

3514 車輪踏面形状の変化による乗り心地の検証

A study of ride comfort for wheel-profile a transformation

○兼清 誠、八野 英美、織田 和則（西日本旅客鉄道株式会社）

Makoto Kanekiyo, Hidemi Yano, Kazunori Oda (West Japan Railway Company)

Dealing with improve ride comfort is indispensable to plan the speed-up the Shinkansen. The trouble of wheel profile represented by wear wheel in the Shinkansen causes the aggravation of ride comfort. So, we performed studying of ride comfort for wheel-profile a transformation.

キーワード：新幹線、踏面形状、乗り心地、セミアクティブ装置

Keyword : shinkansen, wheel profile, ride comfort, semi-active suspension

1. はじめに

新幹線車両では0系車両の210km/h運転に始まり段階的に速度向上を重ね、現在は500系車両により世界最高速度の300km/h運転を行っている。一方で速度向上に伴い乗り心地の劣化が懸念され、その改善策として、台車諸元の変更やセミアクティブ装置、車体間ヨーダンパの導入等を行ってきた。

しかしこれらの対策を施した車両においても、長距離走行した後は乗り心地の悪化が確認されるようになり調査を行った結果、その要因の一つとして車輪踏面摩耗状態によりセミアクティブ装置が制御性能を発揮できていない可能性があることが考えられた。そこで、セミアクティブ装置の制御パラメータ適正化のため、走行試験を行い、車輪踏面の摩耗状態とセミアクティブ装置との関連を調査した。

2. 新幹線の乗り心地向上について

2.1 セミアクティブ装置による乗り心地向上

セミアクティブ装置は500系・700系新幹線電車から導入している。車両投入直後には計画通りの性能を発揮していたが、40万km走行した後に乗り心地が悪化することがわかった。調査を行った結果、各台車部品の状態に異状はなく、軌道状態も良好であることから、走行によって摩耗した車輪踏面の変化が乗り心地悪化の要因である可能性が考えられる。

2.2 踏面形状について

新幹線の車輪は図1で示す円弧踏面を使用しており、踏面には曲線通過で自己操舵性をもたせるため勾配がついている。

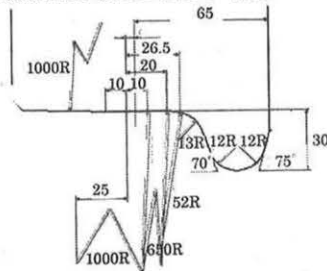
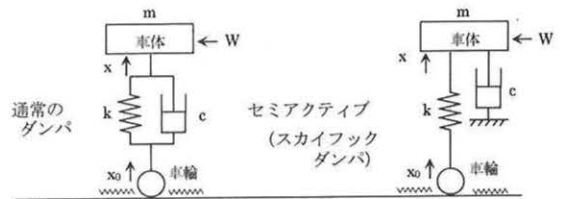


図1. 新幹線の車輪踏面形状（円弧踏面）

曲線通過時、左右の車輪は車輪とレールの接触面を滑りながら移動する。このとき車輪踏面の摩耗によって車輪とレールが接触している面の勾配が大きくなると、この滑り（クリープ力）も増加し、蛇行動や車両運動に大きく影響を与える。

2.3 セミアクティブ装置

支持モデルを図2に示す。



W: 車体に加わる力 x: 車体からの変位 x₀: レール・車輪からの変位
c: ダンパ係数 k: バネ定数 m: 重量

図2. ダンパ支持モデル

通常のダンパは台車と車体の間に設けられ、空力等による車体の振動を吸収すると同時にレールや車輪からの振動を抑制する役割がある。このダンパの減衰力を高くすると、車体に直接伝達してくる動揺や振動に対しては低減することができる。しかし、レールや車輪から伝達される振動が、車体へ伝達しやすくなり乗り心地が悪くなる。逆に減衰力を低くすると、台車からの振動は吸収しやすくなり車体へ伝達しにくくなるが、空力等の車体に加わる振動・動揺に対しては抑制できなくなる。

セミアクティブ装置は、動かない壁に固定したスカイフックダンパを仮想した可変式左右動ダンパで、発生する減衰力と同等の力を発生させて振動を抑制する。

しかし、スカイフックダンパによる制御では、ダンパ係数を大きくすることで車体の振動とレールや車輪からの振動の両方の振動を吸収することができ、乗り心地の向上することができる。

2.4 セミアクティブ制御

セミアクティブ装置の制御は、左右振動加速度を検出し、0.5～3Hzの左右速度に変換し、それに最も近いダンパ速度を選択し、左右振動の抑制制御を行う。しかし走行中の振動は状況に応じて変化するため、セミアクティブ装置の慣性、剛性、減衰要素のパラメータを動的に変化させる必要がある。台車ではダンパ定数・支持剛性等、輪軸では質量・車輪半径・路面形状等が大きく振動の制御性能に影響するが、現行の制御のパラメータは走行に伴う車輪路面の形状変化を考慮していない。そのため、現状の乗り心地の悪化は、路面形状の変化がセミアクティブ制御の効果低減に影響するものと考えられる

