

レール粗さ指数による青函トンネル内レール削正効果と波状摩耗進みの検証

北海道旅客鉄道(株) 青函トンネル工務所 正会員 但木 純  
旭川支社施設 G 正会員 向井 明

1. はじめに

北海道新幹線は 2015 年の開業を目指しているが、青函トンネル (L=53.9km) を含む約 82km の区間は、既に新幹線規格で整備されており、3 線軌道敷設などの工事が始まっている (図 1 参照)。しかし青函トンネル内は、レール頭頂面の波状摩耗が多く発生しており、客室内の騒音誘発や列車振動が原因と考えられる締結装置の損傷などが以前から問題視されてきた。これら諸問題に対し当社では、図 2 に示すように、H14 年度より本格的にレール削正車と保守間合いの都合上、削正車による施工が不能な区間については 1 頭式削正機によるレール削正を施工しているが、波状摩耗の最初の確認から 15 年あまり経過した現在もその発生原因は特定されておらず、進行性や各種削正の効果も明確にされていなかった。今回、H14 年度より継続的に行っているレール頭頂面粗さ測定の結果を基に、削正効果と波状摩耗の進行性について検証を行った。

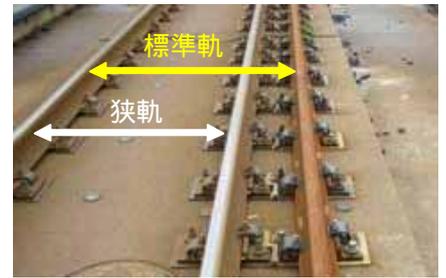


図 1. 3 線軌道

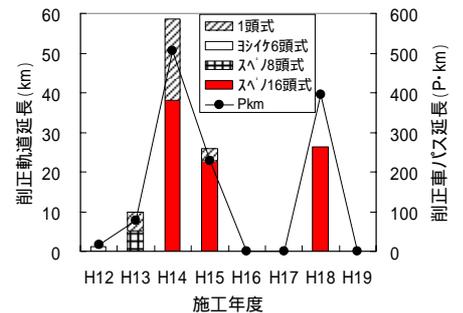


図 2. レール削正実績

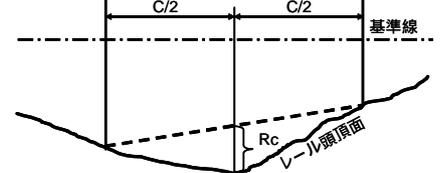


図 3. 粗さ指数 Rc の定義

2. 粗さ測定の概要

レール頭頂面の粗さ測定は、専用の測定器により行われるが、その概要は次の通りである。1 測点あたり、1000 mm スパンのレール頭頂面の凹凸を 2 mm ごとに測定し、その数値を波形で出力する。1000 mm スパンの中で、10 cm と 20 cm の一定の弦長による中点における最大値 (単位:  $\mu\text{m}=0.001 \text{ mm}$ ) をそれぞれ「粗さ指数 10」、「粗さ指数 20」として出力する (図 3 参照)。なお、以下に述べる粗さ指数は 20 (Rc20) で示す。

青函トンネル内の粗さ測定は、表 1 に示すように平成 14 年度から GP (ガス圧接溶接) 部、EW (エンクロズアーク溶接) 部とその周辺部を中心に始まり、測定により得られた頭頂面波形や粗さ指数は、波状摩耗の発生状況や溶接部の落込み状態の把握、レール削正後の仕上がり基準などに用いている。また、図 4 に異なる 3 箇所でのレール頭頂面形状を示す。図より波長が長いほど波高が大きい傾向にあり、両者が大きくなるにつれて、粗さ指数が大きくなることわかる。

表 1. 青函トンネル内の各年月測定数

測定年月	普通レール一般部	普通レール溶接部(GP)	普通レール溶接部(EW)	その他(ハイナイトレール)	合計
H14.7	28	13	1	-	42
H15.6	46	16	4	-	66
H16.12	49	18	4	-	71
H17.12	50	18	4	8	80
H19.5	51	18	4	9	82

