

新幹線特定区間に発生する長波長波状摩耗の生成メカニズムに関する一考察

西日本旅客鉄道(株) 正会員 高橋 亮一
 西日本旅客鉄道(株) 正会員 中西 正利
 西日本旅客鉄道(株) 石川 敏明
 西日本旅客鉄道(株) 八野 英美

1. はじめに

山陽新幹線の特定のトンネル区間(以下特定区間)において、約 1.2m という非常に長い波長のレール波状摩耗が発生する場合があります、輪重の増大や車内騒音の増加などの影響を及ぼすことがあります。この区間のレール波状摩耗は進行が速く、レール削正の多投入、短周期のレール更換等により、保守コストの増大を招いている。現在、新幹線車両の軸箱振動加速度などを用い、レール削正を行って波状摩耗発生箇所の保守管理を行っているが¹⁾、その発生原因は明らかになってはいない。

そこで本稿では、レール状態、車両運動を調査し、発生原因の推定を行ったので、その結果を報告する。

2. 長波長波状摩耗の特徴

山陽新幹線の特定区間において、顕著に発生が見られる箇所は図 1 に示すとおりである。特定区間内はスラブ軌道となっている。発生が集中している箇所は、上下線とも上り勾配となっている箇所で、底部付近の直線から下り線、上り線とも R3,500m の曲線へと変化する区間である。これらの様子から、通常波状摩耗として問題とされる在来線の急曲線に発生するものとは異なるものである。さらに、新幹線では高速で通過するために、放置しておけば著大輪重の発生を招き、軌道材料、車両部品に悪影響をおよぼす恐れがある。

波状摩耗発生箇所を、2m ストレッチにより 1m 間送りで測定し、重ね合わせた波形を図 2 に示す。波長は 1.2~1.3m 程度であり、波高は全振幅で 0.3~0.9mm 程度である。さらに、左右レールで逆相である場合が多くみられる。また、波高が大きいほどその成長は早いという特徴を有している。

3. 車輪の振動状態

新幹線車両の軸箱に上下方向の振動加速度計を設置し、波状摩耗区間通過時の振動状態を測定した。測定された波形例を図 3 に示す。今回、波形処理を行うにあたっては、300Hz のローパスフィルターを通してしている。この区間では、波状摩耗が発生している区間の一部をレール更換している。波状摩耗が発生している区間では大きな加速度が計測されているが、レール更換を行った区間では、当然ではあるが発生する加速度が小さい。

振動計は、同一軸の海側及び山側の軸箱に取りつけており、同時に海山の軸箱の振動状態を把握できるようにした。まず、波状摩耗発生区間における海山の軸箱振動の様子を図 4 に示す。この際、軸箱振動の様子を把握するため、振動加速度を 2 回積分し変位とした。ここでは、波長 2.5m 以上の成分を除去するため、30Hz のハイパスフィルターを使用した。波状摩耗が発生している

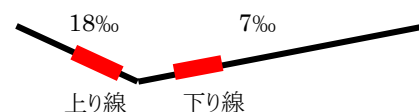


図 1. 発生箇所

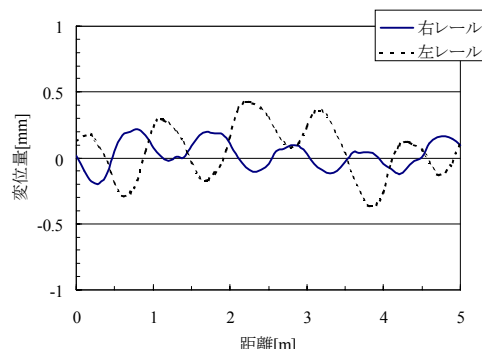


図 2. 波状摩耗発生状態

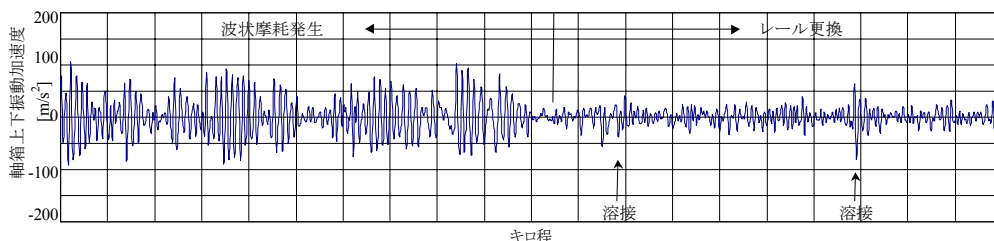


図 3. 波状摩耗発生状態

キーワード: 波状摩耗, 長波長, 輪重変動, 新幹線, 高速走行

連絡先: 鉄道本部 技術部 〒530-8341 大阪市北区芝田 2-4-24 TEL 06-6375-8924 FAX 06-6375-8919

区間では、地上の状態と同様、海側と山側の軸箱が逆相で振動していることが確認できる。次に、レール更换を行った区間の様子を図 5 に示す。溶接部通過時には軸箱が大きく振動するが、その後海側、山側の軸箱が逆相で振動を開始している。レール状態は良好であるため、海山逆相の振動は、台車固有の運動であると考えられる。

