

ディスクブレーキの摩擦トルク変化に与える摩擦材料特性の影響
Effect of friction material properties on friction torque change of disc brakes

東芝（正）*森 義憲 東芝（正）伊藤 安孝

Yoshinori Mori*, Yasutaka Ito*

*Toshiba Corporation

1. はじめに

電磁クラッチ・ブレーキは駆動系の起動、停止、正転逆転、変速などの基本的動作から定位置停止、高頻度駆動、張力制御などのモーションコントロールに不可欠な機器として一般産業機械をはじめあらゆる機械で使用されている。電磁クラッチ・ブレーキに用いられるブレーキ摩擦材は、相手材である金属製ディスクとのしゅう動によって摩擦力を生み出し、代表的な特性である摩擦トルクを決定する技術においてはトライボロジーが極めて重要となる。中でも保持用ディスクブレーキの摩擦面には、静摩擦係数が大きいことに加え、摩擦係数の長期安定性および雰囲気変動時の摩擦係数の安定性などの特性が求められる。しかしながら、この摩擦係数の安定性に影響を与える要因やメカニズムについてはよく分かっていない。そこで本研究は、この保持用ディスクブレーキの摩擦トルクの変化に与える摩擦材料特性の影響を明らかにすることを目的とし、実際の保持用ディスクブレーキに適用されている複数のブレーキ摩擦材料を用いた摩擦試験および材料特性の評価を実施した。

2. 摩擦試験

2.1 摩擦材料

摩擦試験および材料特性の評価には Table 1 に示す 5 種類の摩擦材料を用いた。これらの摩擦材料はそれぞれメーカーおよび型式の異なるブレーキ装置に適用されている材料で、それぞれ未使用の装置から 10mm×20mm×t8mm の摩擦材料を切り出し、摩擦試験用の試験片とした。

Table 1 Brake materials

No.	M-1	M-2	R-1	R-2	R-3
Hardness (HRR)	40	67	-17	34	25
Surface roughness Ra (μm)	2.804	6.026	6.820	6.213	5.659

2.2 試験条件

保持用ディスクブレーキにおける経時に対する摩擦係数の安定性および雰囲気変動時の摩擦係数の安定性を評価するため、摩擦材料にあらかじめ断続的なブレーキ開閉動作および温度による状態変化を模擬的に与えた試験片を作製した。試験片の作製条件を Table 2 に示す。開閉試験では摩擦材料の表面に断続的に圧縮荷重を加え、温度変化試験では摩擦材料を恒温槽に入れて温度変化を加えた。また、開閉試験と温度変化試験の両方を実施した試験片も用意した。摩擦試験機の概略図を Fig. 2 に示す。摩擦材料の相手材となるディスクには表面粗さが Ra 1.0μm 程度の S25C 製円板（直径 130mm）を用いた。この摩擦試験では、静止したディスクの上下面に摩擦材料を接触面圧が 0.55MPa となるよう圧縮ばねで押し付けた後に、ディスクに接続されている駆動軸に徐々にトルクを加えていき、ディスクと摩擦材の接触面で滑りが生じる瞬間の摩擦力をロードセルで測定した。摩擦力の測定は各摩擦材料に対してそれぞれ 6 回実施した。

Table 2 Preliminary test conditions

Open/close cycle test	
Number of open/close	500,000 cycle
Open/close interval	20 Hz
Temperature change cycle test	
Temperature Change	50°C±20°C
High temperature retention	14h
Low temperature retention	3h
Time for one cycle	18h
Number of cycles	6

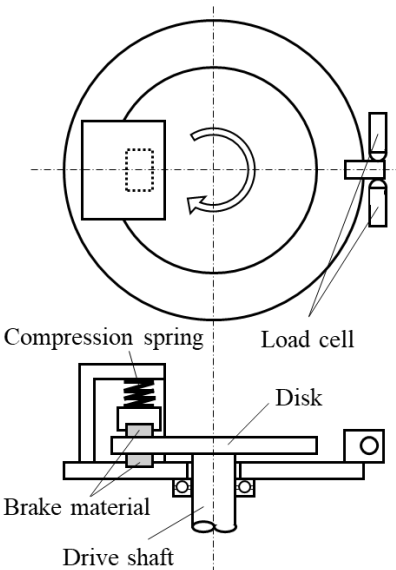


Fig. 1 Schematic illustration of friction tester

3. 実験結果

保持用ディスクブレーキに適用されている5種の摩擦材料に対して実施した摩擦試験の結果を Fig. 2 に示す。これらの摩擦材料の静摩擦係数はいずれの条件においても概ね 0.4～0.6 程度の値であった。開閉試験および温度変化試験後の摩擦材料は未実施の摩擦材料と比較して、摩擦材料 M-1 では静摩擦係数が 20%程度低下していた。一方、摩擦材料 M-2 や R-1, R-2 は摩擦係数の変化が比較的小さく、摩擦材料 R-3 は開閉試験および温度変化試験後によって摩擦係数の値が増加する傾向が見られた。

