

急曲線におけるレール削正による外軌波状摩耗の凹凸除去

鉄道総合技術研究所 正会員 ○田中博文 清水 惇
東京臨海高速鉄道 菊地圭介 地子給和行

1. はじめに

東京臨海高速鉄道のりんかい線では、地下区間に多くの急曲線を有しており、その多くで内軌のみならず外軌にも波状摩耗が発生している。そのうち、直結系軌道的一种であるフローティングスラブ軌道では、急曲線の外軌に全振幅で 0.5mm を超える波状摩耗が発生し、車内騒音・振動の発生原因となっていた。波状摩耗に加えて、側摩耗が進行していたため、レール交換を行ったものの少ない通トンで波状摩耗が再発生した。そこで、本研究では、レール削正による外軌波状摩耗の凹凸除去を検討した。なお、通常、急曲線の外軌は乗り上がり脱線防止の観点からレール削正範囲が制限される。そのため、事前にレール断面形状を測定し、走行安全性を考慮した上で実際の施工を行った。

2. 施工概要

2. 1 試験曲線の概要

試験削正を行った曲線は、図 1 に示すように、半径 185m、カント 105mm、スラック 5mm の急曲線であり、内軌側に脱線防止ガードが敷設されている。当該曲線では、曲線中で軌道構造が防振まくらぎ直結軌道から、フローティングスラブ軌道に変化しており、後者の外軌ゲージコーナー部に波長 0.18m 程度の波状摩耗が、内軌には曲線全体にわたって波長 0.08m 程度の波状摩耗が発生していた。そのため、定置式摩擦緩和システム¹⁾を導入し、内軌波状摩耗には抑制効果がみられているが、外軌波状摩耗についてはレール交換直後よりゲージコーナー（以下、GC）部に照り面の周期的な変化が見られ、レール交換後 2000 万トン経過した時点で、全振幅で 0.5mm 程度の波状摩耗が再発生していた。なお、防振まくらぎ直結軌道の外軌には、波状摩耗は発生していなかった。

当該曲線を走行する車両は通勤形のみで、年間通過トン数は約 1800 万トン、当該曲線における営業列車の曲線通過速度は 40～50km/h 程度である。

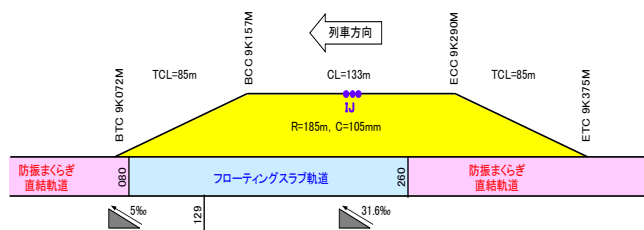


図 1 試験曲線の概要

2. 2 レール削正の概要

急曲線における外軌 GC の削正は、乗り上がり脱線防止の観点から、削正形状や削正範囲が国土交通省鉄道局より各鉄道事業者に通達されている²⁾。今回は、この通達を逸脱することの無いようにレール削正を計画した。具体的には、事前にレール削正区間のレール断面形状を測定し、レール頭頂面から 5mm よりも下を削正しないように砥石角度を幾何学的に検討した。その結果、砥石角度 35° の場合 R13 部での削正量が微小 (0.1mm 程度以下) であれば、レール頭頂面から 5mm よりも下を削正しないことを確認した。なお、レール削正は、16 頭式レール削正車でを行い、内軌および外軌を 25 パス削正した。

3. レール削正効果の検証

3. 1 レール凹凸の変化

図 2 に、レール削正前後の外軌側のレール凹凸波形の一例を示す。レール削正前のレール凹凸測定は、レール交換後約 5000 万トン経過時点である。レール凹凸は、「レール凹凸連続測定装置³⁾」を用いて、レール中心およびレール中心から GC 側に 5mm, 10mm, 15mm, 20mm の位置で測定した。同図より、外軌波状摩耗は GC 側ほど振幅が大きくなっていることがわかる。また、レール削正前に、レール中心より 10mm の位置では全振幅で 0.3mm 程度、20mm の位置では全振幅で 0.5mm 程度あり、レール交換後 2000 万トンの時点からほとんど増加していなかった。なお、レール削正後には、レール中心からの位置によらず波状摩耗のレール凹凸がほぼ完全に除去されていた。

