

## 2609 摩擦に及ぼす表面突起の変形と硬化の影響

[機] ○梅原 徳次 (名古屋工業大学), [土] 石田 誠 ( (財) 鉄道総合技術研究所),

[機] 金 鷹 ( (財) 鉄道総合技術研究所)

### Effect of Deformation and Hardening of Surface Asperities on Friction

Noritsugu Umehara, Member (Nagoya Institute of Technology),  
Makoto Ishida, Ying Jin, Member (Railway Technical Research Institute)

During the rolling contact of a wheel against a rail, micro asperities of contact surface are deformed plastically. It leads to change the profiles and material properties such as hardness. In order to control the friction between a wheel and a rail, effect of deformation of asperities and surface hardening layer on friction should be clarified. Roller and flats specimen with different shaped asperities were prepared for the oscillation sliding friction test. It was shown that friction coefficient decreased with the increasing of rolling cycles. Large deformation height provided large reduction of friction coefficient.

キーワード：レール、車輪、摩擦、微小突起、ピッカース硬さ

Keyword: Rail, Wheel, Friction, Micro Asperity, Vickers hardness

### 1. 緒言

近年、車輪/レール間の摩擦制御が更に求められており<sup>(1)</sup>、それぞれの項目のすべり摩擦に及ぼす影響を明らかにする必要がある。しかし、実機上において、転動面の極表面の材料の構造変化あるいはミクロな粗さの変化と摩擦係数の変化の対応を明らかにすることは困難である。

そこで、転動により微小突起を押しつぶし、その後連続して、すべり摩擦力が測定可能な基本的な装置を試作し、すべり摩擦実験を行った。その結果、転動面が硬い場合ほど、初期摩擦係数は小さくなる傾向であることが示された<sup>(2)</sup>。しかし、鋼材の表面は研磨により仕上げられていたため転動に伴う微小突起の形状の変形の摩擦係数に及ぼす影響を明らかにすることは困難であった。そこで、本研究では、突起傾き角を変化させたモデル突起

を有する試験片において、摩擦係数に及ぼす表面突起の変形の影響を明らかにした。

### 2. 実験装置及び実験方法

実験に用いた微小摩擦試験機は前報と同様である<sup>(2)</sup>。円筒試験片 (外径 30mm, 内径 26mm, 軸方向曲率 4mm) は、偏心カムシャフトに固定され、設定の角度振幅でねじり振動する事が可能である。平面試験片 (50mmx20mmx10mm) は、荷重用ロードセル上の試験片ホルダーに固定される。

初めに円筒試験片と平面試験片を所定の回数接触させたまま転動させ、その後、転動痕内で摩擦試験を行うことで摩擦特性が評価された。

円筒及び平面試験片は、ともに実際のレールより切り出された鋼材である。転動時の円筒試験片は焼き入れした硬さが 460Hv<sup>(2)</sup> を用い、摩擦試験時は熱処理なしの硬さが 250Hv の試験片を用いた。平面試験片は、転動に伴う加工硬化の影響を明らかにするために熱処理なしの硬さが 250Hv の試験片を用いた。平面試験片は突起傾き角  $\alpha$  を 6°、12°、18° 及び 24° に変化させた試験片を研削により作成した。形状を図 1 に示す。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3. 1 初期摩擦係数(N=1)に及ぼす突起形状の影響

図 2 に、異なる硬さの円筒試験片とモデル突起を有する平面試験片の転動させない場合の摩擦係数に及ぼす突起傾き角の影響を示す。図より、硬さの異なるいずれの円筒試験片に対しても、平面試験片のモデル突起の傾き角  $\alpha$  が増加するほど、摩擦係数が増加することがわかる。また、その増加する割合は、突起の硬さが硬い場合、傾き角にほぼ線形に摩擦係数は増加するが、突起硬さが軟らかい場合、傾き角が大きい場合ほどその増加量は小さ

