

車輪～レール間の摩擦係数が曲線通過性能に及ぼす影響に関する検討

正 [機] ○足立 雅和 (交通研)

正 [機・電] 松本 陽 (交通研・名誉研究員)

Effects of friction coefficient between wheel and rail on vehicle curving performance

Masakazu ADACHI, National Traffic Safety and Environment Laboratory, 7-42-27, Jindaiji-higashi-machi, Chofu City

Akira MATSUMOTO, Emeritus Researcher, NTSEL

It is important to reduce lateral and longitudinal creep force on the contact point between wheel and rail in order that rolling stock runs safely and smoothly on curved tracks. Vehicle dynamics of rolling stock has been greatly affected by characteristics of creep forces on the contact point between wheel and rail. Excessive creep forces would possibly increase attack angle of wheelsets and lateral forces of wheel to rail. Consequently the increase of creep forces causes the decline of vehicle curving performance. As creep forces depend on friction coefficient of the contact point, the authors studied effects on curving performance by the difference of friction coefficient on the contact point between wheel and rail, and conclude the reduction of friction coefficient on inner rail can improve vehicle curving performance.

Keywords: friction coefficient, railway, simulation, multibody dynamics, curving performance

1. はじめに

鉄道車両の車輪は円滑に曲線走行できるように踏面勾配がつけられている。この踏面勾配によって、輪軸は自己操舵性を持つが、踏面勾配の大小は直進走行安定性と曲線通過性能に影響し、かつ、これらは一般的に相反するトレードオフの関係にあるため、実用上、踏面勾配の取りうる値は限られてくる。このため急曲線では、車輪～レール間に著大なアタック角や著大な横圧値が生じ、異常摩耗や脱線事故の原因ともなる。よって、鉄道車両が曲線上を安全かつ円滑に走行するためには、アタック角や横圧値を低減させる必要がある。また、鉄道車両の運動は、車輪～レール間に発生するクリープ力特性の影響を受ける。過大なクリープ力は、アタック角や横圧値の増加を誘発し、曲線通過性能の低下につながるおそれがある。車輪～レール間に発生するクリープ力は、車輪～レール間の摩擦係数に依存するところが大きく、摩擦係数の増加による曲線通過性能および走行安全性の低下が指摘されている。したがって、鉄道車両の曲線走行性能を向上させるためには、車輪～レール間の摩擦係数を低下させることが有効であり、摩擦係数を低減させるために、レール上への散水、塗油および摩擦調整剤の使用が検討・実施されている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

そこで、本研究では、曲線通過性能向上を目的として開発されたリニアメトロ用円弧踏面と50kgNレールを対象に、車輪～レール間の摩擦係数が曲線通過性能に及ぼす影響について、シミュレーションにより検討した。

2. 車輪とレールの接触特性

2.1 車輪とレール

本研究で検討した車輪は、曲線通過性能を特に考慮した踏面であるリニアメトロ用円弧踏面(図1)、レールは50kgNレールである。

2.2 接触特性解析結果

前述の車輪とレールを用いて、軌道間隔を1435mmと

し接触特性解析を行った。図2に、レールに対する輪軸左右変位と車輪半径差の関係を示す。

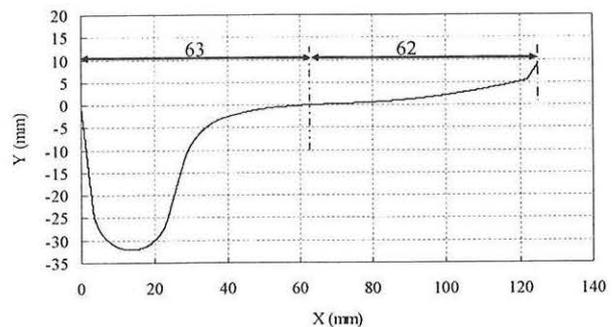


Fig.1 Arc-shaped wheel tread for linear metro

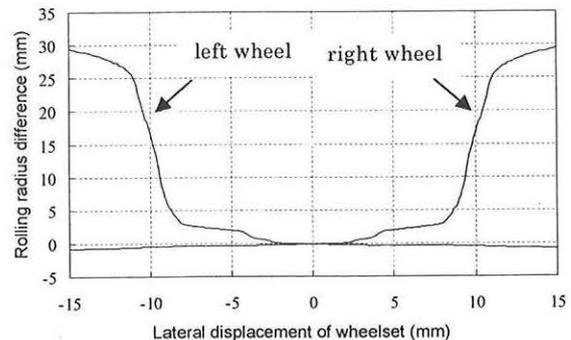


Fig.2 Relation of lateral displacement of wheelset and rolling radius difference

3. 車両運動解析

3.1 車両運動解析条件

車輪とレールの接触特性解析結果を用いて、車両運動解析を行った。曲線走行シミュレーション⁽⁴⁾においては、

走行速度 30km/h, 円曲線は曲線半径 100m, カントなしとし, 内軌側および外軌側の摩擦係数を 0.05~0.3 の間で 0.05 毎に設定した. 円曲線に入って定常状態に達したときの横圧値および脱線係数を算出した.

