

## 学 位 論 文 題 名

## 二次元切削時の木材の比切削抵抗に関する実験的研究

## 学位論文内容の要旨

木材機械加工はそのほとんどが切削加工であるが、切削中に生じる切削抵抗は切削加工機械の所要動力、製品の品質、工具寿命などと直接関係があり、最適切削条件の決定や切削機構の究明などにも基礎となる。二次元切削における切削抵抗は、切削面内で切削方向に作用する主分力とそれに垂直に作用する背分力の両分力で表されるが、比切削抵抗とは切屑の単位切削断面積当たりの主分力であって、切削抵抗を取り扱う際の1つの基準単位として不可欠なものである。しかし、従来木材比切削抵抗と切削諸条件との関係などについては系統立った研究がほとんど行われていない。比切削抵抗はまた、切込量の小さい範囲では切込量の減少と共に次第に顕著に増大する。このような現象は比切削抵抗の寸法効果と呼ばれるが、その原因についても詳細な検討は行われていない。そこで、木材比切削抵抗に関する系統的研究を目的とし、平削りの二次元切削においての実験的検討を行ったが、本論文はその成果をまとめたものである。

第1章緒論では、切削理論における比切削抵抗の位置付けと既往の研究の概要および本研究の必要性和目的を述べた。

第2章では、刃先角度が木材比切削抵抗と切込量との関係に及ぼす影響を明らかにし、寸法効果の原因について考察した。比切削抵抗  $K_m$  と切込量  $t$  との間には、すくい角  $\gamma$  と逃げ角  $\alpha$  の大きさに関係なく、繊維の走向に対する基本的な3切削方向のいずれの場合も比切削抵抗の寸法効果が見られ、 $K_m$  と  $t$  との間には次の関係が成り立つ。すなわち、

$$K_m = A t^{-n} \quad (1)$$

上記の結果から  $K_m$  の値は  $A$  および  $n$  の値によって表示するのが合理的であることを明らかにした。式(1)中の  $A$  の値はすくい角  $\gamma$  の増大と共に減少し、 $n$  の値は増大する傾向であった。 $A$  と  $\gamma$ 、 $n$  と  $\gamma$  との関係に対してはそれぞれ直線回帰を行い、実験式を求めた。 $A$  および  $n$  の値は逃げ角  $\alpha$  の値によってはほとんど変化しなかったので、この場合の  $A$  および  $n$  の値は平均値で表した。

一方、比切削抵抗の寸法効果は木材切削の場合、主分力よりも背分力の方にやや強く現れ、このような傾向はすくい角の減少に伴ってますます強まってゆくことを明らかにした。

木材比切削抵抗の寸法効果の原因としては、工具切れ刃の不可避的丸味による押しならしに対す

る抵抗、同じくその丸味によるすくい面先端付近でのすくい角の減少、木材の切削抵抗に比較的高い比率を占めている分離抵抗の影響であることを明らかにした。

第3章では、刃先丸味が比切削抵抗 $K_m$ と切込量 $t$ との関係に及ぼす影響において、刃先丸味半径 $\rho$ が変化しても $K_m$ と $t$ の間には常に式(1)と同様な関係が成り立つことを明らかにした。式中の $A$ の値は刃先丸味半径 $\rho$ の増大と共に増加し、 $n$ の値も横切削の時を除いて増加する傾向であった。それらの関係に対してはそれぞれ直線回帰を行い、実験式を求めた。横切削の時は $\rho$ が変化しても $n$ はほとんど変わらなかったため、この場合の $n$ の値は平均値で表した。なお、 $K_m$ は $\rho$ の僅かな増大に対して非常に鋭敏に増加し、特に切込量の小さい領域での増加が著しかった。これは工具切れ刃の丸味が比切削抵抗の寸法効果の主因であることを裏付ける。

第4章では、木材比重が比切削抵抗 $K_m$ と切込量 $t$ との関係に及ぼす影響において、 $K_m$ と $t$ の間には木材の比重 $r_o$ に関係なく、常に式(1)と同様な関係が成り立つことを明らかにした。式中の $A$ の値は比重 $r_o$ の増大と共に増加した。 $A$ と $r_o$ との関係に対しては二次曲線回帰を行い、実験式を求めた。 $n$ の値は $r_o$ が増大してもほとんど変化しなかったため、 $n$ の値は平均値で表した。

第5章では、刃先丸味部分にかかる切削抵抗と比切削抵抗との関係においては主分力 $R_H$ に対する刃先丸味部分にかかる切削抵抗(工具刃先丸味部分による押しならしに対する抵抗)の切削方向の分力 $R_H'$ の割合 $r=(R_H'/R_H)\cdot 100$ を求め、 $r$ は刃先丸味部分の比切削抵抗に対する寄与の仕方と程度を示すものであることを明らかにした。 $R_H'$ は刃先丸味半径 $\rho$ の増大と共にほぼ直線的に増大し、 $\rho$ が比較的大きい場合、 $t$ が正常な切屑の出る限度にまで小さくなると $r$ の値は70%以上にも達することがあった。また、 $r$ の値は一般に $t$ が0.1~0.2 mm以下の範囲で急激に増大した。これは工具切れ刃の丸味が比切削抵抗の寸法効果の主因であることを定量的に示している。

第6章では、旋削における切削面の温度と比切削抵抗との関係を明らかにした。切削面温度と切込量との間には比切削抵抗の寸法効果と類似な関係が成り立ち、刃先の摩耗量が大きいほど切削面の温度も高くなった。切削面温度 $\theta$ と比切削抵抗 $K_m$ および背分力 $R_v$ の間にはそれぞれ直線関係が成り立ち、 $\theta$ の値は $K_m$ および $R_v$ の増大に従って高くなった。

