

IV-241 レールシェリング実態統計分析

〓 鉄道総合技術研究所 正会員 石田 誠
 〓 鉄道総合技術研究所 正会員 長藤敬晴

1. はじめに

現在、新幹線においては転動接触疲労傷であるレールシェリング(以下「シェリング」と略称する)の発生により多大なレール更換費用を要している。このため、シェリング発生機構の解明が急がれているが、未だ発生機構の解明には至っておらず、有効なシェリング対策は得られていない。シェリングは、レールの頭頂面に発生するものとゲージコーナに発生するものの2つのタイプに大別される。新幹線においては、頭頂面シェリングが問題となっている。そこでシェリング対策の確立の一段階として、頭頂面シェリングの発生状況と軌道環境の関係を明らかにすることを目的に、東海道および山陽新幹線におけるレール管理システムを利用して実態統計分析を実施した。その結果、頭頂面シェリングの軌道環境条件別の発生傾向の一部を明らかにすることができた。

2. レールデータベースの作成

2.1 レールデータベース

旧国鉄において開発された車両、施設、電気等各系統からなる新幹線情報管理システム(Shinkansen Management Information System -以下「SMIS」と略称する)のうちレール管理システムを利用してレールデータベースを作成した。このデータベースは、昭和61年6月13日現在のレール台帳ファイルおよびレール細密検査ファイル、昭和61年1月31日現在の軌道環境ファイルの三つのファイルを総合したものであり、レール1本ごとに軌道環境とレール損傷の発生状況を整理したものである。作成にあたっては、シェリング発生におけるレールの累積通トン効果をみるために、ロングレールにおいてシェリングの除去のためにレール更換をした箇所にシェリングが発生しているものとして、シェリングのデータを付加し、そのレールの累積通トンを近傍のレールと同じ累積通トンとなるよう整理した。なお、その判断基準は1本(ほとんどが12m程度の再用レール)レール更換のレールとした。ただし、ロングレール更換によってシェリングが除去されたものについては、全く情報がない。

2.2 分析対象データ

レールデータベースにおいて分析の対象としたレールの累積通トン別延長を図1に、シェリングコードおよびコード別シェリング数を表1および図2に示す。図1より東海道新幹線(以下「東海道」と略称する)は、山陽新幹線(以下「山陽」と略称する)と比較すると累積通トンごとのレール延長のバランスがよいことがわかる。これは、東海道では60レール化のため昭和47年から56年まで、計画的にレール更換が実施されたことが原因である。山陽における累積通トンの大きな2つの山の存在は、岡山開業と博多開業における一斉開業時のレールがほとんど残っていることによる。図2よりコード別シェリング数については、東海道ではシェリングコード55が最も多く、山陽ではシェリングコード56が非常に多くなっている。これは図3に示すように東海道におけるロングレール更換の実績が多く、山陽では実績が少なことからレール更換によるシェリング除去の効果が表れていると考えられる。

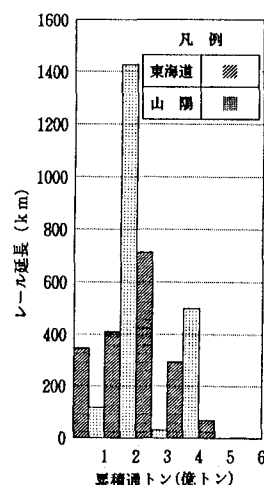


図1 累積通トン別レール延長

3. 分析方法

作成したレールデータベースを利用して数量化理論第I類により統計分析を行った。分析モデルを図4に示す。分析モデルは説明変数としてカテゴリ変数と随伴変数をとる混合モデルとし、シェリング発生率(個/km)を外的基準に、線区、列車速度、線路構造および構造物をカテゴリ変数に、累積通トンを随伴変数に

した。他にロングレール更換によるシェリング除去の効果を説明する変数およびレール削正車による削正効果を説明する変数が考えられるが、この分析においては取り入れていない。ただし、分析にあたっては走行条件を考慮し、次の区間を除外した。

