

耐摩耗トングレールの開発

軌道技術研究部 軌道構造
研究室長 吉田 眞

1. はじめに

在来線、新幹線を問わず、分岐線側の通過車両が多いポイント部ではトングレールの摩耗が著しく、交換周期が非常に短いのが実態である。材料コスト削減の観点からも、摩耗の少ないトングレールの開発が要望されている。しかし、トングレールの材質および形状の変更は、走行安全上極めて高い信頼性が要求される。

そこで、トングレールの摩耗の発生状況について実態および傾向を把握し、これまで摩耗対策として採用されてきたスラッククエンチ式熱処理 (SQ 処理) のトングレールよりも更に耐摩耗性能を向上し、使用期間の延伸を目的とした耐摩耗トングレールを開発した。なお、開発した耐摩耗トングレールを試作し、営業線のポイント部に試験敷設した結果、良好な耐摩耗性能を有していることを確認した。

以下に開発した耐摩耗トングレールの概要を紹介する。

2. トングレールの摩耗の実態調査

在来線の営業線に敷設されている分岐線側トングレールについて、摩耗の実態調査を行った。列車の進行方向別にトングレールの摩耗傾向を比較すると、対向と比較して背向の方がトングレール先端から 300mm~400mm の位置で摩耗量が最も大きく、後端側の位置ほど摩耗量は小さくなる傾向があった。そこで、過去の敷設実績から摩耗の進みが比較的速い 50N レール用 101 形式 12 番分岐器用ポイントの分岐線用トングレールにスラッククエンチ式熱処理を施したトングレール (以下、「現行品トングレール」と称する。) を対象に交換直後からの摩耗測定を実施した。

図 1 に測定位置別の摩耗量を、図 2 に摩耗量の推移を示す。

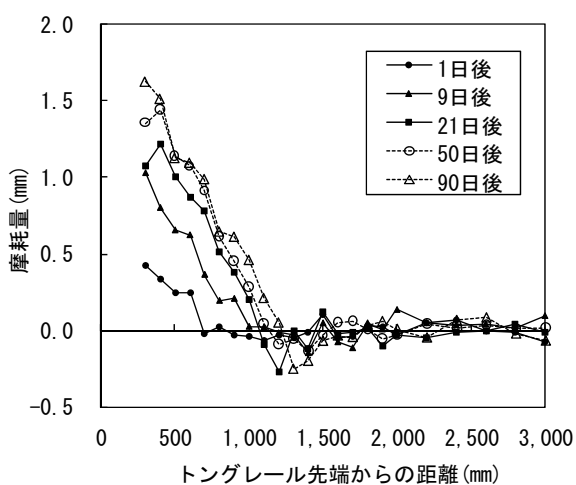


図 1 測定位置別の摩耗量

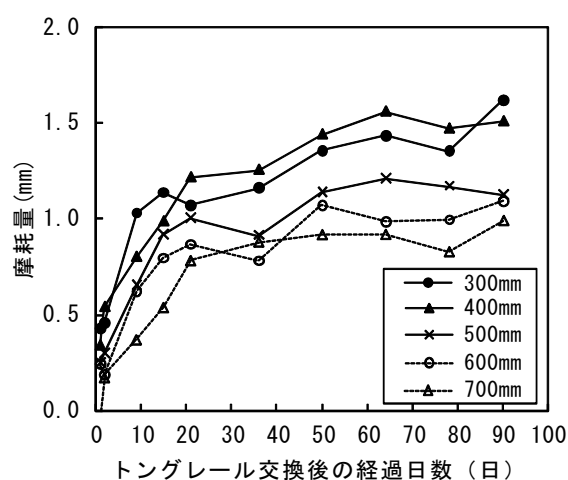


図 2 摩耗量の推移

図1より、トンダレール先端から300mm~400mmの位置の摩耗量が最も大きく、測定位置がトンダレール後端側になるほど摩耗量は小さくなる傾向であった。また、トンダレール先端から1,100mm~3,000mmの範囲では顕著な摩耗は認められなかった。図2より、各測点ともトンダレール交換直後から摩耗が急進的に進行し、その後摩耗の進行は緩やかとなる2段のこう配を有する傾向が認められた。特に摩耗量が大きかった先端から300mmの位置での摩耗の進行状況は、交換直後からの摩耗の進行速度は、緩やかとなるそれ以降の摩耗の進行速度の約7倍であった。

