\frac{dA_2}{d\phi_x} = 0$ とおくと、 $d_1 = f_z \sin \phi_x$ から、求める回転角φ_xは次式で表される。

$$\phi_x = \arccos \left[\frac{(D - 2t) - (D - 4d_1)}{D - 4d_1} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

(6)式から求まるφ_x値は、d₁もφ_xの関数で表されることから、d₁のとり値によってある範囲の中に存



第4図 切削面積と切削工具の回転角

D=180mm, t=11.4mm, f_z=2.80mm, β=6°

Fig. 4 Calculated area of cut and rotary angle of tool

Diameter of tool : 180mm, Length of finger : 11.4mm, Feed per tooth : 2.80mm
Scarf angle : 6 deg.

在することになる。例えば、D=180mm, t=11.4mmのとき、d₁値は0~1.32mmの範囲を示すので、A₂の最大値はφ_xが15.20~17.06°の間に存在することになる。実際に回転角を0.5°ごとに計算してみると、A₂の最大値はφ_xが16.0°のときに現れる。

A₁とA₂を合わせた(A₁+A₂)値は、0 < φ_x < φ_tの条件では曲線、φ_t < φ_x < arc cos(1 - 2t/D)の条件ではほぼ直線で表される。この最大値が現れる回転角φ_xは、次のようにして求められる。(4)式と(5)式を合わせたものを、φ_xで一回微分すると、

$$\frac{d(A_1 + A_2)}{d\phi_x} = \frac{f_z}{\cos^3 \phi_x} [\cos^3 \phi_x (t_1 - 2 f_z \sin \phi_x \tan \beta + D \tan \beta) - \tan \beta (D - 2t)]$$

となる。ここで $\frac{d(A_1 + A_2)}{d\phi_x} = 0$ とおくと、 $d_1 = f_z \sin \phi_x$ から、求める回転角φ_xは次式で表される。

$$\phi_x = \arccos \left[\frac{2 \tan \beta (\frac{D}{2} - t)}{t_1 + \tan \beta (D - 2d_1)} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

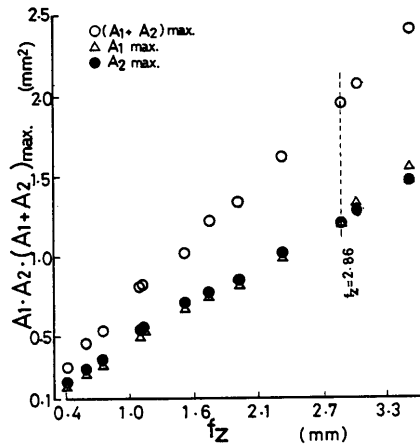
(7)から求まるφ_x値は、(6)式の場合と同様に、ある範囲で表される。ここで、t₁=0.8mm, β=6°その他のDやtの値を上述の例と同一にすると、φ_x値は18.74~19.44°となる。回転角を0.50°ごとに計算した(A₁+A₂)の最大値は、19.0°に現れる。

第5図は、最大切削面積と一刃当たり送り量の関係を示したものである。f_z=2.86mmの場合、A₁とA₂の最大値はともに1.21mm²である。なお、A₁maxとA₂maxこの値は、f_zが2.86mmよりも大きくなると、A₁maxの方がA₂maxよりも低い値を示していたこれまでの関係が逆転する。

3. 実験方法

3.1 切削装置

本装置は、材料テーブルが固定式で、切削工具を油圧で移動させる機構のものである。切削方式は上向き切削である。切削工具の送り速度は油圧調整バルブに



第5図 近似式から計算した最大切削面積と一刃当たり送り量
 $D=180\text{mm}$, $t=11.4\text{mm}$, $\alpha=6^\circ$
 Fig. 5 Maximum value of area of cut calculated with approximate equations and feed per tooth
 Diameter of tool : 180mm
 Length of finger : 11.4mm
 Scarf angle : 6 deg.

