

外軌波状摩耗の発生原因に関する一考察

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 松田 博之
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 田中 博文
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 輪田 朝亮

1. はじめに

最近、JR 東日本管内において急曲線内のトンネル区間でのみ外軌波状摩耗が発生するという事象が確認された。波状摩耗は、主に内軌レールに発生することが多く、外軌レールに発生することは稀である。また、成長すると車両走行時に騒音・振動が著しく増大し、軌道材料の劣化を早め、軌道破壊を引き起こす可能性があることから、発生メカニズムの解明と対策が必要となる。本研究では、このトンネル内の外軌波状摩耗の発生原因を調べるため、地上輪重・横圧測定および塑性流動観察を実施したので、その結果を報告する。

2. 外軌波状摩耗の発生状況

図1に発生区間の概況を示す。当該曲線は、曲線半径 300m、カント 90mm、勾配 22‰(起点→終点)であり、在来線用特急列車が 60km/h で走行する単線区間である。レールは 50kgN 普通レール(累積通過トン数 39MGT)、軌道構造は有道床軌道である。外軌波状摩耗は、トンネル内でのみ発生しており、その波長は約 300mm である。

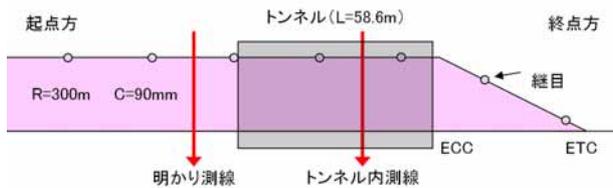


図1 外軌波状摩耗発生区間の概況

3. 地上輪重・横圧測定

波状摩耗発生区間における車輪・レール間の動的挙動を詳細に把握するため、地上輪重・横圧測定を実施した。測定は、図1に示すように、外軌波状摩耗が発生しているトンネル内と、同じ曲線内で発生していない明かり区間の2箇所で実施した。この際、波状摩耗の波長が 300mm 程度であったことから、通常はゲージ間隔を 200mm とするところを、波状摩耗の1波長

間の輪重・横圧変動を把握するため、330mm と広めに設定した。図2に輪重・横圧ゲージ設置箇所のレール凹凸測定結果を示す。波状摩耗の山部を中心として、両側の谷部にゲージを設置していることがわかる。

図3に一例として、トンネル内の測定結果を示す。左のピークが先頭車の前台車第1軸(前軸)、右のピークが第2軸(後軸)通過時の荷重である。前軸では波状摩耗の谷部で輪重が極大となり同時に横圧が小さくなっており、山部で輪重が減少し横圧が大きくなっている。これによってレール断面方向の横すべりが生じ、波状摩耗が進行していると考えられる。一方、後軸では前軸と比較して輪重変動が小さく、横圧はほとんど発生していないことがわかる。よって、輪軸の横変位がほとんどなく、左右の車輪回転半径にほとんど差が生じないため、内外軌の間で必要な車輪半径差が得られず、縦すべりが生じていると考えられる。なお、上り列車においても同じ傾向がみられた。また、明かり区間では、顕著な輪重・横圧変動は見られなかった。

