

IV-371

波状摩耗発生メカニズムに関する一考察

九州旅客鉄道株式会社 正会員 伊達 和寛
(元鉄道総合技術研究所)

鉄道総合技術研究所 正会員 阿部 則次

鉄道総合技術研究所 正会員 片岡 宏夫

1. はじめに

近年、JR各社および地下鉄等の急曲線区間の内軌側レールに波長50～200mmの波状摩耗が発生し、それに伴う騒音・振動の環境問題、軌道材料および車両部品の劣化の問題が発生している。波状摩耗に関する研究は国内外で数多く行われているが、発生メカニズムおよび抑止策は未解明である。そこで鉄道総研では、基礎試験として急曲線通過時の車軸のねじれ振動に注目した実車走行試験を行うとともに、急曲線通過速度と外軌および内軌輪重の関係を調べた。以下に解析結果とそれに関する一考察について述べる。

2. 急曲線通過時の輪軸の挙動

急曲線通過時の輪軸の挙動を調べるために、実車走行試験を行った。実車走行試験は、鉄道総研内のループ線の半径152mおよび176mの2ヶ所の急曲線において、試験車両としてクモニ83系とクハ103系電車の2両編成を用いて、レール/車輪の接触状況をCCDカメラを用いて記録するとともに、車軸のねじれ振動を車軸の中央に貼付したせん断ひずみゲージを用いて測定した。

実車走行試験で得られた、急曲線通過時のレールと車輪の接触状況の例を図1に示す。図において、ボギー台車の前軸の車輪は外軌側に沿って走行しているが、後軸の車輪は、直線通過時と同様に内外軌とも車輪のほぼ同じ位置でレールと接触している。すなわち、急曲線通過時におけるボギー前軸の車輪の外軌側は車輪径の大きい部分で、内軌側は車輪径の小さい部分でレールと接触しており、前軸の車輪は内外軌の行路差を吸収する傾向にある。しかし、後軸の車輪においては行路差を十分に吸収できないまま走行し、レール上で車輪がスリップしている可能性が明らかになった。

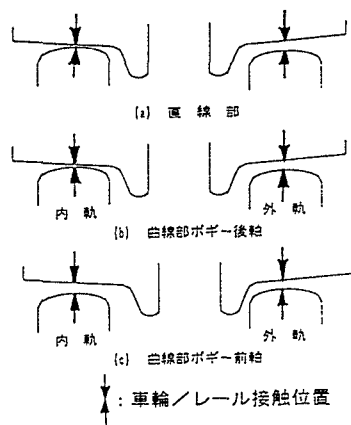


図1. 曲線通過時の車輪/レール接触位置

直線および半径176mの曲線を通過する際に測定した車軸のねじれ振動の周波数分析結果を図2に示す。図

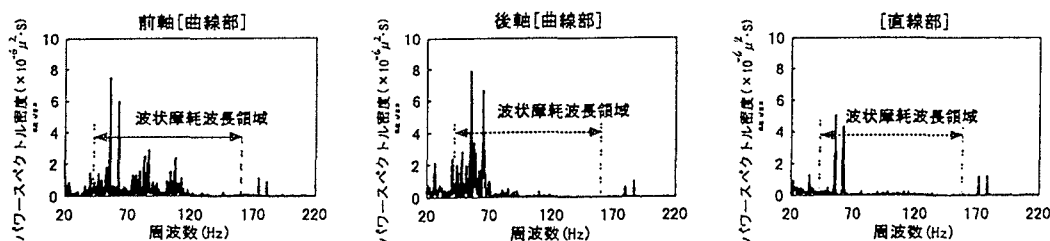


図2. ねじれ振動の周波数分析

キーワード：波状摩耗、急曲線、ねじり振動、輪重

鉄道総研軌道技術開発推進部 〒185 国分寺市光町2-8-38

TEL 0425-73-7276 FAX 0425-73-7432

において、直線通過時における車軸のねじれ振動の周波数は、測定輪軸固有の周波数と考えられる60Hzと180Hz付近で卓越し、それ以外の領域ではほとんど発生していない。一方、急曲線通過時には、これらの成分のほかに、前軸が70～110Hz、後軸が40～70Hz付近で卓越していることが明らかになった。急曲線通過時に卓越している周波数領域は、波状摩耗の波長領域内にあり、波状摩耗の発生の要因となっている可能性が認められた。