第7章総括では、主に木材比切削抵抗の汎用推定式を誘導し、事例を挙げその実用性を論じた。本研究で得られた上記のそれぞれの実験式に基づき、切込量 $t$ 、すくい角 $\gamma$ 、逃げ角 $\alpha$ 、刃先丸味半径 $\rho$ 、木材比重 $r_o$ および繊維走向に対する切削方向などの因子を同時に考慮した次のような $K_m$ の汎用推定式を誘導した。すなわち、

$$K_m = A t^n \sigma_s \sigma_\rho \quad (2)$$

ただし、 $A$ 、 $n$ 、 $\sigma_s$ 、 $\sigma_\rho$ の値はそれぞれ繊維走向に対する切削方向によって異なり、 $A$ および $n$ は $r_o$ と、 $\sigma_s$ は $\gamma$ と、そして $\sigma_\rho$ は $\rho$ と関係ある定数である。式(2)により、木材切削抵抗と木材加工機械の動力の計算ができ、送り速度、切込量、刃先角度など最適切削条件の決定が可能である。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 平 井 卓 郎

副 査 教 授 大 谷 諄

副 査 教 授 寺 尾 日出男

## 学 位 論 文 題 名

### 二次元切削時の木材の比切削抵抗に関する実験的研究

本論文は総頁数151頁、図58、表19からなる和文論文で、他に参考論文11編が添えられている。

木材の機械加工はその大半が切削加工であるが、切削加工機械の所要動力や工具寿命、製品の加工精度や品質は、切削時に生じる切削抵抗と密接に関係する。切削抵抗は、切削方向に作用する主分力と、それに垂直方向の背分力に分解され、特に主分力が重要である。切削抵抗の主分力は切込量と幅によって異なるので、まず単位切削断面積あたりの値、すなわち比切削抵抗を求めておく必要がある。比切削抵抗は一般に切込量に依存する寸法効果を示し、その減少にともなって加速度的に増大する。したがって、木材の切削抵抗を定量評価するには、この寸法効果を含んだ形で、比切削抵抗を把握しておく必要がある。

しかし、木材の比切削抵抗と切削諸条件との関係については、本論文以前には系統だった研究がほとんど行われていない。本論文では主として平削りの二次元切削に対し、切削諸条件を考慮した詳細な実験的検討を加え、適正切削条件設定や所要動力計算の基本となる、比切削抵抗の汎用推定式(実験式)を提案している。

第一章では、切削理論における比切削抵抗の位置付けと既往の研究の概要、本論文の必要性和具体的な目的を述べている。

第2章では、基本的な3切削方向(縦切削、横切削、木口切削)について、すくい角、逃げ角が比切削抵抗  $K_m$  と切込量  $t$  の関係に及ぼす影響について実験的検討を加え、(1)式のような実験式を適用することにより、比切削抵抗を寸法効果を含んだ形で表せることを示している。ただし、 $A$ 、 $n$  は実験定数である。

$$K_m = At^n \quad (1)$$

(1)式中の実験定数については、 $A$ 、 $n$  とすくい角との間にそれぞれ直線関係が認められること、 $A$ 、 $n$  とともに逃げ角にはほとんど影響されないことを明らかにしている。

また、木材切削における比切削抵抗の寸法効果の発生機構について考察を加えるとともに、この寸法効果が主分力よりも背分力に対しやや強く現れること、この傾向がすく

い角の減少とともに強まってゆくことも明らかにしている。

第3章では、刃先丸味が比切削抵抗と切込量との関係に及ぼす影響について同様な実験的検討を加え、刃先丸味半径に関わらず(1)式が適用出来ることを示している。また、横切削における定数  $n$  と刃先丸味半径との関係を除いて、定数  $A$ 、 $n$  と刃先丸味半径との間には直線関係が認められることを示している。

第4章では、中国産17樹種について同様な実験を行い、木材比重が比切削抵抗と切込量との関係に及ぼす影響について検討を加えている。その結果、(1)式が木材の広い比重範囲において適用可能なこと、定数  $A$  と比重との間には2次曲線関係が認められること、定数  $n$  は比重に依存しないことを示している。

第5章では、刃先丸味部分による押しならしに起因する、部分的な切削抵抗と比切削抵抗との関係について詳細な考察を加え、押しならしに起因する切削抵抗の総切削抵抗に占める比率が切込量  $l$  に大きく依存すること、このことが比切削抵抗に寸法効果を生じさせる主因となっていることを明らかにしている。

第6章では、旋削による切削実験により、比切削抵抗と密接な関係にある切削面温度変化について実験的検討を加え、切削面温度と切込量との間にも、(1)式と同様な寸法効果が認められることを示している。

第7章では、本論文を総括し、第2、3、4章の実験結果に基づいて(2)式のような比切削抵抗の汎用推定式を提案し、実際の切削条件を想定した試算例を挙げながら、その実用的意義を明らかにしている。

$$K_m = Af^n \sigma_s \sigma_r \quad (2)$$

ただし、 $A$ 、 $n$  は木材比重の関数、 $\sigma_s$  はすくい角の関数、 $\sigma_r$  は刃先丸味半径の関数である。

以上の研究成果は木材切削機構の基礎的解明に寄与するのみならず、切削加工機械や工具の開発、木材の加工工程におけるエネルギー消費低減など、木材の機械加工における実務資料としても極めて有用である。

よって審査員一同は、朴永守が博士(農学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。