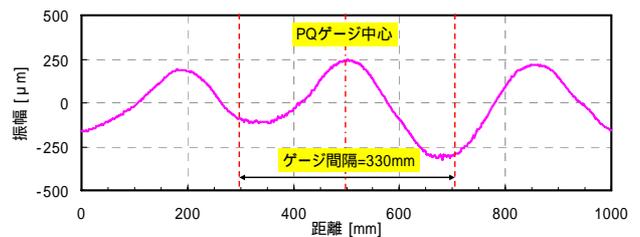


図2 輪重・横圧ゲージ設置箇所のレール凹凸

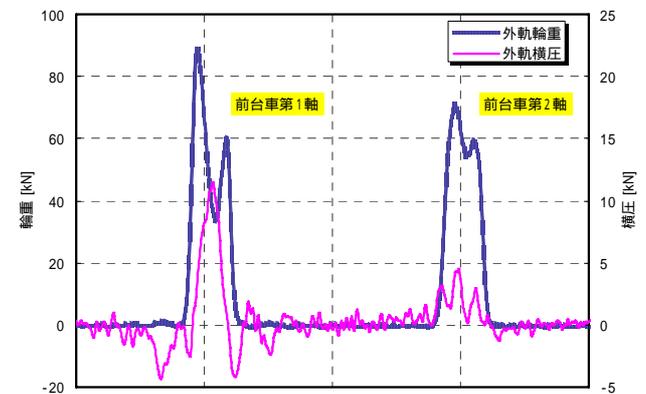


図3 外軌の輪重・横圧の測定結果(トンネル内)

キーワード：波状摩耗，外軌，トンネル，地上輪重・横圧測定，塑性流動観察

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

TEL 042(573)7291

4. レール表面の塑性流動観察

外軌波状摩耗の主な原因と考えられる横すべりおよび縦すべりの影響を調べるために、レーザー顕微鏡を用いてレール断面方向および長手方向の頭頂面表層の塑性流動を観察した。対象は、曲線部の明かり区間とトンネル内の波状摩耗の山部と谷部の計3箇所である。観察位置を図4に示す。Aが断面方向、B、Cが長手方向である。

図5に観察結果を示す。断面方向については、山部では塑性流動が認められないが、明かり区間と谷部においてFC側からGC側に向かう塑性流動が認められた。明かり区間と谷部を比較すると、谷部の方が塑性流動が激しくかつFC側まで及んでいる。これより、波状摩耗発生の要因として横すべりの影響が考えられるが、明かり区間でも塑性流動が観察されたことから、横すべり以外にも波状摩耗形成の要因があると考えられる。一方、長手方向については、明かり区間では塑性流動が認められないが、山部のGC20mmの位置で終点方から起点方に向かうわずかな塑性流動、谷部のGC30mmの位置で起点方から終点方に向かう激しい塑性流動がそれぞれ認められた。これより、波状摩耗の発生に縦すべりが影響している可能性が高いと考えられる。一般に、長手方向の塑性流動は、列車走行時の巨視的なすべり(空転・滑走)または内外軌車輪の回転半径差による差動すべりによって生じる。今回は勾

配区間において波状摩耗の山部と谷部で逆方向の塑性流動が観察されたことから、列車走行時の巨視的なすべりが発生した可能性は低く、内外軌車輪の回転半径差による差動すべりが生じたものと考えられる。今後、トンネル内でのみ差動すべりを生じさせる要因、すなわち輪軸の横変位や輪重変動の影響について調査する必要がある。

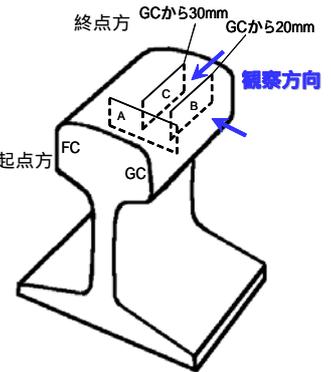


図4 観察位置

5. まとめ

トンネル内の外軌波状摩耗について、地上輪重・横圧測定および塑性流動観察により、その発生原因を検討した。その結果、波状摩耗が発生しているトンネル内でのみ顕著な輪重・横圧変動がみられることがわかった。また、トンネル内では明かり区間に比べて大きな断面方向の塑性流動が認められたことから、波状摩耗の形成に横すべりの影響があることがわかった。さらに、トンネル内でのみ長手方向の塑性流動が認められたことから、縦すべりが波状摩耗の形成に大きな影響を与えていると考えられる。今後、トンネル内外の軌道振動特性について調査し、トンネル内の特異な輪重・横圧変動の原因について検討する予定である。

	断面方向		長手方向	
	(GC側) (A) GCから17mm	(FC側) (A) GCから22mm	(起点方) (B) GCから20mm	(終点方) (C) GCから30mm
明かり区間				
トンネル内波状摩耗山部				
トンネル内波状摩耗谷部				

図5 断面組織観察結果 (×400)