

S8-4-6.

レール鋼同士のすべり摩擦に及ぼす転動繰返し数の影響

[機] ○梅原徳次(名大)、外山和宏(東洋製罐)、[土] 石田誠(鉄道総研)、

[機] 金鷹(鉄道総研)、[機] 棚垣貴光(名工大)

Effect of number of rolling cycles on sliding friction between steels for rail

Noritsugu Umehara, Member (Nagoya University)

Kazuhiro Toyama, (TOYO SEIKAN KAISYA, LTD.)

Makoto Ishida, Ying Jin, Member (Railway Technical Research Institute)

Takamitsu Tanagaki, Member (Nagoya Institute of Technology)

During the rolling contact of a wheel against a rail, the change of surface profiles, material properties and so on leads to change friction coefficient between a wheel and a rail. In order to control the friction between a wheel and a rail, the effect of profile and material of rolling scar on friction should be clarified in detail. Roller and flat specimens with different shaped asperities were prepared for the oscillation sliding friction test. It was shown that friction coefficient increased with the number of rolling contact and reached to maximum value at the 10^5 of rolling cycles. This phenomenon is come from the reason why specific surface products generated on the scar of rolling contact.

キーワード：摩擦、転動、生成物、突起、変形

Keywords: Friction, Rolling contact, Surface products, Asperity, Deformation

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、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⁽¹⁾。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⁽²⁾。また、転動繰返し数が 10^2 回未満における微小突起の形状変化の摩擦係数に及ぼす影響が明らかにされ、突起が変形し、加工硬化により硬さが増加することで摩擦係数が減少することが示された⁽³⁾。しかし、転動繰返し数が $10^2 \sim 10^5$ 回までの摩擦係数の変化は明らかにされていない。

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、転動繰返し数が $10^2 \sim 10^5$ 回の範囲に行ける摩擦係数の変化とそれに及ぼす表面突起の変形と表面性状(表面あらさと生成物)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

⁽¹⁾⁻⁽³⁾。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転動繰返し数で転動させ、その後、転動痕内で摩擦試験を行う事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た硬さが 460Hv⁽²⁾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前報⁽³⁾同様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 α を 5° 、 10° 、 15° 及び 20° に変化させた試験片を研削により作成した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 摩擦係数に及ぼす繰返し転動数の影響

図 1 に突起傾き角 α を 5° 、 10° 、 15° 及び 20° の場合の摩擦係数に及ぼす繰返し転動数の影響を示す。図より、いずれの突起傾き角においても、転動繰返し数 N が 10^2 以下においては若干減少するが、その後、 N が 10^4 において最大値となり、その後 N が 10^5 では減少する傾向にあることがわかる。但し、突起傾き角が 5° と小さい場合は N が 10^4 近傍における摩擦係数の増加は少なかった。