図3に先端から300mmの位置における交換後90日経過の摩耗形状を示す。なお、図中には設計修正円弧踏面形状の設計車輪断面も併せて示す。図3より、修正円弧踏面車輪のフランジ形状とフローを含めたトンダレールの摩耗形状が接触面ではほぼ一致している。また、トンダレールの塑性変形によりレール上方および下方にフローが発生していることが確認された。これらのことから、図1に示したトンダレールの摩耗の推移について、トンダレール交換直後からの初期段階では、フローを伴う急進的な摩耗状態となり、その後は車輪フランジとの接触面積の増加に伴い接触面の圧力が低下したため塑性変形が抑制され、摩耗の進行速度が緩やかになったと推定される。

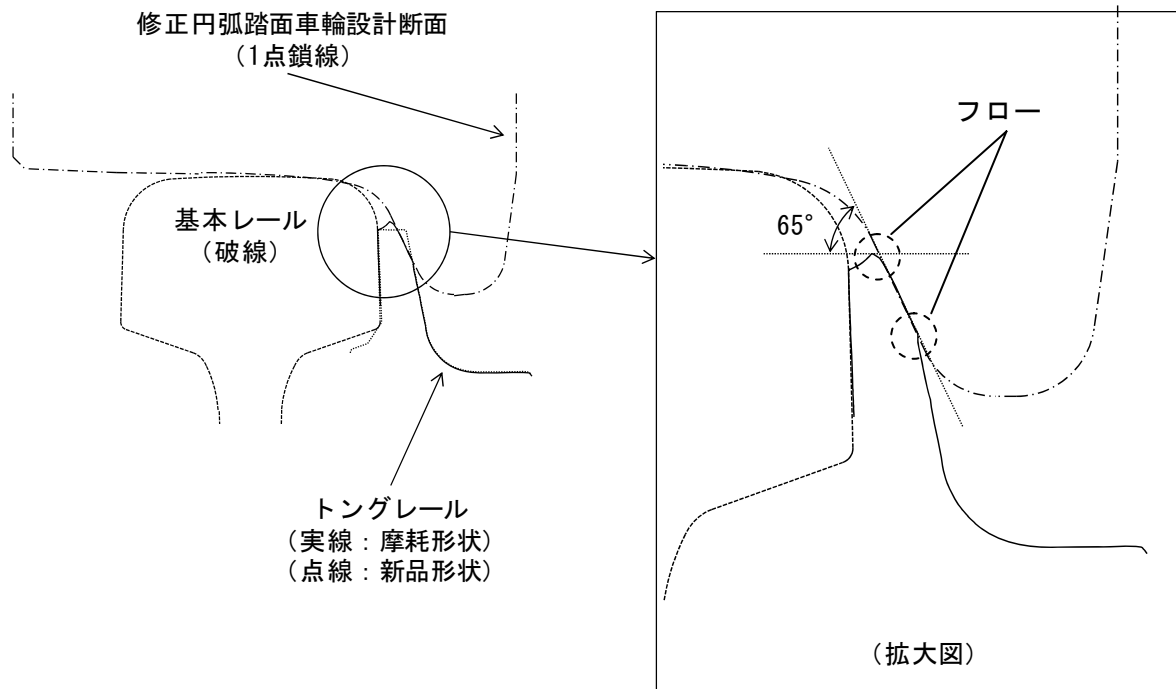


図3 トンダレールの摩耗形状 (先端から300mm、交換後90日経過)

3. 耐摩耗トンダレールの概要

トンダレールの摩耗の実態調査よりトンダレール先端部の摩耗を抑制できれば使用期間の延伸を図ることができる。そのため、トンダレール先端部の摩耗を抑制するためには、トンダレール先端部の硬さを高くすることと車輪との接触面の増加が有効と考える。そこで、耐摩耗トンダレールの開発では、トンダレールの耐摩耗性の向上を目指し、トンダレールの材質の変更、新熱処理方法を考案およびトンダレール先端形状の改良を行った。

(1) トンダレールの材質の変更および新熱処理条件

耐摩耗トンダレールの素材については熱処理特性を考慮して、HH340 レール(現用熱処理レール)

素材に変更することにした。この HH340 素材を用いて製造されたトングレールを試験材として、室内試験により種々の条件で熱処理を実施し、熱処理後の試験材の断面硬さ分布および金属組織を確認することにより、表層硬さを高めて内部のじん性を確保するための熱処理条件を抽出した。その後、被熱処理材の断面形状、炉内温度、送り速度および冷却速度などを調整し、トングレール頭部表層の硬さを必要な範囲で増加させるとともに、加熱領域の境界部（熱影響部）の位置をレール断面形状が複雑に変化する領域を避け、上首部よりやや下側の腹部位置になるように調整した。

