

車輪／レールの動的挙動と摩耗について

(財)鉄道総研 正会員 石田 誠 JR 東日本 正会員 瀧川 光伸
 (財)鉄道総研 正会員 青木 宣頼 (財)鉄道総研 金 鷹

1. はじめに

急曲線外軌に生じる側摩耗は、レール交換の主な要因であり、メンテナンスコストの低減のためには、その影響因子を明らかにし、効果的な対策を検討することが重要である。しかしながら側摩耗に影響を与える因子は多岐にわたり、多くの因子が相互に関係するため、影響度の定量化は難しい問題である。そこで本報では、影響因子として、横圧、アタック角および摩擦係数に着目して、レールの摩耗進みに応じた断面形状の変化、あるいは潤滑による摩擦係数の低下が、車輪／レールの動的挙動にどのような影響を与え、またその動的挙動により摩耗がどのように進むのかを検討した。

2. 曲線外軌側の車輪／レールの動的挙動

(1) 外軌側摩耗の影響¹⁾

新幹線の曲線半径(以下、「R」と略称)400mと900mの急曲線(スラブ軌道)において、輪重、横圧およびアタック角の測定し、外軌摩耗によるレール断面形状の変化が、車輪／レールの動的挙動に与える影響を検討した。測定は、外軌を新品レールに交換した直後と、R400mは半年後の1回、R900mは半年後および1年半後の2回行った。測定箇所の軌道条件は熱処理60レールで年間通トン(トン)は5000万トンである。外軌摩耗量の推移を図1に示す。図におけるR400mの*印は、試験箇所から約15m離れた位置(R400mの同じ曲線上)で測定した値である。

R400mおよびR900mの曲線における横圧の変化を整理し、図2に示す。図より、測定した2曲線の外軌に作用する横圧は、カント不足量が約20~25mmとほぼ同じであるため、轉向横圧が大部分であると考えられ、R400mの値がR900mの2倍程度であった。なお、図中の上側の点線はデータ数30個程度の最大値、下側の点線は最小値、中央の太線は平均値を表す。また、いずれの場合も、レール摩耗の進んだ方が、新品時より横圧のばらつきが小さくなる傾向が見られた。ただし、今回の測定結果においては、車種によりR400mとR900mの新品と摩耗レールに対する傾向が異なるなど、新品と摩耗レールにおける横圧の発生に一定な傾向は見られなかった。

R400mおよびR900mの曲線におけるアタック角の変化を図3に示す。図より、全体の傾向としては、車種に関係なく外軌の摩耗により、わずかにアタック角が小さくなった。図1において、通トンが大きくなるにつれ多少摩耗進みが小さくなっていることから、妥当な結果と考えられる。また、R400mとR900mでアタック角に大きな違いがなく、R400mの横圧がR900mの2倍程度であることから、図1におけるR400mとR900mの摩耗量の差は、横圧の違いによると考えられる。

(2) 外軌潤滑の影響

在来線R400mの曲線において、未潤滑および潤滑状態で輪重、横圧およびアタック角の測定し、外軌潤滑によるレール

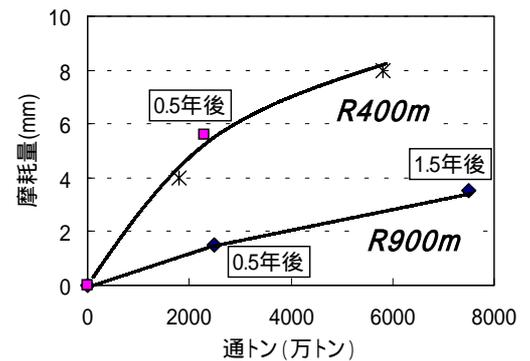


図1 測定箇所の外軌摩耗と通トンの関係

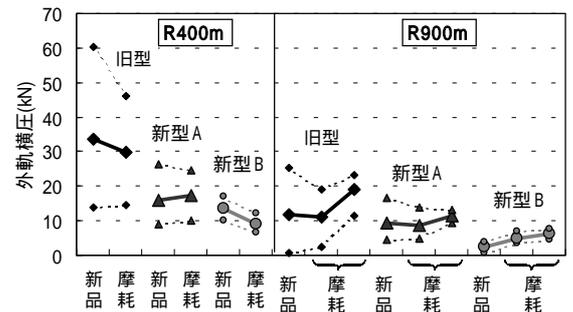


図2 摩耗による外軌横圧の変化(前軸)

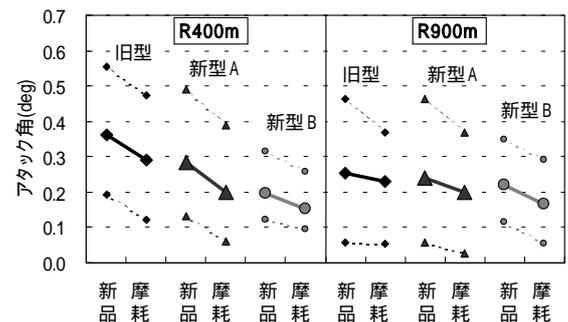


図3 摩耗によるアタック角の変化(前軸)

キーワード：レール断面形状，レール側摩耗，横圧，アタック角

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042(573)7291 FAX 042(573)7360

ル摩擦係数の変化が車輪/レール動的挙動に与える影響を検討した。

レールが潤滑された場合の横圧変化を図4に示す。図より、ほとんどの車両において、レールが潤滑されている方が、未潤滑状態より横圧が大きく、ばらつきも大きくなる傾向が見られた。この現象は、外軌潤滑により外軌側車輪の案内力(摩擦力)が小さくなり、轉向性能が悪くなったためと考えられる。

