

車輪／レール間の摩擦制御に関する研究 Study on Wheel/Rail Friction Control Method

201511

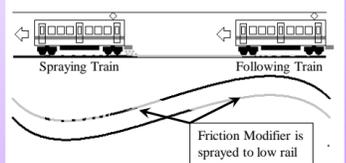
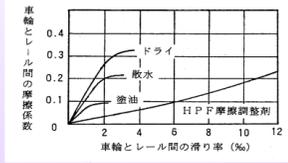
摩擦調整材の使用による摩擦制御

車輪／レール接触問題の代表例

1. 車輪滑走・空転・登坂不良 → **低すぎる摩擦係数**
2. 横圧増大
3. 車輪・レールの偏摩耗
4. レール波状摩耗
5. キシリ音 など → **高すぎる摩擦係数**

相反する課題の両立

摩擦調整材による
レール/車輪間の摩擦特性の制御

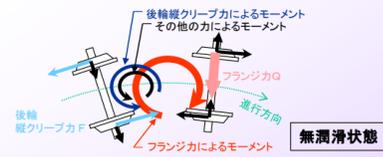


- 適度な摩擦係数
- ポジティブな摩擦特性
- 内軌頭頂面への塗布
- 車上からの噴射
- 後続編成で効果

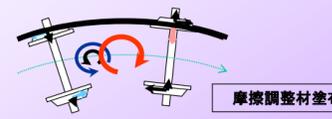
車輪／レール接触状態別摩擦特性

摩擦制御の基本概念

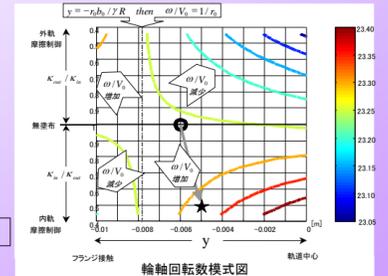
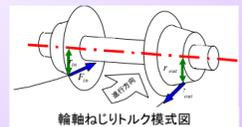
フランジカの低減メカニズムとその影響



クリープ力などによるモーメントを打ち消すため、前軸外軌側車輪に著大なフランジカが発生する

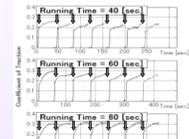


クリープ特性を制御することでフランジカQを小さくすることができる

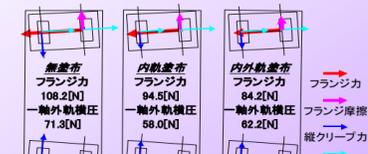


変数として考えられていなかった輪軸の回転を新たな自由度として考慮する必要がある

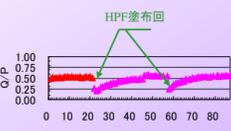
実用化に向けての検証試験まとめ



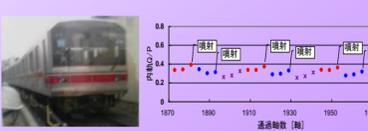
ベンチ試験 (塗布量・塗布間隔が重要なパラメータと確認)



シミュレーション (内軌塗布時に前輪軸外軌の横圧低減を確認)

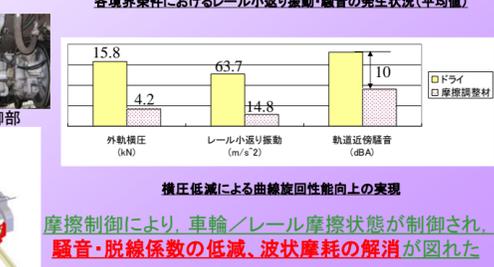
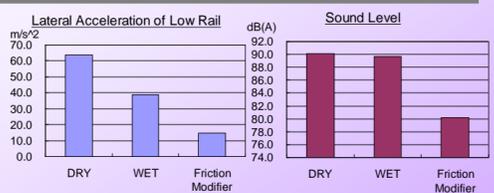


模型試験 (塗布時、Q/P値が下がり、外軌横圧の低減を確認)



実車試験 摩擦調整材塗布が曲線通過性能向上に効果的であることが確認された

営業線(千代田線支線、丸の内線支線)で実用化



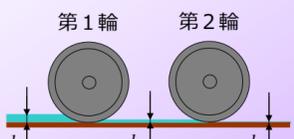
Institute of Industrial Science 共同研究: 東京地下鉄株式会社, 新日鐵住金株式会社, 日鉄住金レールウェイクス株式会社

摩擦係数の各軸変化を考慮した車両の運動に関する研究 Study on Friction Characteristics of the multiple wheels

レール/車輪間のクリープカへの影響

軽量車両の短編成走行において、軽い輪重条件における車両運動解析が必要。

- レール/車輪間に働くクリープカを計算する上で重要な要素
 - ・ 輪重
 - ・ 摩擦係数
- 摩擦係数はレール, 車輪の表面状態の影響を受ける
 - ・ 雨
 - ・ 温度
 - ・ レール, 車輪の表面粗さ
 - ・ 固形物(雪, 石, ゴミetc.)
- 雨による水膜の厚さは後ろの車輪になるに従って薄くなる



