ダイヤモンド切断砥石の振動と騒音の発生に 関する研究（第1報）*

——笛吹音に及ぼすセグメント数，スリット，固有振動の影響——

早坂謙司** 峠 直樹** 河端則次** 木下和久*** 浦野拓郎†

Investigation on Generation of Vibration and Noise of Diamond Circular Saw Blades
(1st Report)

—Effect of Number of Segments, Slits, and Natural Vibration on Whistling Noise—

Kenji HAYASAKA, Naoki TOUGE, Noritsugu KAWABATA,
Kazuhisa KINOSHITA and Takuro URANO

Generally, a diamond circular saw blade generates the vibration and the noise when it is rotating at high speed. Under the specific condition, the noise called “whistling noise” which has sound pressure level of over 110 dB occurs. This whistling noise causes working environmental pollution. In this paper, the effects of the number of segments, the slits, and the natural vibration of the blade on the generation of whistling noise were investigated experimentally. The main results obtained are as follows: (1) The generation of whistling noise is influenced by the rotational speed of the blade. (2) The rotational speed generating the whistling noise increases with an increase of number of segments. (3) The generation of the whistling noise is concerned with the natural vibration and the peripheral air flow of the blade due to the slits.

Key words: circular saw, blade, vibration, noise, whistling noise, natural vibration, air flow, power spectrum

1. 緒 言

石材の切断加工などに多く使用されているダイヤモンド切断砥石（以下ブレードと称す）は，高速回転中に騒音と振動を発生する。

特定の運転条件によっては，笛吹音と呼ばれる高周波の騒音を発生する。笛吹音の発生レベルは，110 dBを超えることがあり，騒音公害を引き起こすとともに，切断の精度を著しく低下させることが知られている。製材用の丸のこの笛吹音については，その発生条件と防止法^{1)~3)}についての研究がなされているが，ブレードの笛吹音の原因とメカニズムについては，ほとんど解明されていないようである。従って本研究は，騒音の低減と加工精度の向上において，重要なテーマと言えよう。

本研究は，セグメント数の異なるブレードを用い

て笛吹音発生に及ぼすセグメント数の影響を検討した。また，スリットをふさいだブレードと積層基板のブレードを用いて，スリット部の空気流および固有振動の影響を調べた。

2. 実験方法

実験装置の概略を図1に示す。回転数はインバータを用いて1300~2000 rpmの間で変化させ，100 rpmごとにブレードの騒音レベルと側面振れの測定を行った。

Fig. 1 Schematic drawing of experimental apparatus

* 原稿受付 平成5年1月22日

** 正会員 ノリタケダイヤ(株) (福岡県浮羽郡田主丸町大字竹野210)

*** 正会員 大分大学工学部 (大分市大字旦野原700)

† 大分大学大学院 (現, 戸高製作所; 大分市大字志村2365)

Fig. 2 Experimental method for measuring natural frequency

Fig. 3 Shape of blade

Table 1 Specification of blade

Sort of blade	Sort of base	Type of slit	Segment length	Number of segment	Slit depth	Slit width	Slit hole diameter
50 ^N blade	Normal	Normal slit	32	50	17	2	φ 6
40 ^N blade	"	"	40	40	17	2	φ 6
32 ^N blade	"	"	50	32	17	2	φ 6
40 ^N shielded slit blade	"	Shielded slit	40	40	—	—	—
40 ^N laminated base blade	Laminated base	Normal slit	40	40	17	2	φ 6

騒音レベルは機械に取り付けられたブレードの鉛直下の刃先の高さを基準に回転面に対し 45° 傾け、刃先から 200 mm 離れた位置に騒音計を設置し測定した。

側面振れはブレード中心から、半径 200 mm の位置に設置した渦電流式の非接触ギャップセンサにより測定した。また、FFT アナライザにより、騒音および側面振れのデータの周波数分析を行った。

固有振動数の測定方法を図 2 に示す。直径 105 mm のフランジで水平に固定されたブレードの加振点 A に、インパルスハンマによる衝撃を与え、180° 反対の検出点 B に固着した加速度ピックアップにより振動を測定し、FFT アナライザにより周波数分析を行った。