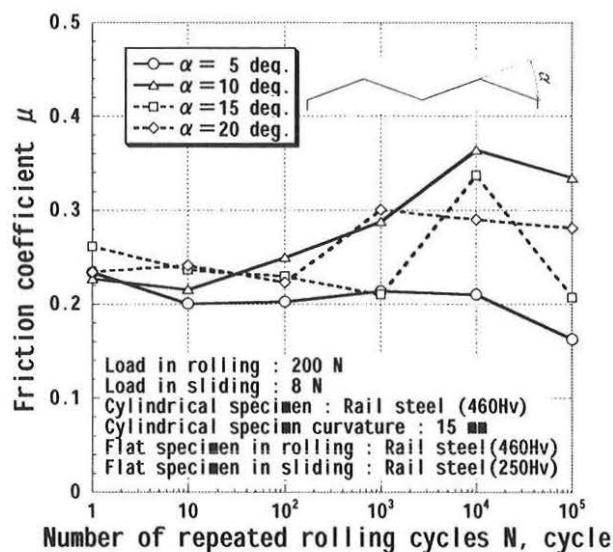


図 1 異なる傾き角の突起における摩擦係数に及ぼす繰返し転動数の影響

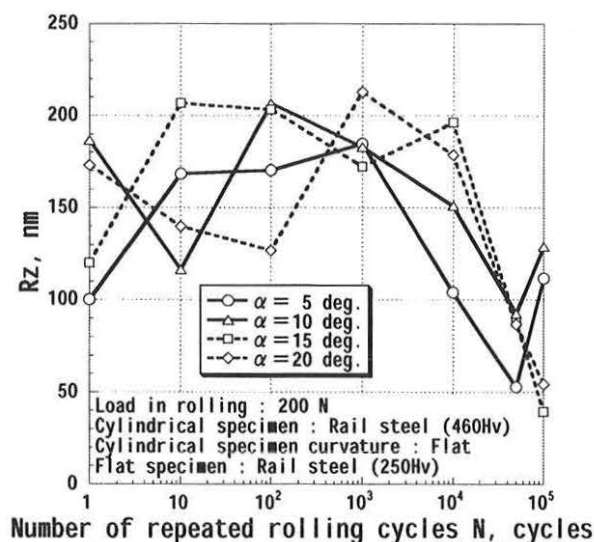


図 2 転動痕内の最大高さあらさに及ぼす繰返し転動数の影響

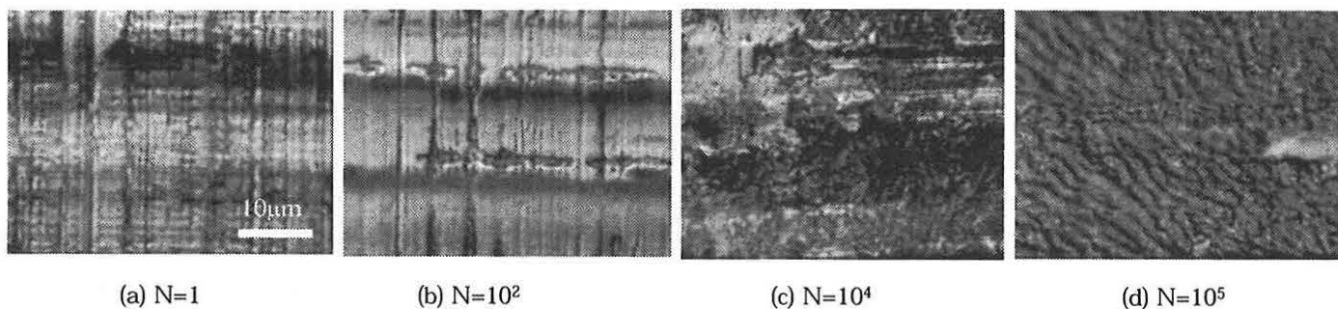


図 3 異なる繰返し転動数後の突起頂部付近の光学顕微鏡写真

3. 2 突起の変形に及ぼす繰返し転動数の影響

前報⁽³⁾でも示したように N が 10^2 回までは突起の変形高さは $10 \sim 25 \mu\text{m}$ 生じたが、 N が $10^2 \sim 10^5$ 回では、そこから $3 \mu\text{m}$ 以下の変形しか生じなかった。すなわち、 N が $10^2 \sim 10^5$ 回における摩擦係数の著しい増減は、前報で示したような突起の変形に伴う加工硬化のみにより説明できないことがわかる。

3. 3 転動痕内の表面あらさに及ぼす繰返し転動数の影響

図 2 に転動痕内の最大高さあらさに及ぼす繰返し転動数の影響を示す。図より、いずれの傾き角の突起においても、最大高さあらさ R_z は N が $10^3 \sim 10^4$ 回まで増大した後、 10^4 回以上で減少することがわかる。

3. 3 転動痕の表面観察

図 3 (a), (b), (c) 及び (d) に N が 1, 10^2 , 10^4 及び 10^5 における光学顕微鏡による突起頂部近傍の光学顕微鏡写真を示す。図において、転動方向と摩擦方向はともに水平方向である。図より、 $N=1$ において明瞭な転動痕に直角方向の研削痕が、 $N=10^2$ では押しつぶされ不明瞭になる

ことがわかる。また、 $N=10^4$ では赤褐色の生成物が、 $N=10^5$ では黒色の生成物が転動面に生成していることがわかる。このように転動痕内での生成物の色と摩擦係数の変化が対応することから、 $N=10^4$ と 10^5 においては、このような異なる生成物ができたため摩擦係数が著しく変化したと考えられる。

4. 結言

転動繰返し数が $10^2 \sim 10^5$ 回の範囲において、繰返し転動数とともに摩擦係数は増大し 10^4 回で最大となり、それ以上では減少した。摩擦係数の変化に、転動痕で生成する生成物が大きな影響を与えることが明らかになった。

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, 531-532.
- 3) 梅原, 石田, 金, J-RAIL2003, 569-570.