

- 鉄道一般
- 車両
- 軌道
- 構造物
- 防災
- 電力
- 信号通信情報
- 材料
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

トングレールの耐摩耗性を向上する

在来線，新幹線を問わず，分岐線側を通過する車両が多い分岐器では，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す。保守コスト削減の観点から，摩耗の少ないトングレールの開発が要望されています。そこで，交換周期の延伸を目的として材質，熱処理方法および形状を変更して耐摩耗性能を向上したトングレールを開発しました。開発したトングレールを営業線に敷設した結果，良好な耐摩耗性能を有していることを確認しました。

はじめに

トングレール(☞参照)は，**図1**のように分岐器のポイント部にあり，車両の進行方向を変更するための非常に重要な軌道部材です。そのため，鉄道事業者においては摩耗や損傷に対する交換基準(☞参照)を設け，計画的にトングレールの交換を行っています。したがって，特に分岐線側を通過する車両が多い分岐器では，トングレールの摩耗が著しく，このため交換周期が短くなり，保守コストの増大につながっています。そこで，トングレールの材質，熱処理方法および形状に着目して，耐摩耗性能を向上したトングレー

ル(以下「耐摩耗トングレール」といいます。)を開発しました。

トングレールの摩耗

耐摩耗トングレールの開発に先立ち，営業線に敷設されているトングレールの摩耗について実態調査を行いました。調査対象のトングレールは，過去の交換実績から摩耗の進行が速いと想定される分岐器に敷設されたもので，摩耗対策としてHC材(☞参照)に従来の熱処理(☞参照)が施されているもの(以下「現行トングレール」といいます。)と

図2に，トングレール先端から300



及川 祐也
Yuya Oikawa
軌道技術研究部
軌道構造研究室
副主任研究員
【専門分野】分岐器の構造・保守



吉田 眞
Makoto Yoshida
軌道技術研究部
軌道構造研究室
室長
【専門分野】分岐器の構造・保守



松井 元英
Motohide Matsui
材料技術研究部
摩擦材料研究室
主任研究員
【専門分野】鉄道用金属材料の評価



兼松 義一
Yoshikazu Kanematsu
材料技術研究部
摩擦材料研究室
副主任研究員
【専門分野】鉄道用金属材料の開発

☞ トングレール

ポイント部に用いられる先端が尖ったレールで，移動(転換)することによって車両の進行方向を変更します。トングレールに用いるレールには，一般区間で使用されているものと同じ普通レールと，高さを低くし腹部を厚くして，トングレールを製品形状に切削加工する際，断面が薄くならないように考えた特殊レールがあります。

☞ 交換基準

トングレールの交換基準は，過去の事故事例を参考にして，摩耗の量や形状などによって定められています。

☞ トングレールの材質(HC材)

現在，特殊レールから熱処理トングレールを製造する際の材料には，1988年にJIS E 1124「スラッククエンチ式熱処理レール」として制定されたNHHレール(旧熱処理レール)素材と同等のHC材が用いられています。



図1 トングレールの敷設状況

～700mmの位置における摩耗量とトングレール交換後の経過日数との関係を示します。この図から、トングレールの先端側の方が摩耗量は大きくなるのが分ります。また、トングレール交換後から20日経過までの期間に急速に進行する摩耗が、その後、緩やかに進行するという2段階の摩耗傾向が認められました。

図3に、トングレールの摩耗形状と当該分岐器を通過する車両に使用されている車輪の設計断面を併せて示します。この図から、車輪のフランジ形状と、フローと呼ばれるレールの塑性変形を含めたトングレールの摩耗形状がほぼ一致していることが確認できます。このフローは、放置すると傷の発生の原因となる可能性があるため、削正す

る必要があります。

これらの結果から、耐摩耗トングレールに求められる性能は、先端部の摩耗およびフローを抑制することであり、特に、交換直後の初期段階においてこれらを抑制することが重要であることが分ります。