摩擦係数は水膜の影響により軸毎に異なる値をとる

長編成な列車では、後方の車両の摩擦力で前方の摩擦力をカバーできる
短編成な列車では、レールと接触する車輪の数が少ないためカバーできない

軸毎の摩擦係数変化が重要な意味を持つ

摩擦係数の変化とモデルの構築

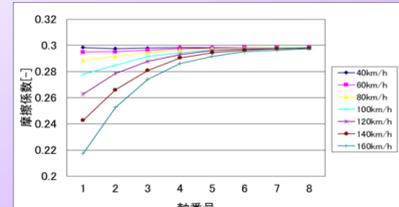
大山らによる水膜の介在したレールと車輪間の摩擦係数の求式¹⁾

$$\mu = \frac{\mu_c W_c + \mu_h W_h}{W}$$

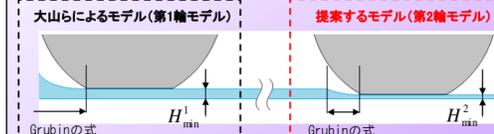
W: 輪重 W_c: 突起部が受ける荷重 W_h: 水膜が受ける荷重
μ_c: 乾燥時の摩擦係数 μ_h: 水膜のせん断応力係数

1) 大山忠夫, 陳輝, 石田誠: 鉄道のレールと車輪間のEHL, トライボロジスト, 49, No.4(2004), pp. 316-322

水膜減少量 $\alpha = \frac{1}{2}$ と仮定した場合の摩擦係数の軸別変化



第2輪水膜モデルの構築

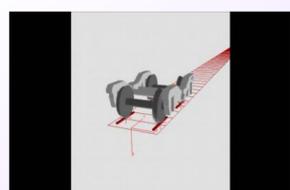


第n輪の最小膜厚値 H_{min}ⁿ に対し、第n+1輪の最小膜厚値 H_{min}ⁿ⁺¹ を H_{min}ⁿ⁺¹ = α · H_{min}ⁿ と仮定 α (< 1): 水膜の減少率

実測による照合が必要であり、計測を行う予定

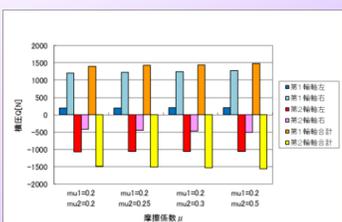
前後で摩擦係数が異なる場合の車両運動解析

摩擦係数が前後軸で異なる場合の鉄道車両の運動について、マルチボディダイナミクス解析ソフトSIMPACT(ver.8904)を用いて解析



- 車両モデル**
 - 軸距: 1900mm
 - 踏面形状: 修正円弧踏面
 - 輪軸質量: 1500kg
 - その他各パラメータは一般的な鉄道車両のものを使用
- 軌道モデル**
 - 直線軌道500m
 - 入口緩和曲線100m(正弦波減速)
 - R2000曲線軌道500m
 - 出口緩和曲線100m(正弦波減速)
 - 直線軌道1000m
 - カント量27mm(80km/h均衡)

解析例: 前後で摩擦係数が異なる場合の曲線通過時定常横圧



解析を行った結果、曲線通過時の定常横圧は

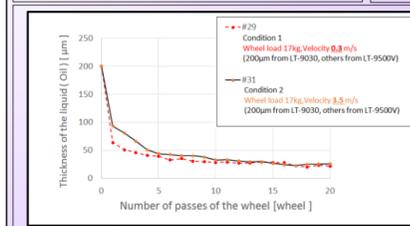
- 後側輪軸の摩擦係数による大きな影響はない
- 輪重の増減に関らず定性変化は同じ(総重量6000kgを例示)

ということを確認

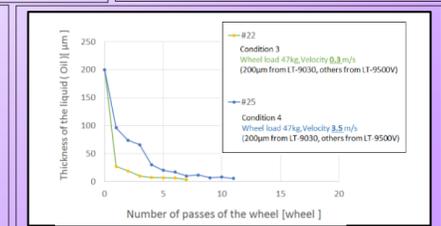
車輪・レール系における液体膜の計測

摩擦係数の変化とモデルの構築において、液膜変化の実態を知る必要がある。

- 一方、レール上の液体の状態に関する計測、特にレール上の液体膜の厚さに関する実データはほとんど存在しないため、計測が必要となる。
- 実環境に適用可能な技術開発を、縮小モデルで行った。



車輪の通過回数と測定点におけるレール上油膜厚さの計測結果例(重さ17kg)



車輪の通過回数と測定点におけるレール上油膜厚さの計測結果例(重さ47kg)

レール上の液体の厚さは、車輪の通過速度、輪重により影響を受ける。 共同研究: 西日本旅客鉄道株式会社