3. 試験結果

3.1 試験概要

500系新幹線電車で測定機器を搭載し、車輪研削前と車輪研削後の路面形状比較及び左右振動比較を行った。

- ・試験車両 500系新幹線電車10号車(45.8万km走行)
- ・最高速度 300km/h

3.2 試験結果

(1) 路面形状測定結果

路面形状の比較を図4に示す。

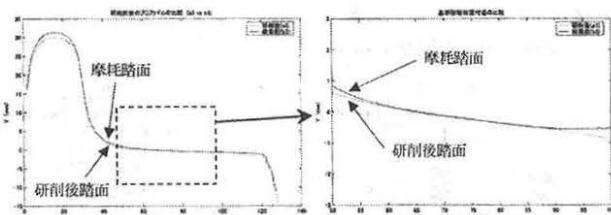


図4. 路面形状

図4左図により、研削前後の路面状態を比較すると、路面摩耗により路面勾配が大きくなっているが、右図に示す通り、円弧部分においては路面勾配に変化がないことがわかる。

(2) 周波数分析

左右振動の周波数分析を行った。研削前後の比較では、直線区間ではほぼ等しく、曲線区間で若干の向上が確認できた。

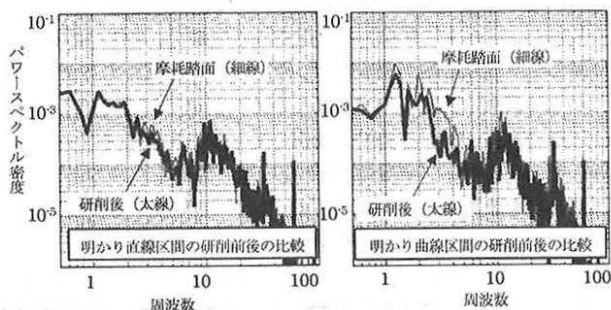


図5. 周波数分析(直線・曲線区間の比較)

直線区間ではレールと接触する円弧部の路面勾配に変化がなかったため研削前後の加速度に変化がなかったものと考えられる。また、曲線区間の乗り心地は向上したものの、改善は主に2～5Hzの制御領域外(セミアクティブ装置の制御領域は0.5～3Hz)の周波数で見られた。そこで、セミアクティブ装置の効果を確認するため、曲線区間における制御状態とパッシブ(非制御)状態での比較を行った。

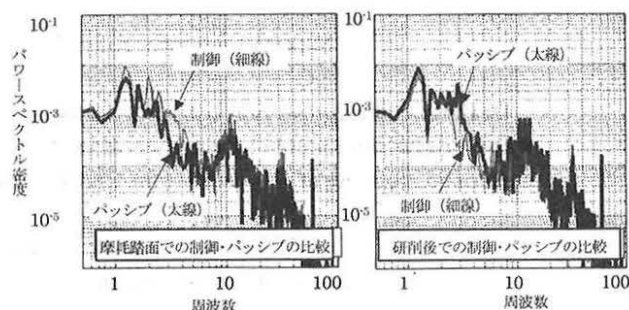


図6. 周波数分析(セミアク「制御」「パッシブ」比較)

摩耗路面での振動抑制効果は、制御時にはパッシブ時と同等もしくは以下であり、研削後では、制御時はパッシブ時に比べ2～3Hz領域において改善されていることがわかった。これにより、摩耗路面ではセミアクティブ装置の効果が低減し、車輪研削で路面を修正することによってセミアクティブ装置の効果が回復する傾向があることが確認できた。

この原因としては、車輪摩耗によって路面勾配が大きくなることによるクリープ力の増大が、車輪を左右方向へ動きやすくしたためにセミアクティブ装置の制御が追従できなくなったものと考えられる。

しかし、一部の試番では改善効果が現れていないものもあり、結果に多少のバラツキが見られた。今回の調査では、路面形状の変化が小さかったこともあるが、測定車両が編成中間であったことから発生振動が小さくセミアクティブ装置の領域外の状態が多いことが考えられる。

(3) 乗り心地レベル

路面研削前後の乗り心地レベルの比較を行ったが、周波数分析結果と同様に、直線区間では研削前後での顕著な差がなく、曲線区間においても若干の改善が確認できた。

4. まとめ

今回の調査で路面に摩耗があった場合、セミアクティブ制御の効果は低下する傾向があることがわかった。今後は、路面形状が変化する過程を確認し、検証の深度化を図ることにより、路面形状の変化に対応したセミアクティブ装置の制御パラメータを追及していきたい。

参考文献

- 1) 佐々木君章他、新幹線車両用低コスト型セミアクティブサスペンションの開発、J-Rail'01,p597～600