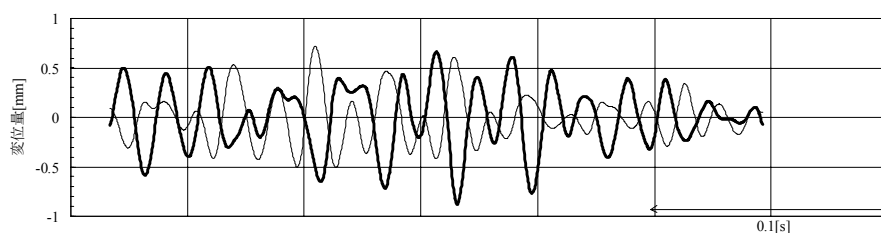


図 4.波状摩耗区間の軸箱振動状態

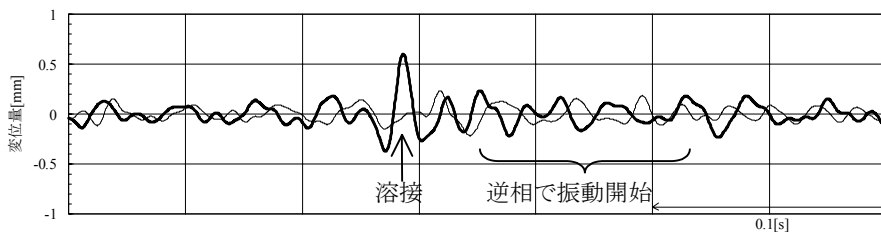


図 5.レール更换区間軸箱振動状態

これらの区間における振動加速度の周波数成分を図 6 に示す。波状摩耗が発生している区間では 61Hz の卓越したピークを持つことがわかる。走行速度より波長を計算すると約 1.2m であり、地上の状態とも良く一致する。さらに、レール更换を行った区間においても、同様に 61Hz のピークが小さいながら観測され、これは溶接部通過時に引き起こされる輪重変動によるものと考えられる。これらの周波数が一致するという事は、急曲線の波状摩耗生成の原因が輪重変動であることと同様に、新幹線における長波長波状摩耗生成の一因が輪重変動であることを示している。

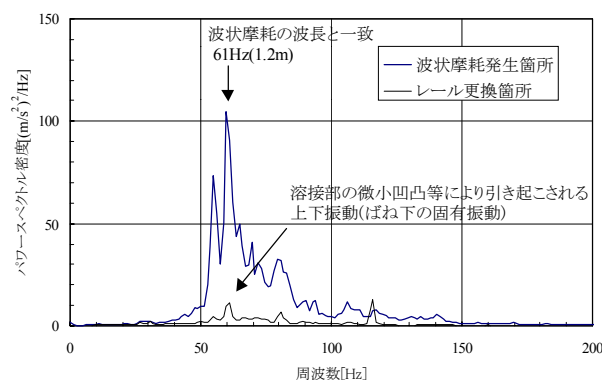


図 6.軸箱振動加速度周波数成分

4. 特定区間の環境

特定区間の特殊環境として、底部付近の漏水による高い湿潤状態が挙げられる。底部付近で計測すると、湿度は 80%以上であった。さらに、海水による塩分の付着が挙げられる。塩分については、レール表面に付着すると粘着係数が大きく低下するといわれており²⁾、通常の状態に比べ、滑りやすい環境下にあると考えられる。

5. 長波長波状摩耗生成メカニズムの推定

以上の調査結果から、波状摩耗生成メカニズムは次の通りであると推測される。

- 1) 上り勾配での力行状態により推進力発生
- 2) 溶接部等の微小凹凸を起点として左右交互の輪重変動が発生
- 3) 特定区間の特殊な環境により粘着係数の低下
- 4) 接触力の変動により、周期的摩耗が発生
- 5) ひとたび波状摩耗が発生すると、輪重変動が増幅され、摩耗が加速

波状摩耗は、車両の運動に加え特定区間の特殊環境が重なった場合に形成されるものであると考えられる。

6. まとめ

今回、波状摩耗発生区間および新レール区間において、車両の運動からアプローチを行ない、生成メカニズムの解明を試みた。今後の課題としては、溶接部等の微小凹凸を起点として波状摩耗が成長することを地上側及び車両側で確認すること、および塩分の介在による車両運動の変化を把握することが必要である。

[参考文献]

- 1) 井手他:「新幹線特殊区間におけるレール波状摩耗管理手法」,土木学会第 52 回年次学術講演会,IV-374,1997.9
- 2) 大野他:「車輪・レール間の粘着へのさびの影響」鉄道技術研究所報告 NO.A-83-70,1983 年 6 月