3. 粗さ測定結果によるレール頭頂面の状態

(1) 溶接部と一般部の粗さ指数

レール溶接部は一般部に比べ、落込み等の影響で粗さ指数が大きく計測される傾向がある。表 2 は平成 19 年度に測定した各部位ごとの粗さ指数の最大値と平均値を示している。表より粗さ指数は、一般部に比べ溶接部では大きな値が検出され、特に EW 部においては著大な数値が検出されていることがわかる。次にレール削正施工前後の各部位ごとの粗さ指数 (各 4 箇所平均) の推移を図 5 に示す。図よりレール削正施工後には、各部位の粗さ指数に大きな差は見られないが、通トンが増えるにつれて、一般部と溶接部の粗さ指数に差が生じていくことがわかる。EW 部では特に粗さ指数進みが大きいことから、レール削正により大きな凹凸は取り除かれるが、ある程度の小さな凹凸が残り、そこから凹凸が大きくなっていくと推測した。

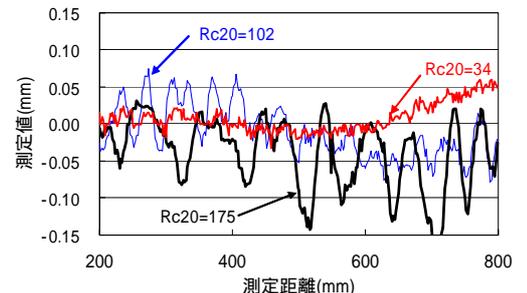


図 4. レール頭頂面形状と粗さ指数

表 2. 測定部位による粗さ指数の違い

測定部	測定数	粗さ指数最大値	粗さ指数平均値
一般部	52	175	62
GP部	22	220	115
EW部	4	709	436

キーワード：波状摩耗，レール頭頂面粗さ測定，粗さ指数，レール溶接部，レール削正

連絡先 〒049-0431 北海道上磯郡木古内町字木古内 34-2 TEL(01392)2-5170 FAX(01392)2-7804

(2)溶接部のレール頭頂面形状

一般部，GP部，EW部の代表的なレール頭頂面形状を図6に示す．図よりEW部においては，溶接中心部から両側100mm程度の箇所が大きく落込んでいることがわかり，この凹凸が著大な粗さ指数の原因となっている．このような特徴的な頭頂面形状は，溶接時の熱影響により溶接部前後にできた軟化部が影響していると考えられ，他のEW部においても確認されている．また，どのEW部においても，溶接部周辺に波状摩耗が確認されていないことから，EW部の落込みは波状摩耗の発生に直接起因していないと推測した．一方GP部では，一般部よりレール頭頂面の形状が粗くなっており，一部波状摩耗の傾向も見られた．他のGP部においても同様な状況が見られることから，波状摩耗はGP部を起因として発生している可能性もあると推測した．

4. 波状摩耗が発生する粗さ指数

図7にGP部（海底部）における波状摩耗発生までの推移を示す．図より粗さ指数「62」では，波状摩耗の傾向は見られない．粗さ指数「99」で，波形にも波状摩耗らしきものが発生してきている．そして，粗さ指数「162」では凹凸も大きくなり，レール削正の必要性が感じられる．また，表3にはレール頭頂面凹凸の管理区分を示す<sup>1)</sup>．表より，スラブ軌道における不良区間は粗さ指数「100以上」とされていることから，青函トンネル内においても，粗さ指数が「100」前後を基準として波状摩耗が発生し，レール削正が必要になると推測した．

5. 16頭式と1頭式削正の効果

図8に波状摩耗が発生しているGP部について，スベノ16頭式と1頭式でレール削正を施工した箇所の経年レール頭頂面変化を示す．図よりほぼ同時期に16頭式（15パス）と1頭式（3パス）でレール削正を行ったGP箇所では，削正前は16頭式のレール頭頂面状態が悪いが，削正後約1年，約3年半後ともに1頭式施工箇所の方が，溶接部落込みが大きく推移し，周辺の波状摩耗も発生しやすいことが確認できる．仕上がり状態については，削正のパス数にも大きく依存されるが，これらはほぼ標準的な削正量で施工している．これには16頭式による施工は，ゲージコーナー部を含めた広範断面を最適化して削正できることが関係していると予想され，効果の持続性についても16頭式の方が得られている結果といえる．

