

損傷抑制を目的としたトングレール改良形状の車両走行シミュレーションによる評価と 営業線調査における乗移り位置の推定方法について

東京地下鉄（株） 正会員 ○高橋 浩市朗

東京地下鉄（株） 渡邊 真一

日鉄レールウェイテクノス（株） 久保 奈帆美

関東分岐器（株） 佐藤 倫成

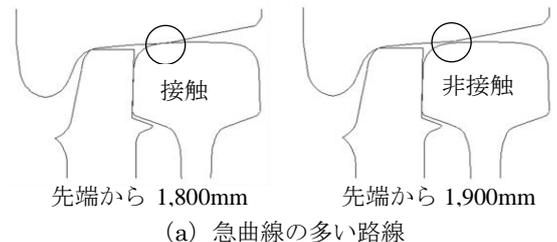
1. はじめに

急曲線の多い路線では、曲線通過性能向上のため反フランジ側の勾配が大きい踏面形状の車輪を採用している。この車輪がポイントを通る際、他路線と比較してトングレール先端側で乗り移るが、トングレール先端側は相対的に強度が低いため、トングレール損傷の一因になる。また、乗移り時、トングレールに接触している箇所の車輪踏面の勾配が大きいため、接触面積が減少し接触面圧が増加する。この接触面圧の増加は、トングレールの摩耗や金属疲労の蓄積につながる。これらの対策として、乗移り位置がより後端側で、かつ接触面圧を抑制可能なトングレール形状を検討し、乗移り位置及び接触面圧を分析対象とした車両走行シミュレーションを実施することで、形状検討の妥当性を評価した。また、今後営業線調査で形状検討の妥当性を評価するため、形状検討前のトングレールを対象に乗移り位置の実態調査を実施した。

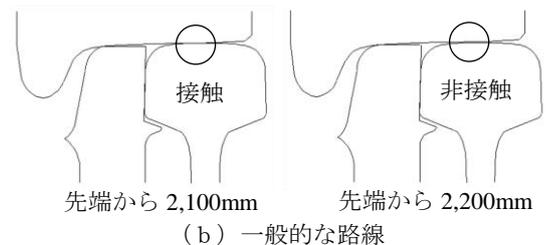
2. トングレール形状の検討

2. 1. 検討対象トングレール

標準軌用 8 番分岐器の弾性ポイントトングレールについて検討した。このポイントの車輪-レール間の静的接触解析結果を図 1 に示す。車輪踏面形状の違いにより、急曲線の多い路線の乗移り位置は、一般的な路線と比較して 300mm 先端側になる。また、乗移り位置におけるレール頭頂面と車輪踏面の勾配が大きく、接触面積が小さい。



(a) 急曲線の多い路線



(b) 一般的な路線

図 1 路線による乗移り位置の違い

2. 2. 縦勾配取付け位置及び断面形状の変更

縦勾配取付け位置を変更することで、車輪の乗移り位置を断面が大きく強度のある後方に移動した。また、トングレール頭頂面を走行車輪踏面に近似した形状とすることで接触面積を増加させ、接触面圧の軽減を図った。

2. 3. 新たなトングレール形状

縦勾配取付け位置及び断面形状の変更により、以下に示す新たなトングレール形状を提案する。形状検討前後における縦勾配の取付け位置及び断面形状を図 2 に示す。

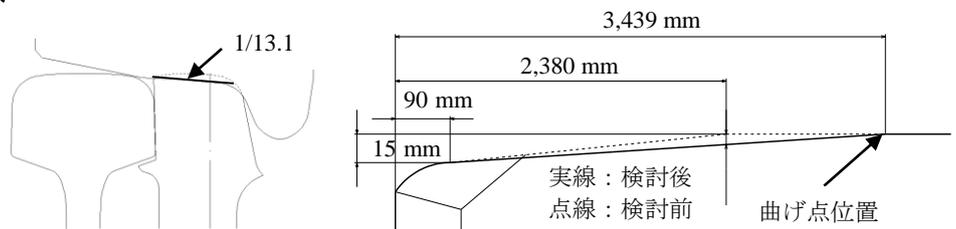


図 2 形状検討前後における縦勾配の取付け位置及び断面形状

(i) 縦勾配の範囲は、トングレール先端 90mm から 3,439mm の位置とする

(ii) トングレール頭頂面の断面には、1/13.1 の勾配を取り付ける

キーワード トングレール, 損傷抑制, 車両走行シミュレーション

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社 工務部軌道課 TEL03-3837-7094

3. 車両走行シミュレーションによる評価

形状検討前後のトンダレールについて、車両走行シミュレーションを実施し、形状検討の妥当性を評価した。車両モデルは現行の営業列車相当で、乗車率は200%、進入速度は60km/h、進入方向は基準線側の対向とし、道床はコンクリート道床を想定し剛体とした。評価項目は、乗移り位置及び接触面圧とした。乗移り位置及び接触面圧の解析結果をそれぞれ図3、4に示す。形状検討前と比較して検討後のトンダレールは、乗移り位置が約0.7m後方に移動している。また、検討後のトンダレールにおいて接触面圧が減少していることから、乗移り時の接触面積は増加しているといえる。形状検討時の狙い通り、乗移り位置の後方移動及び乗移り時の接触面圧低下を達成していることから、トンダレールの損傷抑制が可能になると考えられる。なお、形状検討後のトンダレールにおいて、脱線に対する余裕度が上昇していることは別報で報告済みである²⁾。