耐摩耗トングレールの開発

営業線におけるトングレールの摩耗調査の結果に基づいて、耐摩耗トングレールの検討を行いました。

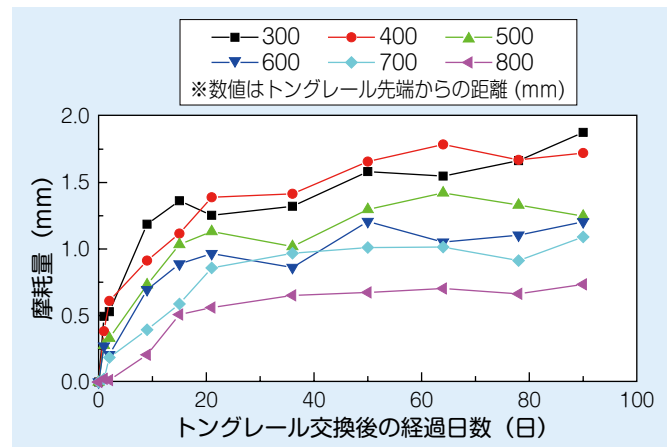


図2 現行トングレールの摩耗量の推移

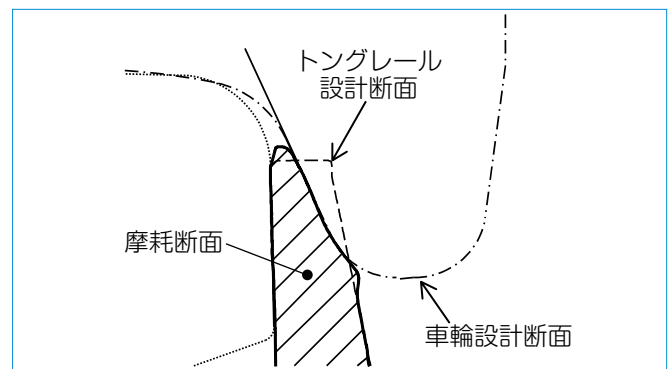


図3 現行トングレールの摩耗形状と車輪形状

材質および熱処理条件

一般的に鉄鋼材料の摩耗を抑制するためには、硬さを増すことが有効であると考えられます。しかし、硬さを増すと、これに相反して粘り強さであるじん性が低下する傾向にあります。そのため、耐摩耗トングレールでは、車輪と接触し、特に耐摩耗性能の向上が必要と考えられる表層部において硬さを増すことを目標としました。その硬さは、現行トングレールよりも大きく、かつJIS E 1303:2011「鉄道用分岐器類」に規定される硬さの上限を超えない値としました。また、耐摩耗トングレールの材質については、熱処理特性を考慮してHH340レール素材を用いることにしました。

耐摩耗トングレールは、製品形状に熱処理条件に合わせた余肉を付けた荒削り形状で熱処理を行い、その

熱処理

鉄鋼材料に制御された加熱・冷却の熱履歴を与えて材料の性質を改善する処理のことです。高炭素鋼であるレールは、それ自体耐摩耗性能に優れていますが、さらに耐摩耗性能を向上させるため、レールに熱処理を施し、レール頭部の硬さを向上させたものを熱処理レールと呼びます。現行の熱処理レールには硬化層の硬さによる区分として、HH340とHH370があり、1994年にJIS E 1120「熱処理レール」として制定されています。また、特殊レールの熱処理についてはJIS E 1303「鉄道用分岐器類」に規定されています。