6. まとめ

レール粗さ測定による波形と粗さ指数から次のことがわかった．  
 レール頭頂面の形状は，波長が長いほど波高が大きくなる傾向にあり，両者が大きくなるに連れて，粗さ指数も大きくなることがわかった．  
 レール削正後の粗さ指数の進みは，一般部より溶接部の方が早いことがわかった．  
 波状摩耗は，GP部を起因として発生している可能性もあると推測した．  
 レール削正を16頭式と1頭式で行った場合，16頭式の方が削正効果に期待できると思われる．

参考文献

1) 椎名公一，須永陽一：転動音の立場から見たレール頭頂面凹凸の管理手法，鉄道総研報告，1990.11

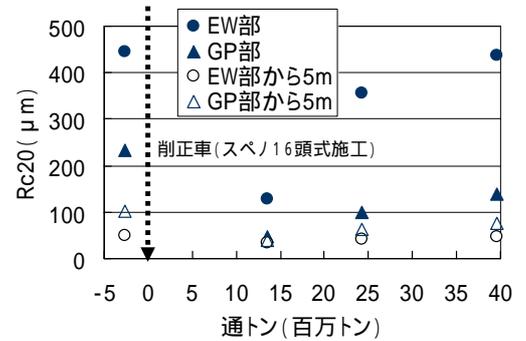


図5. 粗さ指数の推移

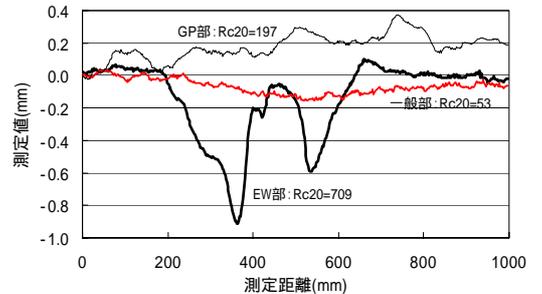


図6. 各部位によるレール頭頂面形状

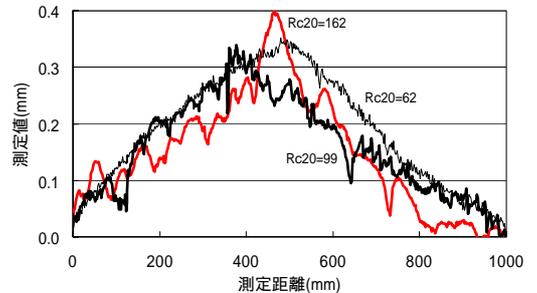


図7. 波状摩耗発生までの推移

表3. レール頭頂面の管理区分

レール	スラブ軌道		有道床軌道			
	粗さ指数 (μm)	床下騒音 dB(A)	中間部 粗さ指数 (μm)	中間部 床下騒音 dB(A)	溶接部 粗さ指数 (μm)	溶接部 床下騒音 dB(A)
理想	19以下	108以下	19以下	105以下	49以下	107以下
良好	20～49	109～114	20～49	106～109	50～99	108～110
普通	50～99	115～119	50～99	110～112	100～199	111～114
不良	100以上	120以上	100以上	112以上	200以上	115以上

\*スラブ軌道はレール中間部、溶接部とも同程度の値となる。

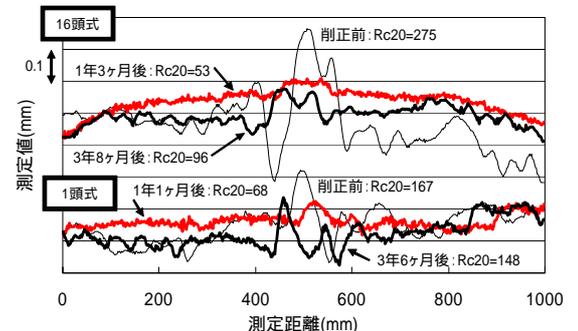


図8. 各種削正後のレール頭頂面変化