よって可変することができ、本実験では5水準 (2.24, 4.02, 6.18, 8.27, 10.30m/min) とした。主軸回転数は、プリー径比とモータ (定格出力; 5.5kW) の極数変換によって3段階に切り換えられるが、今回は1800, 2700rpmの2水準とした。なお、本装置には他に2つのカッター軸がある。一つは端切り (耳すり) 用、もう一つは予備切削 (荒削り) 用である。

3.2 被削材と供試工具

実験には北海道産のカツラ材 (気乾比重 r_u 0.49, 含水率MC12.3%, 平均年輪幅RW1.5mm) とミズナラ材 (r_u 0.68, MC12.8%, RW1.8mm) を用い、フィンガー切削面が板目 (この面は、木口切削に近い板目の横切削になる。) となるように試験材を調整した。試験材の寸法は、厚さ25mm, 幅100mm, 材長約1mとした。

切削工具は、兼房刃物工業 (株) 製による直径180mmの超硬ウイングカッターを供試した。切削工具の半径方向すくい角, 外周切れ刃の逃げ角, スカーフ角及び側面切れ刃の逃げ角は, それぞれ $19^\circ, 25^\circ, 6^\circ, 6^\circ$ である。また、フィンガー形状は、ピッチ4.0mm, 底部幅0.8mm, スカーフ傾斜比1/9.5 (6°), 長さ11.4mmである。

3.3 切削抵抗の測定方法

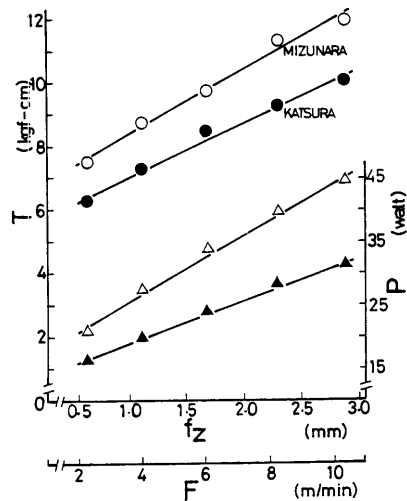
本実験では、切削抵抗としてトルクと切削所要動力を測定した。切削トルクは、トルク変換器 (容量5kgf-m), 動ひずみ計を経て一時データレコーダに記録したのち、電磁オシログラフ (ガルバノメータの固有振動数1k Hz) の記録紙上に出力信号波形を描かせ、この波形図から切削時の最大波高値と空転時の平均波高値の差を求め、これをトルク値に換算して求めた。同一切削条件による測定回数は3回とし、その算術平均値を測定値とした。なお、トルク変換器は、モータ主軸とシャフトの間に軸受を介してフレキシブルカップリングを用いて取り付けられた。

切削所要動力は、電力用トランスデューサを用いて電力をmVに変換し、これをペン書きレコーダの記録紙上に描かせ、切削時と空転時の差値を消費電力に換算して求めた。この測定は、切削トルクの測定と同時にを行った。

4. 実験結果及び考察

4.1 切削抵抗に及ぼす一刃当たり送り量の影響

第6図は、主軸回転数1800rpm, 切削工具1枚による一刃当たり送り量 (f_z) あるいは送り速度 (F) と



第6図 切削抵抗と一刃当たり送り量 (送り速度)
 Fig. 6 Cutting resistance and feed Per tooth (feed speed)

切削トルク (T), 切削所要動力 (P) の関係を示したものである。T及びPは、 f_z あるいはこれに対応するFに比例して直線的に増大する傾向を示した。以下に本実験の範囲内における回帰直線とその相関係数 (r) を示す。

1800rpmの場合；

カツラ $T = 1.70f_z + 5.32$ ($r=0.99$)

$P = 6.74f_z + 12.23$ ($r=0.99$)

ミズナラ $T = 2.04f_z + 6.35$ ($r=0.99$)

$P = 10.44f_z + 15.11$ ($r=0.99$)