3. 曲線通過速度と内外軌の輪重との関係

従来から、地下鉄および路面電車の曲線部のレールには波状摩耗が多数発生していたものの、JRで波状摩耗の発生が顕著に見られるようになったのは、ここ7～8年のことであり、それ以前はあまり報告例がなかった。そこで最近の曲線通過速度と1973年の曲線通過速度の比較を行ったところ、基準速度は変わっていないが、急曲線通過時の最高速度は半径700m以下の曲線では20km/h向上していることがわかった。

そこで、速度向上の影響を知るために、JR九州が行った速度向上試験の結果をもとに、曲線半径ごとの

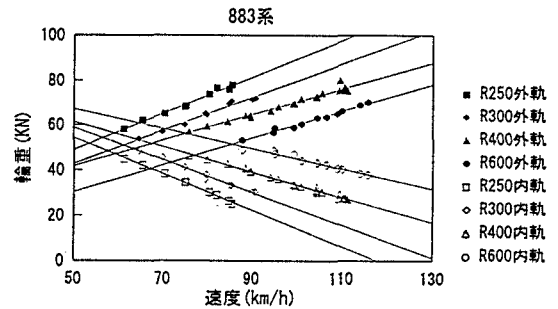


図3. 速度と輪重の関係

速度と内外軌の輪重との関係を調べた。883系の例を図3に示す。図より、各曲線半径とも、通過速度が増すと外軌輪重は増加し、逆に内軌輪重は減少していることがわかる。この図で、内軌輪重と外軌輪重の回歸線の交点がほぼ曲線通過時の均衡速度であり、交点より低い速度で通過している時は外軌の輪重が、高い速度で通過している時は内軌の輪重が減少する傾向が明らかになった。内軌輪重と外軌輪重の比を求めたところ、内軌輪重は外軌輪重に比べ、R400のとき、現行の基本速度75km/hで走行するとき約20%、最高速度の95km/hで走行するときは40%程度減少していることがわかった。他の列車および曲線半径についても、ほぼ同様の結果を得た。

4. 波状摩耗発生のメカニズム

以上の結果より、波状摩耗の発生機構は次のように考えられる。

急曲線通過時にボギー台車の車軸にねじれが発生し、このねじれの歪が走行距離に応じて増加する。それによって発生する車軸のトルクが増加し、レール／車輪間の接線力が限界摩擦力を超過したときに、レール／車輪間にすべりが発生する。このレール／車輪間のすべりにより車輪のトルクは一定レベルまで減少し、再度、車軸のトルクが増加する。この現象が繰り返されることにより、周期的な車軸のねじり振動が起きるものと考えられる。これが波状摩耗の発生要因の一つと考えられる。

速度向上により内軌側の輪重が小さくなっていることは、輪重と動摩擦係数の積である限界摩擦力が小さくなり、内軌上で上に述べた周期的なレール／車輪間のすべりが起きやすくなっていることを示唆している。

ただし、ねじり振動を測定した実車走行試験（図1、2）では、半径176mの曲線を約30km/hで走行しており営業線の曲線通過速度40～50km/hより低い速度であるため、外軌に比べ内軌に作用する輪重が大きく、外軌上でレール／車輪間のすべりが発生した可能性が高いと考えられる。

5. まとめ

急曲線区間における走行試験の解析結果および速度向上試験における輪重測定結果から、急曲線区間に発生している波状摩耗の発生要因の一つとして、内外軌の輪重値の相違が考えられる。

今後、これらの現象を現車試験により確認したいと考えている。

<参考文献>

伊達・阿部・片岡：曲線通過時の輪軸の挙動に関する一考察、第51回土木学会年次講演会、1996.9/E