

S8-4-3. 鉄道用レール表面損傷と硬さについて

[機] ○上谷 俊平 (鹿児島大学)、

A. Kapoor, D.I. Fletcher, F.J. Franklin (ニューカッスル大学)

Hardness and the damage on the rail surface

Shunpei Kamitani, Member (Kagoshima University),

A. Kapoor, D.I. Fletcher and F.J. Franklin (The University of Newcastle upon Tyne)

The coefficient of friction, crack length and wear depth on the rail surface were examined to investigate their relationship considering the changes of hardness profile with depth below rail surface due to accumulated passing tonnage. The data from the papers of Olofsson et al. were re-examined for this purpose. The coefficient of friction and crack length were correlated with the hardness and hardness gradient of the rail, which changes with accumulated passing tonnage because of plastic deformation and subsequent strain hardening. Wear depth had a close relation to the coefficient of friction.

キーワード：硬さ、摩擦係数、き裂長さ、摩耗深さ

Keywords: Hardness, Coefficient of friction, Crack length, Wear depth

1. 緒言

鉄道用レール表面に発生する損傷（疲労き裂や摩耗）について、レール表面付近の塑性変形層の硬さ分布に着目して検討を行った。検討に際して、Olofssonらの論文^{1), 2)}に記載された実レールの測定データを使用した。レール表面層の塑性変形により生じた塑性変形層の硬さ分布と表面硬さの測定結果を用いて、Olofssonらの論文に記載された摩擦係数、き裂長さ（Crack length, mm/MGT：ここでMGTは累積通過トン数（百万トン）である。）、摩耗深さ（Wear depth, mm/MGT）を再整理したので報告する。

2. Olofsson らのデータについて

Olofsson らの論文から得られた各データを表 1 に示す。実験で使用されたレール材質は、UIC900A と UIC1100 で、ともに、3 年間実使用したレールと新品レールを更に 2 年間実使用して実験が行われた。ここでは、レールに潤滑がある場合とない場合での比較も行われた。図中で使用した記号は、表中に示す。硬さの傾きは、レール断面測定位置における表面部から深さ方向への硬さの傾き（変化）を直線近似で算出し、その絶対値で示した。本論文のデータは、レール表面層で塑性変形が生じ、材料の加工硬化によって、表面で最も高硬度である。Olofsson らは摩擦係数の測定を 2 回（1997 年、1999 年）行っているが、摩擦が硬さの変化へ及ぼす影響を考慮して数値の大きい方の測定値で検討した。使用レールについては、レール断面 4 カ所（Zone I-Zone IV）の硬さ分布の測定結果が示されているが、新品レールの場合、Zone II と Zone IV での表面硬さの累積通過数に伴う経

年変化しか示されていない。き裂長さや摩耗深さは Zone III での測定結果であるため、新品レールの測定結果の比較ができない。しかし、使用レールの Zone III と Zone IV での硬さに相関が見られたので、Fig. 3 の新旧レールの結果比較に際して、Zone IV の硬さを利用した。

3. 硬さの傾きと摩擦係数について

Fig. 1 に使用レールの硬さの傾きと摩擦係数の関係を示す。図から、材料の違い、潤滑の有無にかかわらず、摩擦係数と硬さの傾きの関係は、1 本の直線上にあることがわかる。また、硬さの傾きが 0 の時、摩擦係数がおおよそ 0.25 となる。

4. き裂長さ

き裂長さと摩擦係数の関係を Fig. 2 に、き裂長さと硬さの関係を Fig. 3 に示す。Fig. 2 では、UIC900A と UIC1100 では、UIC900A が摩擦係数に関係なく、き裂長さがほぼ一定であるのに対し、硬度の高い UIC1100 では、摩擦係数が大きくなるほど、き裂長さも大きくなっている。Fig. 3 では、レール材質及びレールの新旧によらず、硬さが Zone IV の値で、HV370 を境にき裂長さが急増しているように思われる。使用レールの Zone III での硬さの結果をもとに、Zone III に対する値を推測すると、図中の波線で示されるが、おおよそ HV420 を境にしてき裂長さが急増している。

5. 摩耗深さ

Table 1 The data from papers of Olofsson et al.. Zone II: head area. Zone III: head check area. Zone IV: edge area