2700rpmの場合；

カツラ $T = 1.26f_z + 4.44$ ($r=0.99$)

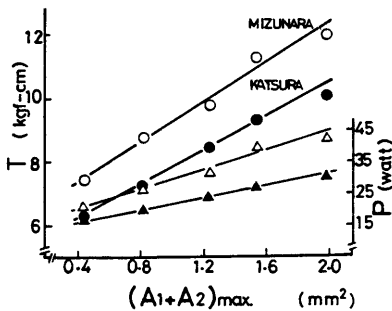
$P = 7.46f_z + 17.93$ ($r=0.99$)

ミズナラ $T = 1.63f_z + 4.76$ ($r=0.98$)

$P = 11.54f_z + 21.15$ ($r=0.98$)

主軸回転数が2700rpmの回帰直線は、同1800rpmの回帰直線上に乗らずに傾きがやや緩やかとなる。したがって両方の主軸回転数について測定値をプロットした回帰直線の相関性は少し悪くなり、相関係数は0.78から0.87の値を示した。

第7図は、切削抵抗と最大切削面積 ($A_1 + A_2$) max の関係を示したものである。切削トルクと切削所要動力は、最大切削面積の増大に伴ってほぼ直線的に増加する傾向を示した。これは、第5図に示したように ($A_1 + A_2$) max と f_z の関係がほぼ直線的であるためと考えられる。なお、($A_1 + A_2$) max の値の中で、 A_1 max と A_2 max の値がどのくらいの割合で切削抵抗に



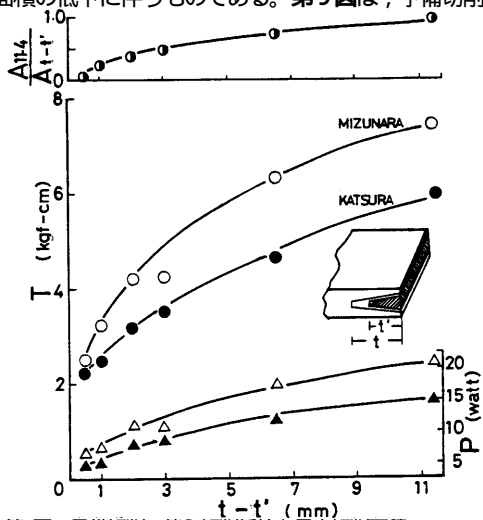
第7図 切削抵抗と最大切削面積
Fig.7 Cutting resistance and Maximum value of area of cut

関与しているのか、換言すると、切削抵抗にかかわる切削面積の中で A_1 と A_2 の重みが異なることが予想される。ここでは、この点に関する影響は触れていない。

4.2 切削抵抗に及ぼす予備切削の影響

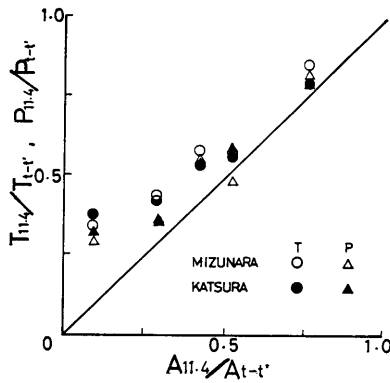
第8図は、予備切削が切削抵抗に及ぼす影響について示したものである。予備切削の切削工具は本切削と同一形状のものを用い、この切削条件は f_z が1.24mm (主軸回転数1800rpm, 送り速度2.24m/min) とした。前処理としての予備切削の効果は、カツラ材よりも比重の高いミズナラ材の方が顕著であるこのが分かった。例えば、ミズナラ材に目的とするフィンガー長さの約半分の長さで予備切削をすることにより、カツラ材の予備切削をしない場合と同等の切削抵抗を示している。予備切削の効果は、高比重材はほど高いと考えられる。

予備切削による切削抵抗の軽減は、切込み量と切削面積の低下に伴うものである。第9図は、予備切削に



第8図 予備切削に伴う切削抵抗と最大切削面積の低減
 $A_{11.4}$; フィンガー長さ (t) が11.4mmのときの最大切削面積
 $A_{t-t'}$; tが同じく11.4mmで、予備切削時のフィンガー長さがt'のときの最大切削面積

Fig. 8 Relation to cutting resistance, maximum area of cut and previous finger milling.
 $A_{11.4}$; Maximum area of cut when t (length of finger) is 11.4 millimeters.
 $A_{t-t'}$; Maximum area of cut when length of previous finger milling is t' millimeters.