実験に使用したブレードの形状と寸法を図 3 に、ブレードの諸元を表 1 に示す。添字が N の数字は、セグメント数を表している。40^N シールドスリットブレードは、40^N ブレードのスリットをテープでふさいだものであり、スリットによる空気の流れを変える目的で作成した。40^N 積層消音基板のブレードは、40^N ブレードと寸法、形状は同一であるが、基板を図 4 に示す積層構造にしたものであり、固有振動を変える目的で作成した。

3. 実験結果と考察

3.1 セグメント数を変えた場合の騒音と側面振れの比較

図 5 に回転数に対する音圧レベル ($20 \log P_n/P_0$,

Fig. 4 Structure of laminated base

Fig. 5 Relation between rotational speed and sound pressure level

Fig. 6 Power spectrum of sound and side displacement of 50^N blade

Fig. 7 Power spectrum of sound and side displacement of 40^N blade

$P_0=2 \times 10^{-5}$ Pa) の測定結果を示す。図中の +, ++, +++ はそれぞれ弱い笛吹音発生, 強い笛吹音発生, 非常に強い笛吹音発生を示す。

50^N ブレード (○) は, 1 300~2 000 rpm の測定範囲で音圧レベルは回転数と共に増加するが, 笛吹音の発生は見られなかった。40^N ブレード (●) においては, 回転数を増加させた場合, 1 900 rpm で急激に笛吹音が発生し, 2 000 rpm で笛吹音はさらに強くなり, 音圧レベルは最大値 114 dB を示した。32^N ブレード (△) においては, 回転数 1 500 rpm から笛吹音が発生し, 音圧レベルは回転数と共に増加し, 1 900 rpm で最高値 100 dB を示したが, 2 000 rpm では音圧レベルが低下した。

図 6, 7, 8 はそれぞれ 50^N, 40^N, 32^N ブレードの騒音と側面振れのパワースペクトルである。

50^N ブレードには, 1 300~2 000 rpm の測定範囲内で笛吹音のピークは見られなかった。

40^N ブレードの笛吹音が発生した 2 000 rpm における騒音パワースペクトルでは, 2 600 Hz, 3 050 Hz に鋭い笛吹音のピークが現れた。また, 側面振れのパ

ワースペクトルにも騒音と一致する 2 600 Hz に鋭いピークが現れた。

32^N ブレードでも, 笛吹音が発生した 1 500~2 000 rpm で騒音と側面振れのパワースペクトルに鋭いピークが現れた。

以上の結果より, 笛吹音は, セグメント数 N が多いほど, 高い回転数で発生することが明らかになった。また, 笛吹音が発生するブレード回転数では, 騒音と側面振れのパワースペクトルにおいて, 同じ周波数成分で鋭いピークが現れ, 両者のピークは, 回転が高くなるに伴って高周波側へ移行することが明らかになった。

3.2 40^N ブレードと 40^N シールドスリットブレードの比較

図 9 に 40^N シールドスリットブレード, 40^N 積層基板ブレード, および 40^N ブレードの回転数に対する音圧レベルを示す。図 10 に 40^N シールドスリットブレードの 2 000 rpm での騒音パワースペクトルを示す。

40^N シールドスリットブレードでは, 1 300~2 000

Fig. 8 Power spectrum of sound and side displacement of 32^N blade

rpmの測定範囲で笛吹音は発生しなかった。先に図7に示したように、通常の40^Nブレードにおいては2600 Hzに笛吹音のピークが見られたのに対し、図10のシールドスリットブレードには笛吹音のピークは現れなかった。

これらの結果より、ブレードの固有振動数は両者ともほぼ変わらないことから、笛吹音の発生は固有振動数との共振による励振現象のみではなくスリットの有

Fig. 9 Relation between rotational speed and sound pressure level

Fig. 10 Power spectrum of sound of 40^N shielded slit blade

無、つまり空気流の影響によるものと推測される。

3.3 40^Nブレードと40^N積層基板ブレードの比較

図11は40^Nブレードと40^N積層基板ブレードの固有振動のパワースペクトルを示す。

40^Nブレードが500 Hz以上でも高い振動レベルを

(a) 40^N blade

(b) 40^N laminated base blade

Fig. 11 Natural frequency of 40^N and 40^N laminated base blade

Fig. 12 Power spectrum of sound of 40^N laminated base blade

示すのに対し、40^N積層基板ブレードは、振動レベルが著しく低くなっており、両ブレードの固有振動が大きく異なっていることが確認された。

前出の図9には40^N積層基板ブレードの音圧レベルの測定結果を示した。また、図12には2000 rpmでの騒音パワースペクトルを示す。

先の、図7における40^Nブレードは2660 Hz、3050 Hzに笛吹音のピークが見られたのに対し、40^N積層基板ブレードには、1300~2000 rpmの測定範囲内で笛吹音のピークは見られなかった。