Location A,C: UIC 900A B,D: UIC 1100 A,B: lubricated C,D: unlubricated	Gradient of hardness HV/ μ m	Coefficient of friction, 1997 H:High rail head E:High rail edge	Coefficient of friction, 1999 H:High rail head E:High rail edge	Coefficient of friction max	Hardness Zone IV HV	Hardness Zone III HV	Wear depth, mm/MGT	Crack length, mm/MGT
A Zone III -old	0.008	0.25(E)	0.19(E)	0.25	350	370	0.026	0.008
B Zone III -old	0.028	0.33(E)	0.19(E)	0.33	370	430	0.023	0.015
C Zone III -old	0.028	0.33(E)	0.39(E)	0.39	370	370	0.118	0.011
D Zone III -old	0.060	0.47(E)	0.45(E)	0.47	410	465	0.07	0.129
C Zone II -old	0.13	0.67(H)	0.43(H)	0.67				
D Zone II -old	0.10	0.60(H)	0.45(H)	0.60				
A Zone III -new		0.32(E)	0.16(E)	0.32	340		0.065	0
B Zone III -new		0.37(E)	0.25(E)	0.37	375		0.037	0.04
C Zone III -new		0.24(E)	0.41(E)	0.41	370		0.215	0
D Zone III -new		0.39(E)	0.43(E)	0.43	410		0.093	0.116

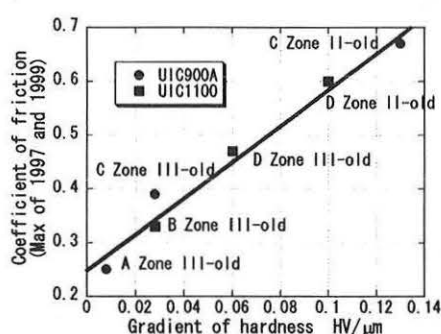


Fig. 1 Relation between coefficient of friction and gradient of hardness

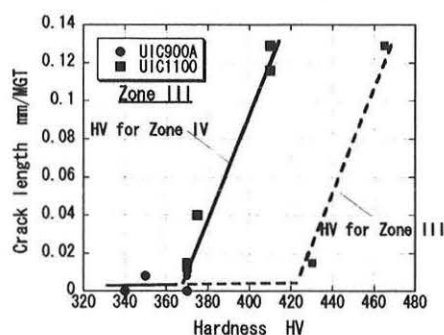


Fig. 3 Relation between crack length and hardness

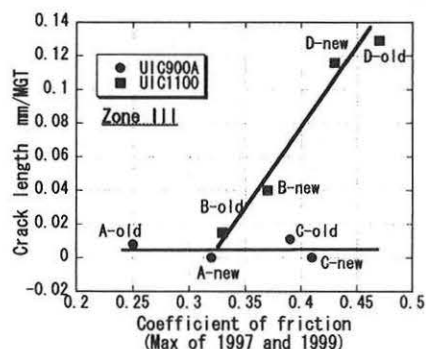


Fig. 2 Relation between crack length and coefficient of friction

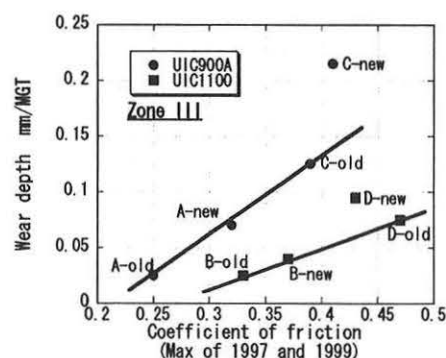


Fig. 4 Relation between wear depth and coefficient of friction

Fig. 4 に摩耗深さと摩擦係数の関係を示す。摩耗深さは、摩擦係数が大きくなると大きくなるが、材質により程度が異なる。また、潤滑の有無にかかわらず摩擦係数で整理できる。

6. 結言

Olofsson らの論文に記載された摩擦係数、き裂長さ、摩耗深さについて、レールの塑性変形層における硬さ分布との関係から再整理を行った。その結果、硬さの傾きと車輪・レール間の摩擦係数が比例関係にあることがわかった。ま

た、き裂長さ、硬さ、及び摩耗深さと摩擦係数のそれぞれに相関があることがわかった。

謝辞 本研究において貴重な助言を賜りました(財)鉄道総合技術研究所の石田誠氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) U. Olofsson and R. Nilsson: Proc. Instn. Mech. Engrs. Vol. 216 Part F: J. Rail and Rapid Transit (2002) pp.249-264.
- 2) U. Olofsson and T. Telliskivi: Wear 254 (2003) pp.80-93.