第9図 予備切削による切削抵抗と切削面積の低減比率

$T_{11.4}, P_{11.4}$: フィンガー長さ (t) が 11.4mm のときの切削トルクと切削所要動力
 T_{t-t}, P_{t-t} : t の値が 11.4mm で、予備切削時のフィンガー長さが t のときの切削トルクと切削所要動力

$A_{11.4}, A_{t-t}$: 第8図参照
 Fig. 9 Reduction - ratio of cutting resistance and area of cut with previous finger milling
 $T_{11.4}, P_{11.4}$: Cutting torque and power requirement when t (Length of finger) is 11.4 millimeters.
 T_{t-t}, P_{t-t} : Cutting torque and power requirement when t (Length of previous finger milling) is t millimeters.
 $A_{11.4}, A_{t-t}$: See to Fig. 8.

よる切削面積と切削抵抗の各々の低減率の関係をプロットしたものである。図中の太線は、両者が正比例の関係にあると仮定した場合を示している。(t-t)の値が小さい場合は、切削面積の低減ほどには切削抵抗の軽減を期待できないことが分かった。これは、切削装置自体の剛性にも起因するが、断続切削特有のびり現象も一因と考えられる。

5. まとめ

フィンガー切削による工具寿命試験を実施するにあたり、切削工具の回転角と切込み量及び切削面積について若干の考察をしたのち、切削抵抗(トルク, 切削所要動力)に及ぼす切削条件の影響について検討を加えた。

結果を要約すると、次のとおりである。

(1) 切込み量は、周刃フライス削りのように半径方向のすくい面の幅全体が作用する部分 (d_1) とそうでない部分 (d_2) に分けて考えることができる。 d_1 と d_2 の概略値は、(2), (2) 及び(3) の近似式から求められる。

(2) 切削面積は、切込み量と同じように、 A_1 と A_2 に分けて考えることができる。 A_1 は、外周切れ刃とこれに連続する側面切れ刃の一部によって削られる部分である。 A_2 は、側面切れ刃だけで削られる部分である。 A_1 と A_2 の概略値は、(4), (5) の近似式から求められる。

(3) 切削抵抗は、一刃当たり送り量若しくは送り速度との間に一次回帰式が成り立つ。また、切削抵抗は2つの切削面積を合計した最大値の増大に伴い、おおむね直線的に増加する傾向を示す。

(4) 予備切削による切削抵抗の低減効果は、カツラ材よりも比重の高いミズナラ材の方が顕著である。予備切削時のフィンガー長さをあまり長くすると、これに伴う切込み量あるいは切削面積の低減ほどには切削抵抗が低減しない。

なお、本実験の遂行にあたり、ご指導とご助言をいただいた倉田久敬木材部長ならびにデータの取りまとめにご協力いただいた加工科石井誠研究員に対し、ここに記して感謝します。

文献

- 1) 日本住宅・木材技術センター継接合委員会: 木材工業, 40, 4, 25-31 (1985)
- 2) 有馬孝礼: 木材工業, 39, 10, 10 (1984)
- 3) 横地秀行ほか: 第34回日本木材学会要旨集, P49 (1984)
- 4) 同上: 木材学会誌, 24, 11, 817 (1978)
- 5) 森 稔: 九大演習林報告, 第39号, P8 (1966)
- 6) 益子正巳: 精密機械, 30, 1, 61 (1964)

- 木材部 加工科 -
 (原稿受理 昭60.8.21)