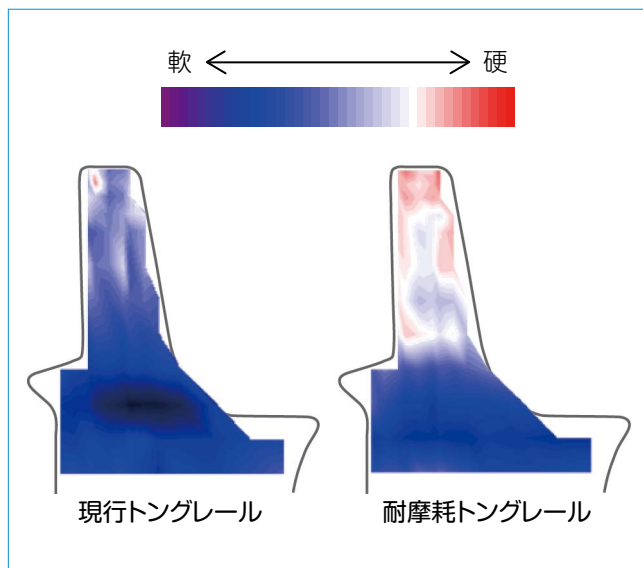


図4 硬さ分布の比較

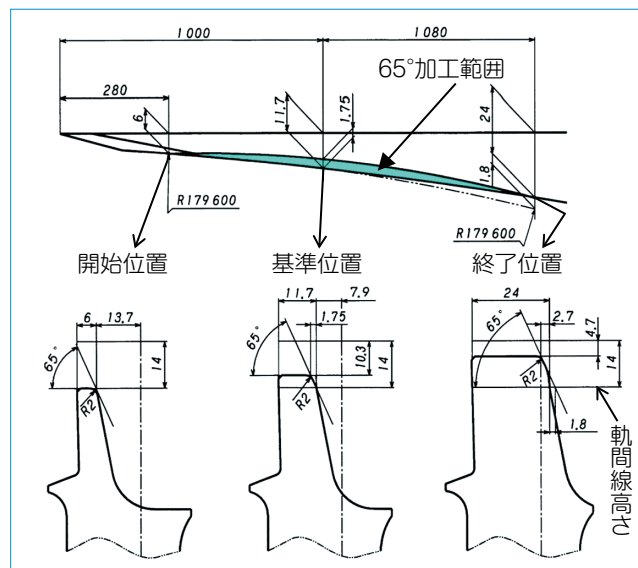


図5 耐摩耗トングレールの断面形状 (単位: mm)
(50kgNレール用12番分岐器, 車輪フランジ角度65°)

後、仕上げ加工を行った後の製品形状で目標とする硬さ分布を達成しています。レールの断面形状が異なると、それぞれに適した荒削り形状とすることが必要になります。また、目標とする硬さ分布を得るための加熱温度および素材の送り速度に依存する冷却速度などの熱処理に必要とされる諸条件も適切に選定する必要があります。そこで、HH340レール素材を用いて製造されたトングレールを試験材として、種々の条件での熱処理を実施しました。熱処理後の試験材の硬さ分布および金属組織を確認することにより、表面硬さを増して内部のじん性を確保するための熱処理条件を選定しました。選定した条件で熱処理を行ったトングレールについて、JIS E 1120:2007「熱処理レール」に規定された試験を実施して、問題のないことを確認しました。さらに、熱処理による硬化領域と熱処理の影響を受けなかった領域の境界(焼き境)については、残留応力などの影響が懸念されるため、焼き境の位置をレール断面形状が複雑に変化する部分を避けて、上首部よりやや下側の腹部に位置するように調整しました¹⁾。

図4に、現行トングレールと耐摩耗トングレールの硬さ分布を示します。耐摩耗トングレールの硬さ分布は、目標どおり表層部は硬さが高く、内部は硬さが抑えられていることが確認できました。

断面形状

トングレールの摩耗の実態調査から、図2のように交換直後では摩耗の進行が速く、図3のように摩耗形状は車輪フランジ形状とほぼ一致することが確認されています。そこで、交換直後の初期段階における摩耗およびフローを抑制するため、車輪フランジとの接触面積を増加させて接触圧力が低下するように、車輪フランジと同じ角度を有する断面形状に変更しました。ただし、レール頭頂面から14mm下方の位置である軌間線は、分岐器の設計や軌道変位の測定において基準となる重要な位置です。そのため、この部分に変更を加えることを避け、軌間線より上方のみで断面形状の変更を行いました。したがって、現行トングレールが敷設されていた分岐器に耐摩耗トングレールを敷設しても軌間線が変わることはありません。

断面形状を変更する範囲については、

過去に実施したトングレールの摩耗調査の結果¹⁾を踏まえて、トングレールの頭部幅が11.7mmの位置を基準として、開始位置はトングレールの頭頂面高さが軌間線と同じ高さとなる位置とし、終了位置はトングレールの頭部幅が24mmとなる位置としました。

対象とする分岐器を在来線50kgNレール用12番片開き分岐器、車輪のフランジ角度を65°とした場合の断面形状を図5に示します。

効果の検証

摩耗の推移および形状の比較

耐摩耗トングレールと現行トングレールの比較を行うため、同一分岐器にそれぞれ約200日ずつ敷設し、摩耗の推移を調査しました。敷設した分岐器は、在来線50kgNレール用8番片開き分岐器です。図6に、耐摩耗トングレールと現行トングレールの先端から400mmおよび700mmの位置における摩耗量の推移を示します。敷設直後の摩耗量を比較すると、現行トングレールでは大きく増加する傾向が見られましたが、耐摩耗トングレールにはそのような傾向は見られませんでした。