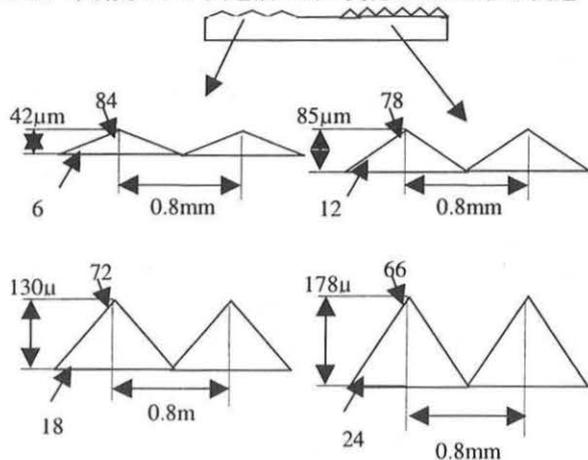


図 1 平面試験片のモデル突起の形状と寸法

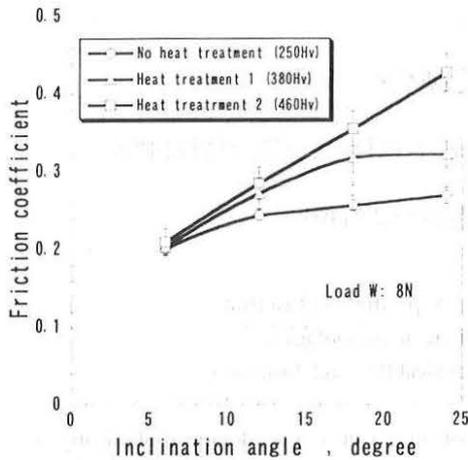


図2 初期摩擦係数(N=1)に及ぼす突起傾き角の影響

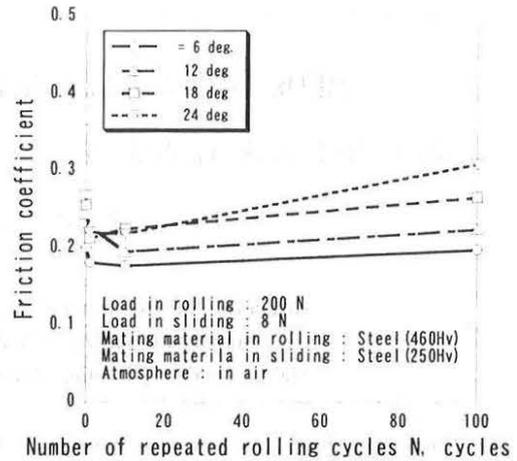


図3 摩擦係数に及ぼす転動繰り返し数の影響

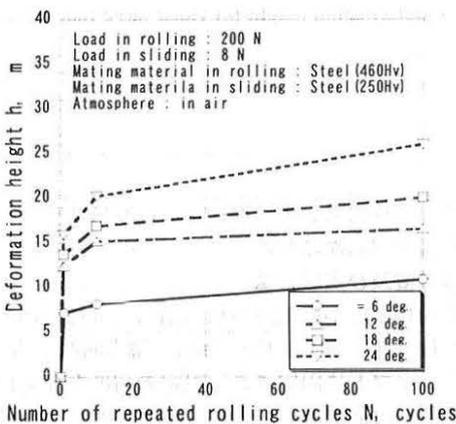


図4 突起の変形高さに及ぼす転動繰り返し数の影響

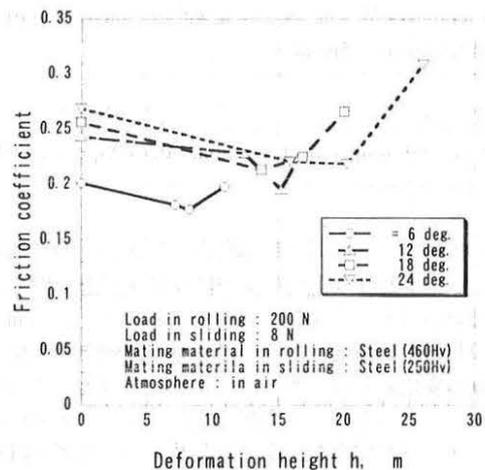


図5 摩擦係数に及ぼす突起の変形高さの影響

いことがわかる。このように突起傾き角の摩擦に及ぼす影響は築添らにより同様の結果が報告されている<sup>(3)</sup>。

### 3. 2 摩擦係数に及ぼす転動数の影響の影響

図3に、異なる傾き角を有する平面試験片に対し、所定の転動数Nで200Nの押しつけ荷重で転動した後に測定された摩擦係数に及ぼす転動数の影響を示す。図より、転動数が10回までは転動数とともに摩擦係数は減少するが、その後、徐々に増加することがわかる。

### 3. 3 突起の変形高さに及ぼす転動数の影響

図4に、異なる傾き角を有する平面試験片における突起の変形高さ(つぶれ量)に及ぼす転動回数の影響を示す。図より、1回の転動で大きく変形し、その後徐々に変形高さが増加することがわかる。また、転動に伴う変形高さは、突起傾き角が大きい場合(突起頂角が小さい、鋭利な突起の場合)ほど、大きいことがわかる。

### 3. 4 摩擦係数に及ぼす突起変形高さの影響

図5に、図3及び図4の結果から得られた摩擦係数に及ぼす突起変形高さの影響を示す。図5より、全ての突起傾き角において、突起変形高さの増大とともに摩擦係数が減少していることがわかる。また、その後、突起の

変形とは関係なく摩擦係数の増大が始まっていることがわかる。このような突起変形に伴う摩擦係数の減少は、突起高さの現象とともに加工硬化が進み前報<sup>(2)</sup>で示したように硬さが増加したために摩擦係数が減少したと考えられる。

## 4. 結言

車輪/レール間の摩擦制御のために、形状の異なる微小突起を有する鋼材において、転動に伴う摩擦係数の変化を明らかにした。その結果、突起高さの減少に伴い摩擦係数が減少する事が示された。

### 参考文献

- 1) 石田, 中原, トライボロジスト, 46, 7 (2001), 548-555.
- 2) 梅原, 石田, 金, J-RAIL2002, (2002), 531-532.
- 3) 築添, 坂本, 機論, 40, 333(1974), 1457-1464.

### 謝辞

本研究は財団法人地下鉄メトロ文化財団の公益基金の交付を受けて行ったものであり、ここに深く感謝の意を表します。