3.2 車両運動解析結果

図 3 および図 4 は外軌側摩擦係数を 0.3 にし, 内軌側摩擦係数を 0.05~0.3 に 0.05 毎に変化させた場合の結果である. 図 3 は, 内軌側摩擦係数と横圧値の関係を示す. 図より, 内軌側摩擦係数が小さくなると, 先頭軸外軌側の横圧値が顕著に低下することが認められる. また, 先頭軸内軌側の横圧値も低下する傾向がある. 一般に, 曲線が急曲線になるにつれて, 先頭軸外軌側横圧値が増加する傾向があるが, 内軌側摩擦係数が低下すると, 先頭軸外軌側横圧値が顕著に低減する傾向が認められるので, 曲線通過性能向上に寄与できるといえる. 図 4 は, 内軌側摩擦係数と脱線係数 (横圧・輪重比) の関係を示すが, 内軌側摩擦係数が低下すると, 第 1 軸の脱線係数が顕著に低下することが認められる. また, 全体的に, 内軌側摩擦係数の低下により, 脱線係数が大幅に増加することはない. したがって, 内軌側摩擦係数を低下させると, 曲線通過性能が向上すると考えられる.

次に, 図 5 および図 6 は内軌側摩擦係数を 0.3 にし, 外軌側摩擦係数を 0.05~0.3 に 0.05 毎に変化させた場合である. 図 5 は, 外軌側摩擦係数と横圧値の関係を示すが, 外軌側摩擦係数の違いにより, 横圧値に顕著な変化は認められない. また, 図 6 は, 外軌側摩擦係数と脱線係数の関係を示すが, 外軌側摩擦係数の違いによる脱線係数の変化は顕著には認められない. したがって, 外軌側摩擦係数の低下は曲線通過性能向上には効果がないと考えられる.

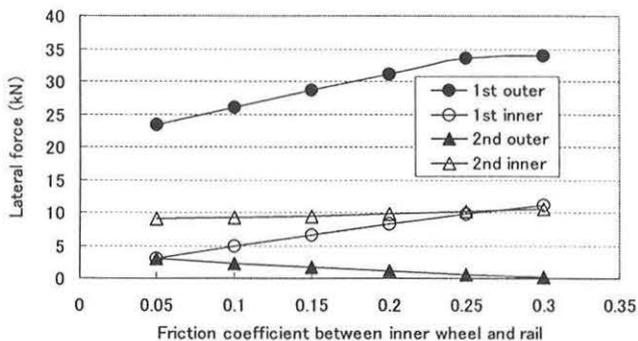


Fig.3 Relation of inner friction coefficient and lateral force

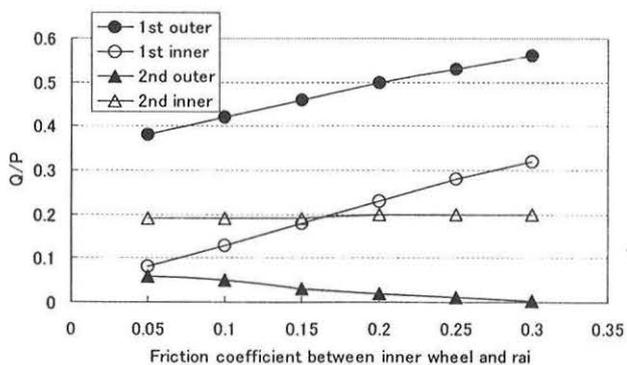


Fig.4 Relation of inner friction coefficient and derailment coefficient

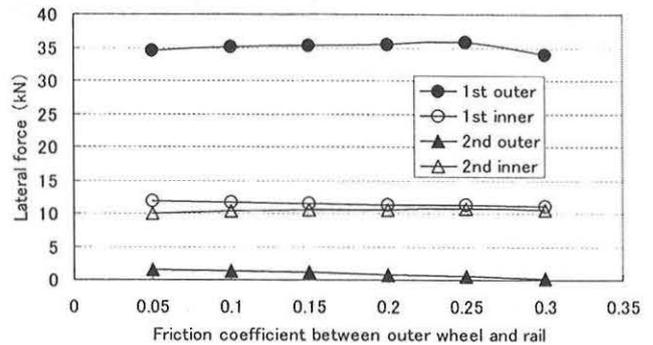


Fig.5 Relation of inner friction coefficient and lateral force

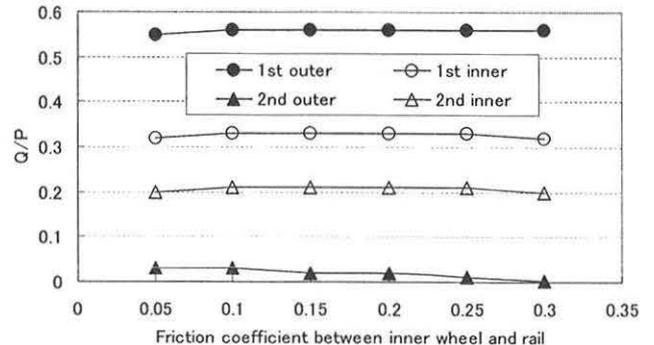


Fig.6 Relation of inner friction coefficient and derailment coefficient

4. 結論

本研究では, リニアメトロ用円弧踏面と 50kgN レールを対象に, 車輪~レール間の摩擦係数が曲線通過性能に及ぼす影響について, シミュレーションにより検討した. その結果, 内軌側摩擦係数の低下は曲線通過性能の向上に寄与し, 対して, 外軌側摩擦係数の低下により曲線通過性能は向上しないことが示された.

参考文献

- 1) Smith, W., et al. : Cellular phone positioning and travel times estimates, Proc. of 8th ITS World Congress, CD-ROM, 2000.
- 2) Tomeoka, M., et al. : Friction control between wheel and rail by means of on-board lubrication, WEAR 253 (2002) pp.124-129.
- 3) Matsumoto, A., et al. : Creep force characteristics between rail and wheel on scaled model, WEAR 253 (2002) pp.199-203.
- 4) Adachi, M. and Matsumoto, A., Improvement of Running Performance of Railway Vehicles by Gauge Widening, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C, Vol.75, No.752(2009), pp927-934.