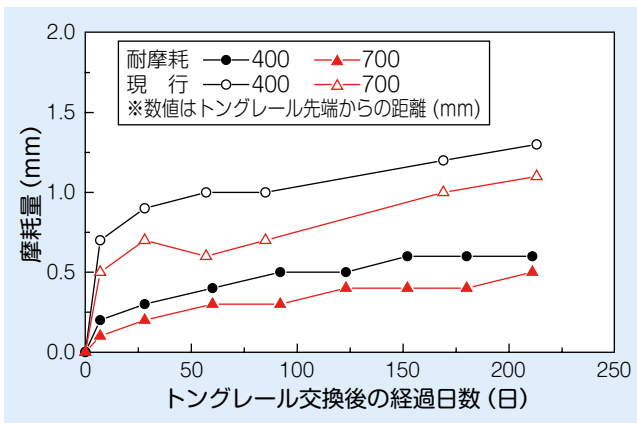


図6 摩耗量の比較

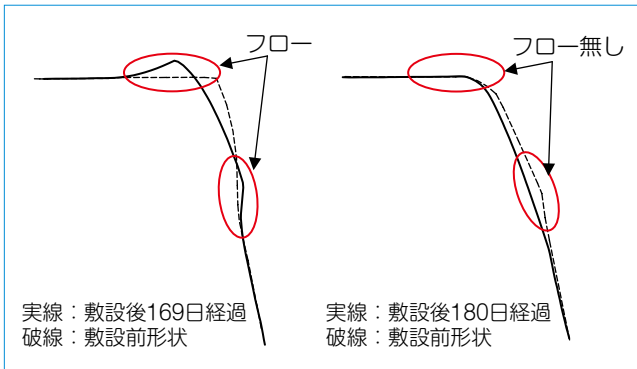


図7 摩耗形状の比較

た。また、敷設後約200日経過した時点の摩耗量を比較すると、耐摩耗トングレールでは現行品トングレールに対し約5割に抑えられています。このことから、耐摩耗性能が向上していることを確認でき、交換周期を延伸できると考えられます。また、現行トングレールと耐摩耗トングレールの摩耗形状を比較したところ、図7のように現行トングレールにはレール頭頂面および頭側面にフローが発生していました。それに対して、耐摩耗トングレールにはレール頭頂面および頭側面にフローの発生は見られませんでした。これは、選定した熱処理条件により表層部の硬さを増したことで、断面形状の変更により車輪フランジとの接触面の圧力を低下させた効果であると考えられます。このことから、耐摩耗トングレールは、フローによる傷の発生を抑えることが

でき、また、フロー削正に伴う保守作業を削減できると考えられます。

交換周期延伸の検証

在来線の複数箇所に敷設している耐摩耗トングレールについて、摩耗量の調査を実施しました。図8に調査結果を示します。以下、文中の記号A～Dは図8における記号に対応しています。トングレールの交換基準である摩耗量6mmに近づき交換された耐摩耗トングレールAと交換予定の耐摩耗トングレールBについては、当該分岐器における過去10年間の現行トングレールの平均敷設日数と比較して、それぞれ約2倍と約1.5倍の敷設日数となっています。また、耐摩耗トングレールCとDについては、現行トングレールの平均敷設日数とほぼ同じ期間敷設していますが、摩耗量は交換基準の半分以下でした。これらのことから、耐摩

記号	分岐器番数	敷設日数(日)	平均敷設日数*(日)	備考
A	8	349	181	交換済
B	12	354	237	交換予定
C	8	182	190	
D	8	174	180	

※当該分岐器における過去10年間の現行トングレール実績

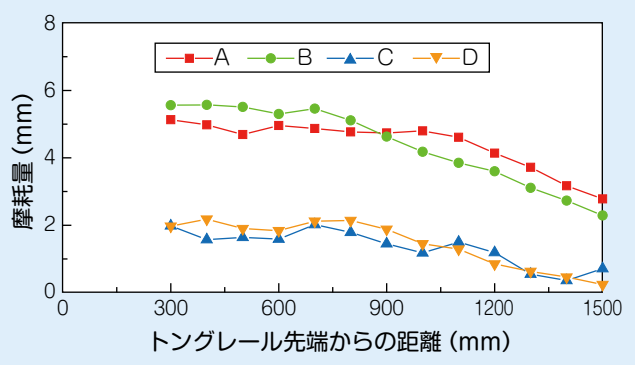


図8 耐摩耗トングレールの摩耗状況

耗トングレールの耐摩耗性能が向上していることを確認でき、また、現行トングレールと比較して交換周期を1.5～2倍程度延伸できると考えられます。

おわりに

材質および熱処理条件といった材料面と、断面形状の変更といった構造面の見直しを行った耐摩耗トングレールについて、摩耗やフローの発生を抑制する効果があることが確認できました。このことから、摩耗による交換周期の延伸を図ることはもとより、フロー形成に伴う傷の発生や損傷による交換周期の延伸も期待できるだけでなく、フロー削正に伴う保守作業を削減できると考えられます。今後は、耐摩耗トングレールの普及に努めていきたいと考えています。[RRR]

文献

- 1) 吉田真, 及川祐也, 篠原利昭, 大場久良, 佐藤幸雄, 兼松義一: 材質の変更と新熱処理条件等による耐摩耗トングレールの開発, 鉄道総研報告, Vol.23, No.10, pp.41-46, 2009