4. 考察

4.1 摩擦材料表面の硬さと表面粗さの変化

摩擦試験前に実施した開閉試験および温度変化試験前後の摩擦材料表面の硬さと表面粗さの変化割合を Fig. 3 に示す。摩擦材料 M-1 はこれらの試験を実施したことによって硬さが 10%程度低下していたのに対し、摩擦材料 M-2 は硬さがほとんど低下していなかった。また、摩擦材料 M-2 は開閉試験によって表面粗さが 40%変化していたが、Fig. 2 より摩擦係数がほとんど変化しない。このことから、摩擦係数の変化に与える表面粗さの影響は小さいと考えられる。

4.2 摩擦材料の断面観察

摩擦試験前に実施した温度変化試験後の摩擦材料断面の SEM 像を Fig. 4 に示す。摩擦係数が低下した摩擦材料 M-1 では、表層から深さ 50 μ m の範囲内に複数の亀裂が存在していた。一方、摩擦材料 M-2 にはこのような亀裂は存在していなかった。このことから、摩擦材料 M-1 は温度変化によって表層に形成された亀裂によって表層でのせん断抵抗が小さくなり、摩擦係数の変化が比較的大きかったと考えられる。

5. まとめ

保持用ディスクブレーキに適用されている複数のブレーキ摩擦材料を用いた摩擦試験および材料特性の評価を実施し、ディスクブレーキの摩擦トルク変化に与える摩擦材料特性の影響を調べた。その結果、温度変化によって生じる摩擦材料表層での材料の構造変化（亀裂）による摩擦係数の低下が摩擦トルク変化の要因の一つとなることが分かった。

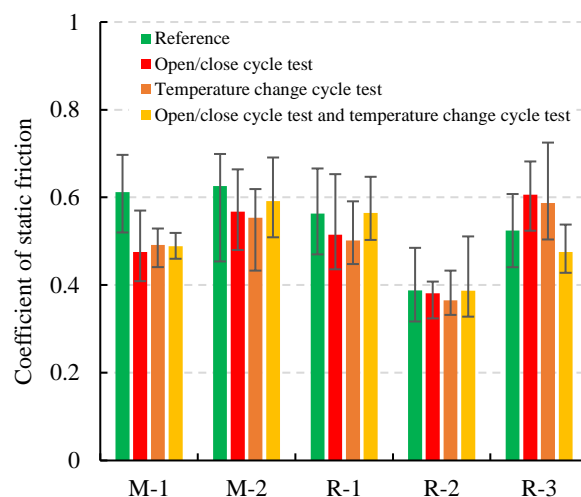


Fig. 2 Result of friction test

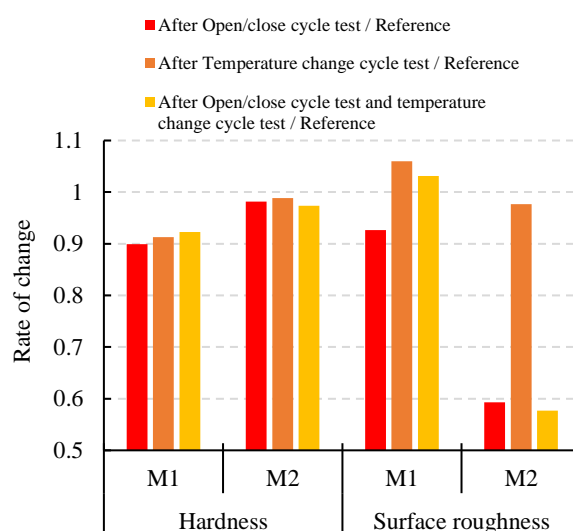


Fig. 3 Change rate of hardness and surface roughness

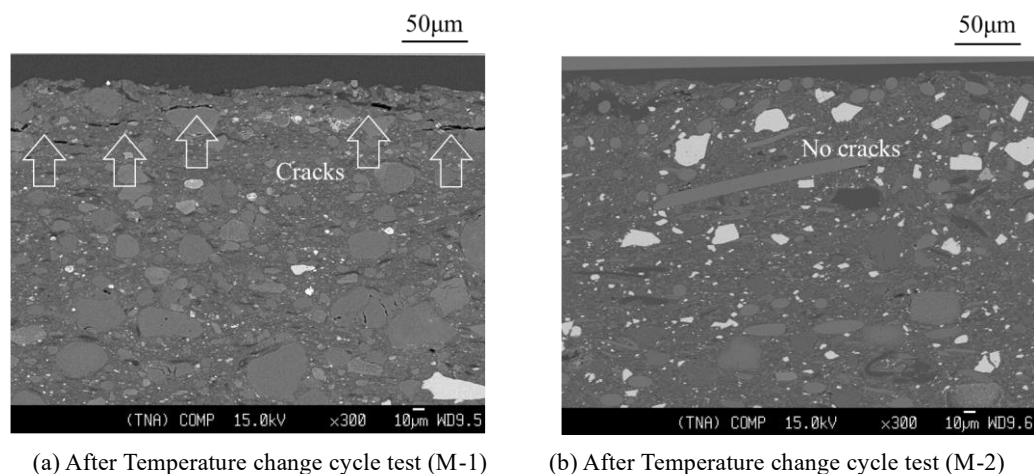


Fig. 4 SEM image of cross section of friction materials

文献

- 1) 福崎：電磁クラッチ・ブレーキの技術動向，月間トライボロジー No.430（2023）
- 2) 岡山：自動車用ディスクブレーキ摩擦材の動向，トライボロジスト No.67, Vol.3（2022）