図 4 に現行熱処理条件と新熱処理条件の硬さ分布を示す。図中の濃淡表示は硬さを示し、淡方向は軟らかく、濃方向は硬いことを意味する。新熱処理条件による熱処理後の硬さ分布は、所期の目標どおりに頭部表層の硬さが高く、内部ではじん性を確保するために硬さが抑えられている。

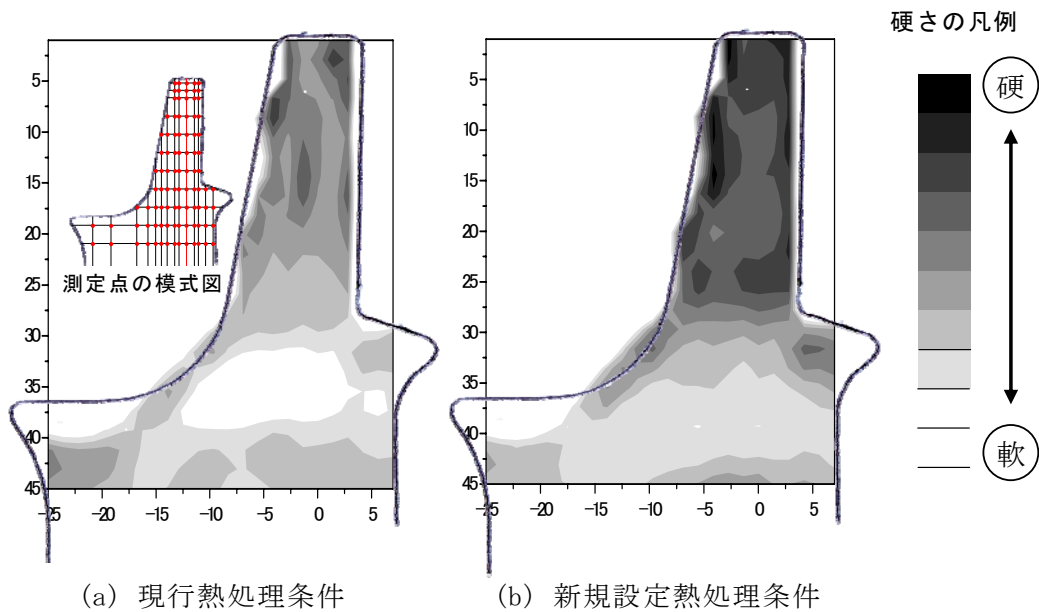


図 4 硬さ分布

(2) 先端形状の改良

トングレール先端部の摩耗形状より摩耗の抑制には初期段階の塑性変形の抑制および車輪フランジとの接触面の圧力低下が有効であると考え。このため、新品の状態から車輪フランジとの接触面を増加させることにより初期段階の摩耗の進行を抑制できると考え、ゲージコーナー側の先端形状に軌間線の位置（基本レール頭面より 14mm 下方の位置）よりフランジ角度と同じこう配をもつ断面形状とした。図 5 に修正円弧踏面車輪を対象とした場合の詳細図を示す。

なお、断面形状の改良部の勾配は主に通過する車輪形状に合わせることをとする。また、分岐器の番数および種別によりトングレールの先端部の形状が異なるため、改良断面形状の位置はトングレールの頭部幅を基準としている。

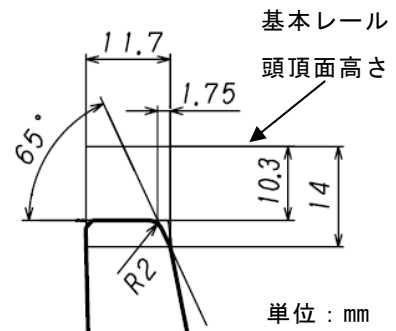


図 5 改良断面形状の詳細図
(P_{50N}12-101)

4. 営業線における試験敷設

在来線の営業線において、試作した耐摩耗トングレールの試験敷設を行った。試験敷設は、2. トングレールの摩耗の実態調査において、交換直後からの摩耗測定を行ったポイント部の分岐線用トングレールとし、敷設後1日～113日間で7回の摩耗測定を行った。

