Squeal Noise of a Disk Brake

○准 白水 健次 (九州大) 正 末岡 淳男 (九州大)
正 劉 孝宏 (大分大)

Kenji SHIROUZU, Kyushu University, 6-10-1 Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka
Atsuo SUEOKA, Kyushu University
Takahiro RYU, Oita University, 700 Dannoharu, Oita

Key Words : Self-Excited Vibration, Frictional Vibration, Squeal Noise, Disk Brake

1. 緒 言

自動車の騒音問題の1つに、制動時に発生するブレーキの鳴き現象がある。最近のブレーキの大型化、ノンアスベスト化に伴い、従来発生していた鳴きとは全く異なるタイプの鳴きが多く発生するようになってきており、鳴きの発生メカニズムの明確化、鳴き対策の確立が急務とされている。本報では、ディスクブレーキのロータとパッドの接触部に注目して実験を行い、接触領域の変化に対する鳴き現象への影響を調べた。

2. 鳴き現象に関する実験

2.1 実験装置 実験装置の写真を図1に示す。ディスクブレーキシステムは大別すると、フローティングタイプとリジットタイプの2種類があるが、実験では、実機のフローティングタイプのディスクブレーキをそのまま使用した。実験に使用したロータの固有振動数を表1に示す。ここに、(m,s)モードとは節直径数m、節円数sのモードを表す。

2.2 基準状態での鳴き現象 最初に、基準状態におけるディスクブレーキの鳴き現象を調べた。ロータの振動波形および周波数分析結果を図2に示す。ロータの振動波形を見ると、節および腹が1周期に5個現れていて、鳴きの周波数はロータの(2,0)モードと(3,0)モードの固有振動数の間の振動数になっている。このような鳴きを以後2.5節モードの鳴きと呼ぶことにする。実験で使用したディスクブレーキの基準状態における鳴き現象のほとんどがこの2.5節

モードの鳴きであった。これは、最近のキャリパの大型化の影響でロータとキャリパの振動エネルギーの勢力がほぼ同等になってきたため、ロータが固有モード付近で振動することができず、ロータ単体としての振動モードで振動できなくなったためだと考えられる。最近のディスクブレーキの鳴きは、ほとんどがこのロータとキャリパが連成した鳴きで、低周波鳴きと呼ばれている。以下の実験では、この2.5節モードの鳴きを制振対象として注目することとする。

2.3 ブレーキ力が鳴き現象に与える影響 鳴き現象に対する制振対策を考える上で、まず、最も鳴きが発生しやすい条件を知る必要がある。一般に、ディスクブレーキの鳴き現象は、中程度のブレーキ力において良く発生し、急ブレーキや極軽くブレーキをかけた場合には発生しないことが知られている。そのことを実験で確認してみる。

ブレーキ油圧を392kPaかけた状態でロータを0.5rpsで回転させて鳴きが発生させ、鳴きが発生した状態からブレーキ油圧を98kPaずつ大きくしていき鳴きの変化を調べた。次に、同様にして、ブレーキ油圧を98kPaずつ小さくしていく実験も行った。

実験結果を表2に示す。表2中の○はそのブレーキ油圧のときに鳴きが発生していたことを示し、×は鳴きが発生していなかったことを示す。この実験結果から、ディスクブレーキの鳴き現象は、ブレーキにかかる荷重が大きすぎても小さすぎても発生せず、鳴き現象が発生する適当な荷重範囲が存在することがわかる。また、鳴きの周波数はブレーキ荷重が大きくなるにつれてロータの(3,0)モードの固有振動数に近づいている。

Fig.1 Experimental apparatus

Table 1 Natural frequency of a rotor

Natural mode	(1,0)	(2,0)	(3,0)
Natural Frequency Hz	425	1275	2785

Fig.2 Standard squeal

Table 2 Influence of pressure load upon squeal

Oil press. kPa	196	294	392	490	588	686
Squeal	×	○	○	○	×	×
Frequency Hz	—	2150	2275	2300	—	—

2.4 ロータとパッドの接触が鳴き現象に与える影響

ディスクブレーキの鳴き現象は、ロータとパッドが接触することにより発生する。そこで、パッドを周方向および半径方向に分割して各部をカットすることにより、パッドとロータ間の接触領域の変化に対する鳴き現象への影響を調べた。この実験により、鳴きのエネルギーが入力される接触領域を明らかにすることができる。

実験の際のパッドのカット領域を図3に示す。図3(a)に見るように周方向カットにおいては、パッドをほぼ8等分するように領域を設定し、実験の際には、8等分した領域のうち隣り合う2つの領域をカットした。leading側とはロータが回転してキャリパに入ってくる側、trailing側とはロータがキャリパから出て行く側のことを言う。半径方向カットにおいては、パッドを約40%で分割したもの[図3(b)]と、周方向カットとの比較をするためパッドを約25%で分割したもの[図3(c)]の2種類を用意した。実験の際には、2つもしくは4つの領域のうち1つをカットした。

実験はブレーキをかけた状態でロータを一定速度で回転させ、ロータの表面温度が70℃になるまで継続し、それを1回の実験とした。これは、実際にブレーキが使用される状態とは異なるが、実験は最も鳴きが発生しやすい条件で行うようにした。実験条件は、ブレーキ油圧490kPa、ロータの回転速度0.5rpsとした。

実験結果を図4に示す。この図は、実際に実験で使ったロータとパッドの切除位置の関係、およびその切除位置における鳴きの発生割合を示したものである。グラフの上の数字は、その切除位置における実験回数を示し、グラフの白色の部分、2.5節モードの鳴きが起こった割合、黒色の部分はそれ以外のモードの鳴きが起こった割合を表している。なお、半径方向カットに関しては、inner側パッドのカットによる影響は小さく、outer側パッドのカットによる効果の方が非常に大きいことが分かっており、outer側パッドの実験結果のみを提示することにする。実験結果から以下のことが分かる。

- (1) 周方向カットにおいて、inner側パッドのleading側をカットすることで2.5節モードの鳴きを抑えることができる。しかし、他の振動モードの鳴きが発生す

Fig.4 Influence of pad locations to be cut upon squeal

るようになる。

- (2) 周方向カットにおいて、outer側パッドのカットによる効果は小さい。
- (3) 半径方向カットにおいて、outer側パッドのロータとの内周側接触部をカットすることで鳴きを抑えることができる。しかし、周方向カットの場合と比べると、カット面積を同じにした場合半径方向カットの方が鳴きを抑える効果は小さい。

3. 結 言

鳴き現象の制振対策として、inner側パッドのleading側カットおよびouter側パッドの内周側カットが有効であることが、実験により確認された。パッドのカットは比較的簡単にできる対策であるが、鳴き現象を完全に抑えるのは難しいという欠点もある。

ディスクブレーキの鳴き現象はロータとパッドの接触領域にかかる摩擦が原因となって発生する自励振動であると考えられるが、分布接触摩擦には、自励振動を発生させる要因となる接触領域と自励振動を抑制する効果がある接触領域が存在していることがこの実験結果からわかる。