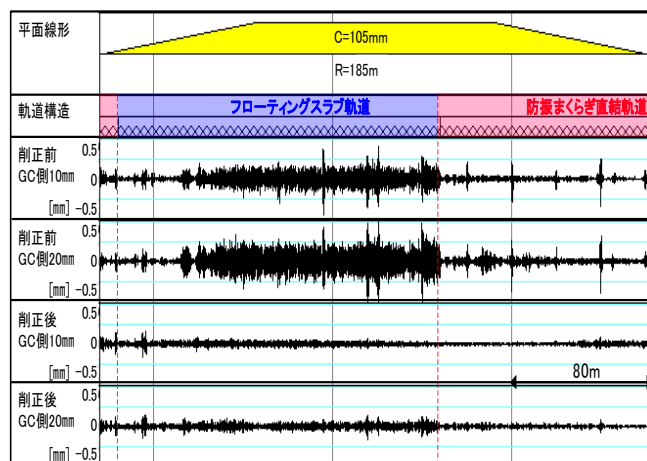


図 2 レール削正前後の外軌側のレール凹凸波形の一例

キーワード：レール削正、外軌波状摩耗、レール断面形状、ゲージコーナー、レール凹凸連続測定、フローティングスラブ
連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL042-573-7278

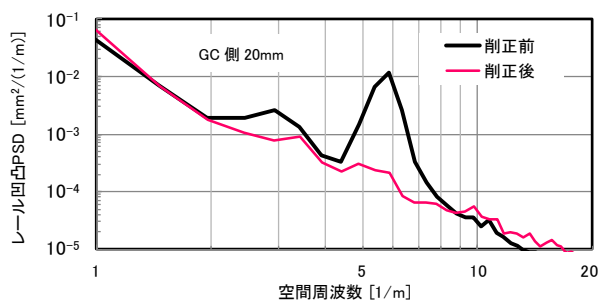


図3 レール削正前後のレール凹凸の PSD

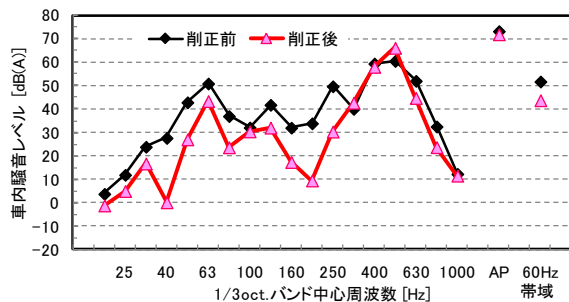


図4 車内騒音レベルの1/3oct. バンドスペクトル

図3に、レール削正前後の外軌側のレール凹凸のパワースペクトル(PSD)を示す。同図より、レール中心から20mmの位置で、レール削正前に見られた空間周波数5.5[1/m]、波長に換算して0.18mのピークが、レール削正後には見られない。このことから、レール削正によって、外軌波状摩耗が除去されたことがわかる。

3.2 車内騒音の変化

図4に、レール削正前後の車内騒音レベルの1/3オクターブ(oct.)バンドスペクトルを示す。車内騒音は、「レール波状摩耗モニタリング装置⁴⁾」を用いて、営業車の運転室内床面で測定した。同図より、レール削正前後でAPでは73dBから72dBと大きな変化はない。一方で、外軌波状摩耗のレール凹凸によって励起される騒音は60Hz帯域であり、その帯域を含む周波数帯域(40~100Hz帯域)では63Hzのピークは残存しているものの、全体的にパワーが低下し、騒音レベルは52dBから44dBにまで大幅に低下した。なお、当該曲線では、フローティングスラブ軌道区間を走行時に、レール削正前には地響きのような低周波音があったが、レール削正後にはこれが小さくなっていた。