摩耗量の推移の例として、図6に耐摩耗トングレールと現行品トングレールについて、摩耗量の大きい先端から300mmの位置と先端から600mmの位置における摩耗量の推移を示す。図6より、耐摩耗トングレールは現行品トングレールよりも摩耗量が小さく、耐摩耗性が向上していることが認められる。摩耗の実態調査から摩耗量が最も大きい先端から300mmの位置における摩耗量について比較すると、現行品トングレールが90日経過時点で約1.6mmであるのに対して、耐摩耗トングレールは113日経過時点で約1.1mmと敷設後の日数は異なるものの7割程度に抑えられており、良好な耐摩耗性能を有していることが確認できる。また、図7にトングレール先端から300mmおよび600mmの位置における発生したフロー高さの推移を示す。図7より、耐摩耗トングレールは現行品トングレールと比較して初期のフローが小さい。このことから、フローを起因とする水平裂の発生を抑えることができると推定される。

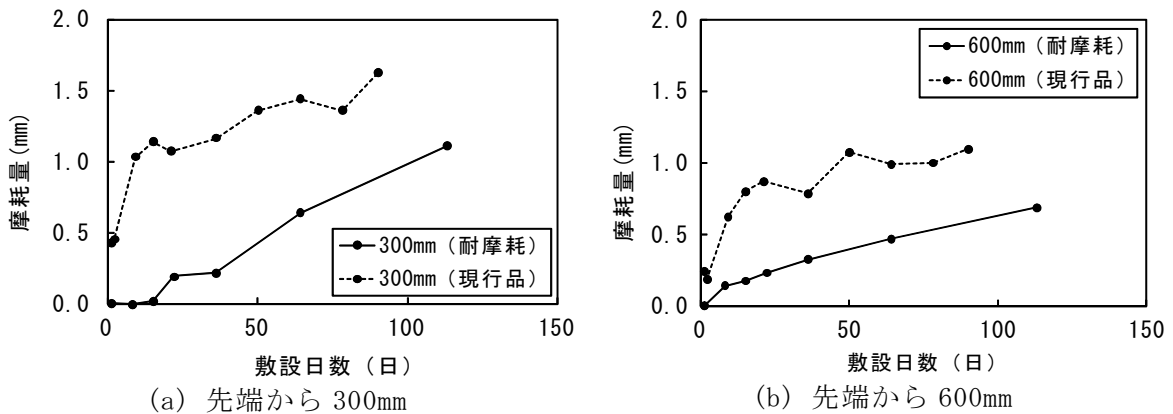


図6 トングレールの摩耗量の推移

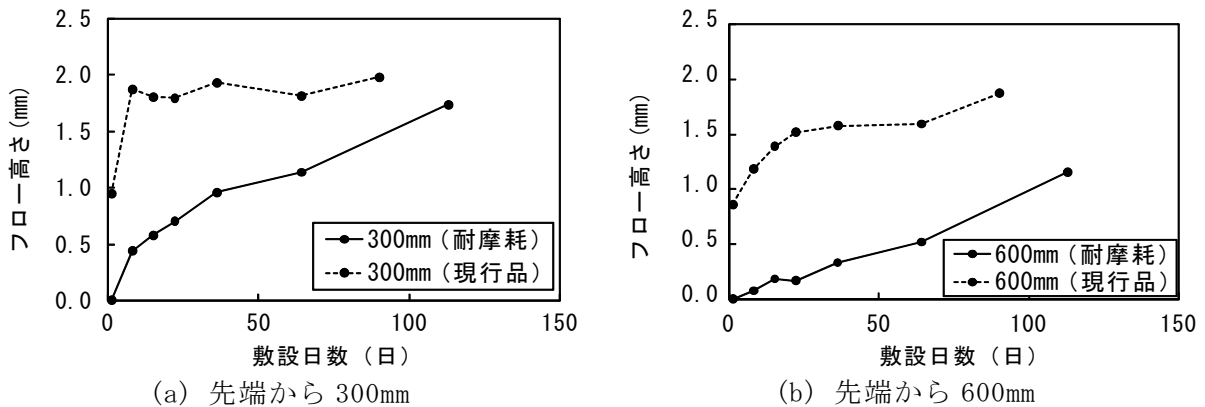


図7 トングレール断面のフロー高さの推移

5. おわりに

開発した耐摩耗トングレールは、先端部の摩耗を抑制することで摩耗による交換周期の延伸を図ることはもとより、フローの発生に伴う水平裂・先端部の欠損を抑え、損傷による交換周期の延伸も期待でき、その結果、保守コストの削減を図ることができる。