

丸のこの切削振動に及ぼす  
外周スリットとハンマリングの効果

1997.1

西尾 悟

氏名(本籍)	西尾 悟(岐阜県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第63号
学位授与年月日	平成9年3月25日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	丸のこの切削振動に及ぼす外周スリットとハンマリングの効果
学位論文審査委員	(主査)教授 丸井悦男 (副査)教授 藤井 洋 教授 武藤高義 教授 長谷川典彦

## 論文内容の要旨

超硬チップを円板状の合金にろう付けした丸のこ，いわゆるチップソーが木材の切削に広く用いられている。この丸のこの合金は横方向（合金の厚さの方向）に振動しやすいものである。振動が発生すると，切り口が広がることによる材料の損失や騒音が増加し，切削精度や表面品質，工具寿命が低下する。このため生産能率も低下して，生産コストが上昇する。木工機械や刃物のメーカーは，丸のこによって加工した材料の表面品質や切削精度を上げ，切り口損失を減少させることに努力している。さらに，作業環境の改善のためにも振動している合金から発生する騒音を低下させることが重要になってきている。

第1章では，丸のこの振動問題に関する従来の研究を分類し，整理している。基礎的な研究は1950年代から始まり，ここ20年間で著しく進歩してきた。しかしながら，丸のこの振動には作業条件，作業環境，木材の性質，丸のこの特性等が複雑に関与しているので，その原因を解明し，振動を完全に防止するには至っておらず，実際の切削では重要な問題で未解決のまま残されているものが多いことを述べている。そこで本論文では，丸のこで木材を切削した場合に合金に発生する各種の横振動を抑制する基本的で実用的な方法の開発を目的とし，外周スリットとハンマリングの効果を検討することにした。

第2章では，丸のこ合金の外周部に等間隔で同じ長さの半径方向スリットを入れた場合の固有振動モードと固有振動数について検討している。その結果，外周スリットによる丸のこの振動モードの複雑な変化を外周スリットの長さとの固有振動数の関係より予測できること，また有限要素法による解析によっても容易に明らかにしうることを示している。また，節円数と節直径数が同じである振動のモードには二つのタイプがあり，外周スリットが長くなるとこれらの二つのモードの固有振動数の差が大きくなることを明らかにしている。

第3章では，臨界回転数以下の回転数領域で木材を切削したときに発生する合金の横振動に対する外周スリットの効果について検討している。その結果，外周スリットのない丸のこでは，のこ歯に作用する切削力による断続励振力の周波数と合金の固有振動数とが一致する共振現象により節円数と節直径数が同じである

二つのモードが連成した進行波が励起することを明らかにした。外周スリットを切ることによってこれらの二つのモードの固有振動数の差を大きくすると、進行波が励起しにくくなるが、固有振動数の差を大きくしすぎると、二つの独立したモードの定常振動が発生することを明らかにしている。

第4章では、丸のこ台金の特定の領域内に施したハンマリング、いわゆる部分ハンマリングと、外周スリットとを組み合わせた丸のこにおいて、臨界回転数および固有振動数を測定している。また、臨界回転数以下の回転数領域で木材を切削したときに発生する台金の横振動の測定から、この振動を抑制するための方法についても検討している。その結果、従来の標準的な均一ハンマリングの場合と同様に、部分ハンマリングによっても丸のこ台金の臨界回転数を上昇させることを明らかにしている。標準的な均一ハンマリングには切削中の横振動の抑制効果は認められない。一方、部分ハンマリングによって節円数と節直径数が同じである二つのモードの固有振動数の差を大きくするとこれらの二つのモードの振動が連成した進行波が励起しにくくなることを示している。

第5章では、第2章の結果を参考にして、最低臨界回転数域あるいはこれ以上の回転数域において木材を切削したときの台金の変形挙動を、種々の外周スリット長さについて検討している。外周スリットのない丸のこによって最低臨界回転数以上の回転数領域で木材を切削すると、後進波の周波数が0である最低臨界回転数に相当するモードの定在波が励起するが、外周スリットを切ることによって、定在波が励起しにくくなることを明らかにしている。

第6章は、結論で、本論文全体を通して明らかにすることができた切削時に丸のこの台金に発生する各種の横振動の抑制に効果の大きい外周スリットとハンマリングの手法について述べ、全体のまとめとしている。

## 論文審査の結果の要旨

丸のこの切削振動には作業条件、作業環境、木材の性質、丸のこの特性などが複雑に作用しているので、現状では振動を防止する手段が完全には明らかにされていない。

本論文は、超硬チップを円板状の台金の外周にろう付けした丸のこ、いわゆるチップソーで木材を切削した場合に丸のこの台金に発生する各種の横振動を抑制する基本的かつ実用的な方法の開発を目的とし、外周スリットとハンマリングの効果を実験的に検討したものである。得られた主な成果は、以下の通りである。

① 丸のこ台金の外周部に等間隔で同じ長さの半径方向スリットを入れた場合の固有振動モードと固有振動数の変化を、種々のスリット本数と長さの場合について実測し、外周スリットによる丸のこ台金の振動モードの変化が外周スリットの長さとの関係より予測できることを示している。また、節円数と節直径数が同じである振動のモードには二つのタイプがあり、外周スリットが長くなるとスリット本数に対応した二つのモードの固有振動数の差が大きくなることを明らかにしている。

② 臨界回転数以下の回転数領域で木材を切削したときに発生する台金の横振動を外周スリットの本数と長さを変えて調べている。外周スリットを付与していない丸のこでは、のこ歯に作用する切削力による断続励振力の周波数と台金の固有振動数とが一致する共振により、節円数と節直径数が同じである二つの振動モードの連成した進行波が励起する。しかしながら、外周スリットを切り、二つのモードの固有振動数の差を大きくすると、これらのモードが連成した進行波が励起しにくくなることを明らかにしている。

③ 丸のこの特定の領域内にハンマリングを施す、いわゆる部分ハンマリングと、外周スリットを組み合わせた丸のこにおいて、臨界回転数、固有振動数を測定している。また、臨界回転数以下の回転数領域で木材を切削するときに発生する台金の横振動も測定し、振動を抑制するための方法についても検討している。その結果、標準的な均一ハンマリングの場合と同様に、部分ハンマリングの場合にも丸のこ台金の臨界回転数が上昇することを示している。部分ハンマリングには切削中の横振動を抑制する効果はなかったが、部分ハンマリングを施すことによって節円数と節直径数が同じである二つのモードの固有振動数の差を大きくすると、これらの二つのモードの振動が連成した進行波が励起しにくくなることを明らかにしている。

④ 臨界回転数領域あるいはこれより高い回転数領域で木材を切削したときの台金の変形挙動を種々の外周スリットの丸のこについて実験している。外周スリットのない丸のこにより臨界回転数以上の領域で木材を切削すると、定在波が発生するが、外周スリットによりそのモードの二つの固有振動数の差を大きくすると、これら二つのモードが連成した定在波が励起しにくくなることを明らかにしている。

丸のこで最も深刻な問題である切削振動の抑制を、従来は試行錯誤的に行っていた。本論文の成果により、丸のこ台金の設計段階においてこれらの振動を抑制するための手段を付与することができるようになった。この成果は、木材産業にとって大きな効果を生む可能性があるもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学術論文として価値あるものと認める。