3.3 レール断面の検証

図5に、レール削正前後の外軌側のレール断面形状を示す。同図より、レール削正前後の断面形状の比較では、R13部での削正量は0.1mm以下であり、その結果、レール頭頂面より4mmから下は削正されていないことがわかる。現地でも、5mmから下は削正されていないことを確認している。また、レール中心より20mmの位置では、およそ0.5mm程度の削正量が得られており、図2に示したレール削正前後のレール凹凸波形と整合性が取れている。

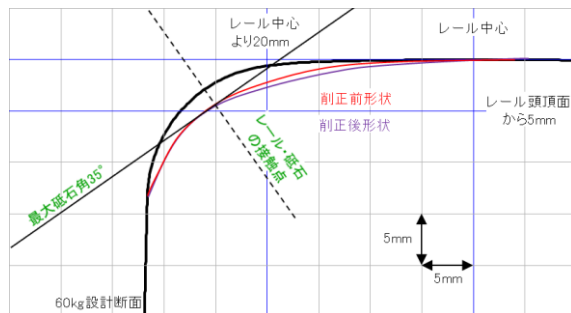


図5 レール削正前後のレール断面形状

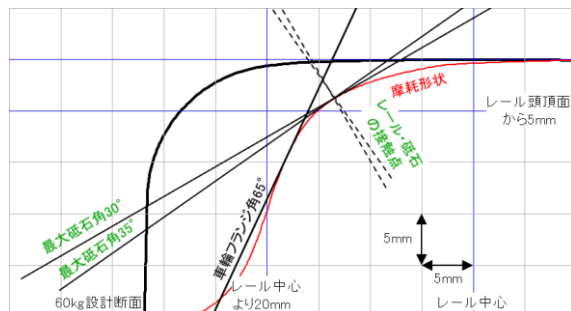


図6 側摩耗したレールでの砥石角度の検討

3.4 急曲線の外軌削正上の留意点

今回は事前のレール断面形状から、削正可能な最大砥石角を幾何学的に検討した上で急曲線の外軌削正を実施した。図6に、過去に当該曲線で外軌交換直前に測定したレール断面形状を示す。ここで、当該線区を走行する3種類の車両形式のフランジ角は全て65°であり、摩耗したGC部の形状はフランジ角とほぼ等しい。同図より、この曲線の場合は側摩耗が進行した状態においても、砥石角を35°とし、R13部での削正量を0.1mm以下に抑えれば、あるいは30°とすることにより通常の削正量0.2mmでも幾何学的にはレール頭頂面から5mmよりも下を削正する可能性は無いことがわかる。しかしながら、乗り上がり脱線防止の観点から、削正前には事前の断面形状の把握および削正後の確認が重要である。

4. まとめ

急曲線の外軌に発生していた波状摩耗に対し、事前にレール断面形状を測定し、走行安全性を考慮した上で、レール削正車による凹凸除去を試みた。その結果、削正前にGC部に存在していた波長0.18m、全振幅0.5mm程度のレール凹凸をほぼ完全に除去できており、発生の初期段階であれば外軌波状摩耗の凹凸除去にレール削正が有効であることがわかった。

参考文献

- 1) 伴巧他：曲線内軌用定置式摩擦緩和システムの開発，鉄道総研報告，Vol.26，No.12，pp.35-40，2012。
- 2) 国土交通省鉄道局：通達 急曲線における低速走行時の脱線防止対策について，国鉄技第41号，2004。
- 3) 田中博文他：効率的な波状摩耗管理のための可搬型レール凹凸連続測定装置の開発と活用法，鉄道工学シンポジウム論文集，第17巻，pp.19-26，2013。
- 4) 田中博文他：車上からレール波状摩耗をとらえる，RRR，2011.4，pp.10-13，2011。