レール車輪転動試験装置を用いたピッチング損傷再現試験

東日本旅客鉄道㈱　正会員　○小木曽　清高　元好　茂
矢作　秀之

１．はじめに

近年、車輪フランジ摩耗防止を目的としたレール塗油区間におけるピッチング損傷が発生し、その原因と対策が求められている。ピッチング損傷[1)]は、図１に示すような油潤滑下で生じる転がり接触疲労損傷である。外観的特徴として、ゲージコーナ部の曲率半径の最も小さい位置に、深さ数ミリ程度のはく離が短い間隔で群発して形成される。群発して形成されたはく離が結合し、大きなはく離を形成する。場合によっては、はく離部から横裂が発生し、レール折損に至る。また、塗油されている曲線区間の外軌レールに発生し、普通と熱処理レールの両方に発生する。本研究では、図２に示すレール車輪転動試験装置を用いてピッチング損傷再現を試みた結果について報告する。

２．ピッチング損傷の発生傾向

過去に実施された、ピッチング傷発生状況の調査（レール塗油を行っている線区を対象）結果[2)]を図３に示す。調査結果より、ピッチング損傷は曲線半径 R=400m～1400m の曲線にて発生しており、R=800m 前後での発生が最も顕著となっている。また、発生箇所の累積通過トン数では、R=800m 未満ではその多くが約 2 億トン前後までに発生しており、本研究でもレール車輪間の接触条件について、R=800m を用いることとした。

図１　ピッチング損傷の例

図２　レール車輪転動試験装置

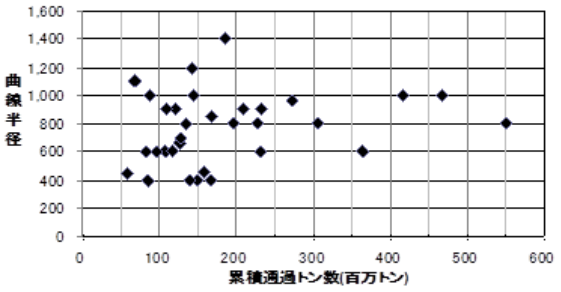

図３　曲線半径別のピッチング損傷発生傾向[2)]

３．試験概要

(1)　試験条件

本研究ではレール試験輪について、HH340・50N レール、車輪試験輪を修正円弧踏面を模擬し、それぞれ 1/2 スケールで製作した。レール車輪間の基本接触条件は、実際の現地測定（曲線半径 R=800m、速度 80km/h、通勤型電車）から得られた条件を元に、輪重は 50kN、横圧は 10kN、アタック角 0.1° とした。試験に際しては、この条件を 1/2 試験輪での荷重条件に変換して用いた。散油条件で使用する油は、車上塗油で使用されている製品を用いた。

(2)　試験パターン

転動試験は、輪重以外の基本接触条件を変化させることによって、表１に示す計６パターンの試験を実施した。試験条件は、荷重条件について横圧を基本接触条件およびその２倍相当とし、またアタック角を２種類設定した。潤滑条件は、当初から油潤滑とした条件（理想的だが、現実的には過剰な潤滑）、および水潤滑で初期きしみ割れを発生させ、その後油潤滑とした条件を設定した。初期きしみ割れを発生させた理由は、微細き裂発生後に油が進入した場合を想定したためである。

キーワード　レール損傷、ピッチング、レール車輪転動試験装置
連絡先　〒331-8513　埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本研究開発センター テクニカルセンター

4．試験結果

試験の結果、試番 4 のみピッチング損傷と思われるゲージコーナ部の表層剥離が 1 箇所発生した。その外観を図 4 に示す。発生は累積通トン 1.45 億トン相当が経過した時点であり、通トンの観点からは現地調査結果に近い。本条件は、基本接触条件より横圧を 2 倍相当とし、さらに散油前にあらかじめ散水条件下で 3,000 万トン相当試験し、初期のきしみ割れを発生させた条件である。

試番 4 以外の条件については、累積通トン 2 億トン以上試験を実施したが、いずれも図 5 のようにピッチング損傷には至らなかった。試番 4 との違いは、レール・車輪間の接触条件（横圧、アタック角）、およびきしみ割れの有無であった。