40^Nブレードにおいて、図7(a)の騒音パワースペクトルと図11(a)の固有振動数を対比すると、笛吹音のピーク2600 Hz、3050 Hzとはほぼ一致する2550

Hz、3000 Hzに固有振動成分が存在することが分かった。このことから、固有振動モードが笛吹音の発生に関係することが推測される。

3.2節と3.3節の結果より、笛吹音は、形状による空気の流れと、ブレードの固有振動の関係において発生するものと考えられる。

4. 結 論

本研究において得られた結果を以下に示す。

- (1) 笛吹音は特定の回転数で発生し、スリット部の空気流とブレードの固有振動に関係する。
- (2) セグメント数によって、笛吹音の発生する回転数が異なり、セグメント数が増加するほど笛吹音の発生する回転数は高くなる。

参 考 文 献

- 1) D. S. Dugdale: Discrete Frequency Noise from Free Running Circular Saws, J. Sound Vib., 10, 2, (1969) 296.
- 2) W. F. Reiter and R. F. Keltie: On the Nature of Idling Noise of Circular Saw Blades, J. Sound Vib., 44, 4, (1976) 531.
- 3) 田中千秋, 塩田洋三, 高橋 徹, 長谷川 泰: 丸鋸の金属音と空気力学的に発生する騒音の関係, 木材学会誌, 28, 8 (1982) 509.

文部省、科研費の特別推進研究・重点領域研究発表

文部省はこのほど、科学研究費補助金・特別推進研究の93年度分の交付先を発表した。同研究は国際的に高い評価を得ている研究で、とくに多額の研究費を必要とするものを重点的に援助する。今年度は新規10件、交付金額9億9800万円を含め、42件の研究課題に対して22億4500万円を交付した。

特別推進研究については次の通りである。

蒲島郁夫(筑波大学社会工学系教授) 投票行動の全国的・時系列的調査研究=日本の投票行動モデルの探究。

伊藤英司(岡山大学地球内部研究センター教授) 地球の初期分化と進化に関する実験的研究=マントル・コア分離により設定された進化の初期条件を地球化学的に解明。

福来正孝(京都大学基礎物理学研究所助教授) 広領域宇宙地図の作製と宇宙論の実証的研究=100万個の銀河、10万個の準星を観測し、宇宙地図を作製して宇宙の進化を実証的に解明。

小林俊一(東京大学理学部教授) 一電子帯電効果の研究=微小トンネル接合を使って電子の波動性と粒子性を操る。

大泊巖(早稲田大学理工学部教授) シングルイオン注入法の実現と固体物性制御への応用=1個のイオンによる極微構造半導体の制御。

小林孝嘉(東京大学大学院理学系研究科助教授) 共役高分子の超高速非線形光学特性とその発現機構=共役高分子の中で 10^{-12} s以下で引き起こされる非線形光学効果。

京極好正(大阪大学蛋白質研究所教授) 核酸構造解析のための安定同位体標識多次元NMR法の開発=NMR法を使い立体構造を決める方法を開発。

柳田充弘(京都大学理学部教授) 細胞分裂同期における染色体の伝達分配機構の研究=染色体DNAはいかにして子孫細胞に正確に伝達分配されるかを探る。

岸本忠三(大阪大学医学部教授) 免疫病の分子・遺伝子治療に関する研究=分子免疫学の成果を基盤として免疫病の解明に挑む。

木下タロウ(大阪大学微生物病研究所教授) GPIアンカー生合成系遺伝子PIG-Aのクローニングとその異常の臨床的意義の解明=モデル動物を作って難治血液病の研究。(服部 敏夫)