レールが潤滑された場合のアタック角の変化を図5に示す。図より、全体の傾向として、アタック角は、潤滑によりばらつきが大きくなっているが、平均値で見ると同程度かわずかに大きくなっている程度で、明らかな差とは言い難い。理論的には外軌が潤滑された場合、案内力が小さくなり、アタック角が大きくなると考えられるが、ここでは、平均的にアタック角の差はわずかであり、一定の傾向を十分に把握することはできなかった。

3. 室内試験

室内側摩耗実験は、レール・車輪高速接触疲労試験装置を使用して行った。車輪試験輪の直径は500mm、レール試験輪の直径は350mmであり、それぞれ、一般に使用されているレール鋼と車輪鋼で製造されている。レール試験輪の周速は30km/hで実験を行った。アタック角は、摩耗に対する影響を検討するため、 0.0° と 0.3° を設定した。なお、アタック角 0.3° は図1のR400mにおける旧型車の平均値と同程度である。

(1) レールの側摩耗¹⁾

室内試験におけるアタック角なしと 0.3° の場合のレール試験輪摩耗量を図6に示す。図より、レール試験輪の摩耗量は、頭頂部およびゲージコーナーとも徐々に増加している。アタック角がある場合とない場合では、頭頂部の摩耗量に変化はないが、ゲージコーナーでは、通トン約4000万トン相当でアタック角 0.0° が4.8mm、 0.3° が7.2mmと 0.3° の方が明らかに大きい。実軌道のR400mにおける摩耗量は、約5.5mmであり、横圧34kNとアタック角 0.3° を与えた場合の試験結果と近い値になった。これは、実際と試験では接触形状等異なる条件も多いが、荷重とアタック角の試験条件が、旧型車の測定結果の平均値と同程度であることが大きな要因であると考えられる。

(2) 車輪フランジ摩耗

一方、レール側摩耗に対してアタック角なしと 0.3° の場合の168万回転後の車輪フランジの様子を図7に示す。図より、明らかにアタック角のある方が摩耗量の大きいことが分かる。アタック角はフランジ部のすべり速度に関係し、アタック角の大きい方がすべり速度も大きくなるため、摩耗進みも大きくなったと考えられる。

4. まとめ

本研究により、レール側摩耗と車輪フランジ摩耗に関して、横圧(接触圧力)、アタック角(すべり率)、接触点の摩擦係数が影響因子として重要であり、それらをパラメータとする摩耗の定量的評価の可能性があること、またそれらの影響因子と摩耗の関係を理解するには、車輪/レールの動的挙動の把握が重要であることが明らかになった。(参考文献)

1)石田誠他：車輪/軌道の相互作用とレール側摩耗の関係,J-Rail2001,pp.527,2001.12.

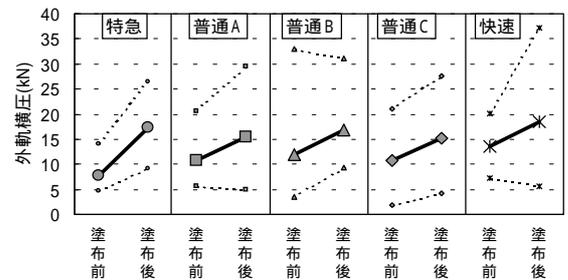


図4 潤滑による外軌横圧の変化(前軸)

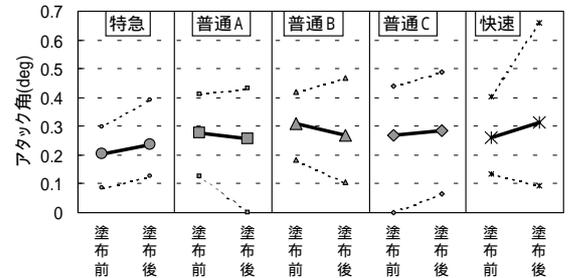


図5 潤滑による外軌アタック角の変化(前軸)

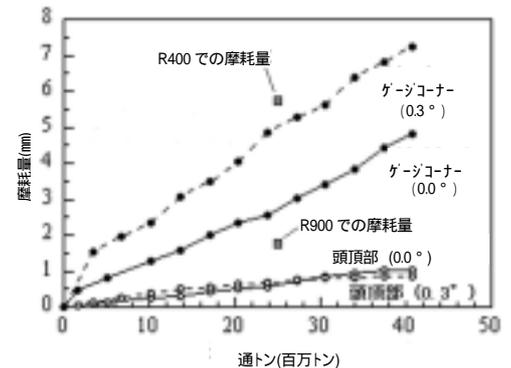


図6 レール試験輪の摩耗量変化

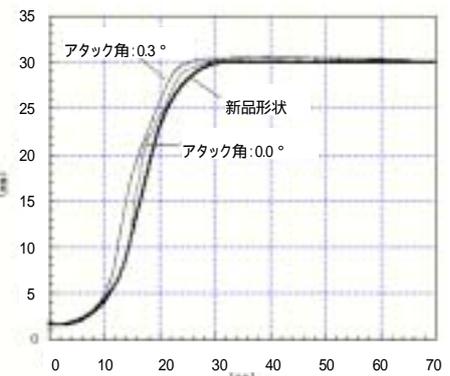


図7 円錐車輪の摩耗形状(168万回転)