さらに、試験終了後の試験輪断面形状をレーザ変位計で測定した結果を図 6 に示す。ゲージコーナ部において、いずれの試番でも顕著な摩耗はなかった。このことから、本研究においては摩耗進みによるピッチング損傷との関連は見られなかった。

5．考察

本研究の結果より、ピッチング損傷の発生には、少なくとも通常より横圧が大きく、さらにきしみ割れを伴うことがわかった。しかしながら、この結果は現在のレール車輪転動試験装置の性能上、台車前軸の接触条件のみを再現したものである。一方で、営業線の曲線走行条件は、列車速度、レール摩耗状態、車両コンディション等により大きく異なる。また、散油条件においても、営業列車では車上塗油は一部編成のみであり、さらに特定の軸のみで塗油していることから、実際には乾燥、散水、散油の各条件を繰り返している。よって、代表的な試験条件の設定が難しい。これらの理由により、ピッチング損傷のような複雑な潤滑条件下での損傷再現には、現場での使用状態に近い荷重条件、潤滑条件の設定による試験が必要と考えられる。

6．まとめ

本研究で得られた結果を元に、レール車輪接触に関する実験については、現在の手法にこだわらず検討していきたい。

参考文献

1) 松田博之、佐藤幸雄：外軌レールの摩耗・疲労損傷に及ぼす油潤滑の影響，日本鉄道施設協会誌，2010.2
2) 瀧川光伸：曲線外軌レールの表面損傷に関する研究，博士論文，東京理科大学，2014.3

表 1　試験条件

試番	ﾗｼﾞｱﾙ荷重 (kN)	ｽﾗｽﾄ荷重 (kN)	ｱﾀｯｸ角 (°)	潤滑条件
1	9.8	1.9	0.1	油
2	9.8	1.9	0.1	水+油
3	9.8	3.6	0.1	油
4	9.8	3.6	0.1	水+油
5	9.8	1.9	0.3	油
6	9.8	3.6	0.3	油

図 4　ピッチング損傷が発生した試験輪
(試番 4，1.45 億トン経過)

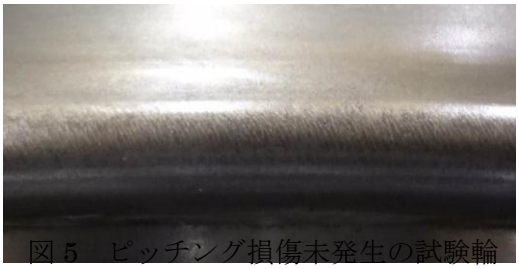

図 5　ピッチング損傷未発生の試験輪
(試番 2，2 億トン経過)

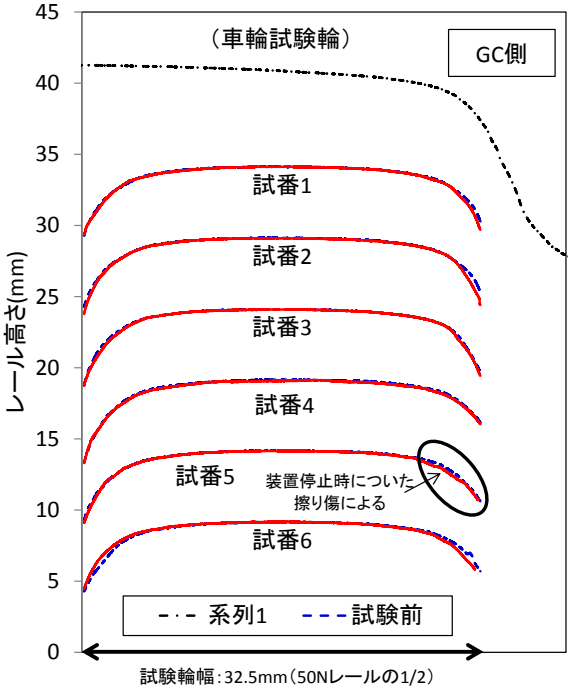

図 6　試験終了後の試験輪断面形状