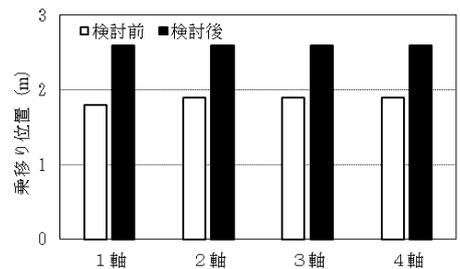


図3 乗移り位置の比較

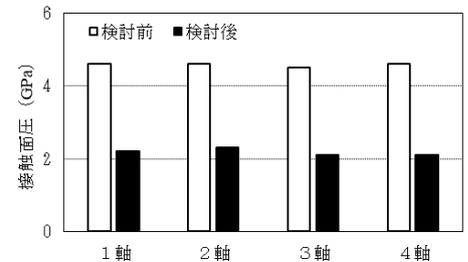


図4 接触面圧の比較

4. 営業線調査における乗移り位置の推定方法

営業線における乗移り位置の実態を調査するため、振動加速度及びひずみ測定データから乗移り位置を推定した。本研究では、以下に示す手法により乗移り位置の推定を可能とした。

- (i) 図5のように乗移り部近傍に振動加速度計及びひずみゲージを取り付ける。
- (ii) 乗移り時に生じた地点①の振動加速度の発生時刻と地点④における車輪通過時のひずみ発生時刻を基に乗移り位置を算出する。なお、乗移り時に発生した振動の伝達は十分に早く、乗移りによる振動発生地点と測定地点のずれの影響は無視できるものとする。

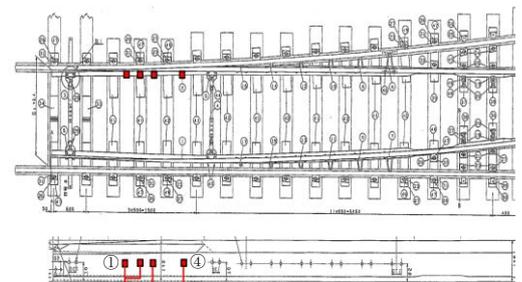


図5 センサー設置位置

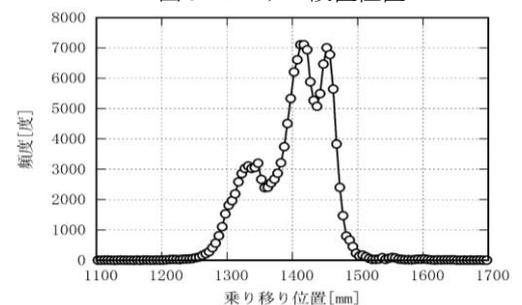


図6 乗移り位置の推定値の頻度分布

形状検討前のトンダレールを対象に、上記手法により推定した乗移り位置の頻度分布を図6に示す。図6に示すグラフから、乗移り位置がトンダレール先端から1300mm～1470mm付近で推移していることを確認した。また、照り面調査の結果（照り面開始地点：1160mm、照り面終了地点：1675mm）から、乗移り位置の推定値は十分信頼性の高い値であると言える。今後、形状検討後のトンダレールを対象に同様の調査を実施することで、形状検討の妥当性を評価したい。

5. おわりに

本研究では、トンダレールの損傷発生抑制を目的に、接触面圧の軽減及びトンダレール後端での乗移りが可能な新たな形状を検討し、走行シミュレーションの実施により狙い通りの効果を確認することができた。机上での有効性を確認できたことから、今後、営業線調査における乗移り位置の比較・評価を実施するべく、形状検討前のトンダレールを対象に、試験敷設を実施し乗移り位置を推定した。本研究により、乗移り位置の推定が可能になったことから、今後検討後のトンダレールを敷設し、乗移り位置の推定を実施する予定である。

参考文献

- 1) 原幸一郎：「頭部幅改良トンダレールの試験敷設」, 新線路, 2011, 65(9), p. 9-11
- 2) 高橋, 渡邊, 新井, 吉野, 小野里, 山崎, 久保：「乗移り時の損傷抑制を目的としたトンダレール形状検討と列車走行シミュレーションによる評価」, 土木学会第75回年次学術講演会, 2020