表1 シェリングコード

コード	内 容
54	水平型（黒班）あるいは表面き裂が存在する場合、または厚さ計を用いて起点から列車進行方向に20mm未満の水平型が検知された場合。
55	厚さ計を用いて20mm以上の水平型が検知された場合、または斜角70°で深さ15mm以上の横裂が検知された場合。
56	厚さ計を用いて50mm以上の水平型が検知された場合、または斜角70°で深さ15mm以上の横裂が検知された場合。
57	厚さ計を用いて100mm以上の水平型が検知された場合、または斜角70°で深さ30mm以上の横裂が検知された場合。
90*	この実態統計分析において、シェリングを除去するためにレール更換を行ったものと判断されるレールに付加するシェリングコード。

*：90は著者等が定義したコードで、それ以外はSMISのコード

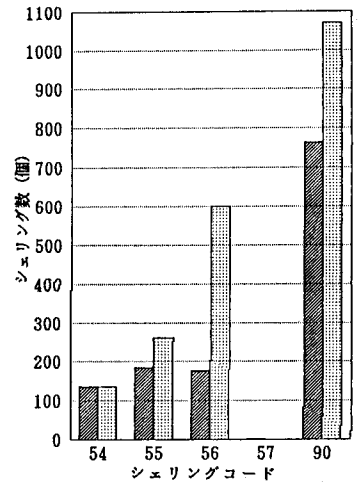


図2 コード別シェリング数

- (1) キロ程0km ~12k700M間の低速区間
- (2) 曲線半径2500m未満（ATC速度に対するカット不足量9.0mm以上）の曲線区間

4. 分析結果および考察

外的基準シェリング発生率（個/km）に対する各説明変数の分析結果を図5に示す。分析結果は、重相関係数が0.86であり、危険率は0.0と良好であった。各説明変数の効果を偏相関係数でみると、シェリング発生率に対して、線区（東海道、山陽）の効果が最も大きくなったが、この理由は東海道と山陽のロングレール更換数量の違いから、ロングレール更換によるシェリングの除去効果が線区の効果となって表れたものと考えられる。また、列車速度の効果は説明変数の中で最も小さいものとなったが、110km/h以下、110~200km/hおよび200km/h以上の各カテゴリのサンプル数の差が大きく、この結果からは明確に判断できないものと考えられる。累積通トンと構造物の効果は非常に大きく、従来から定性的に指摘されてきた傾向と一致している。

5. まとめ

- (1) SMISのデータを使用して作成したレールデータベースを数量化第Ⅰ類により分析した結果は、重相関係数が0.86で、かなり良い分析結果になった。ただし、ロングレール更換によるシェリングの除去効果およびレール削正効果を直接的に説明する変数は取り入れていない。
- (2) シェリング発生率（個/km）に対して、線区（東海道、山陽）の効果が最も大きい、これはロングレール更換によるシェリングの除去効果によるものと考えられる。
- (3) シェリング発生率に対して、累積通トンおよび構造物（トンネル区間、明り区間）の効果が大きいことが明確になった。
- (4) シェリング発生率に対する列車速度の効果は、この分析結果からは明確に判断できない。

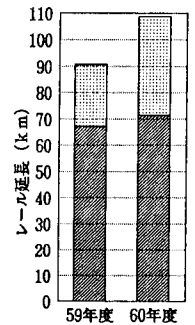


図3 損傷原因によるロングレール更換延長

$$Y = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{k_j} \delta(jk) x_{jk} + \sum_{p=1}^q z_p \beta_p + e$$

Y : 外的基準（シェリング発生率）
 $\delta(jk)$: カテゴリ変数（定性的変数）
 x_{jk} : カテゴリウエイト
 z_p : 随伴変数（定量的変数）
 β_p : 回帰係数
 e : 定数項

図4 分析モデル

統計量		外的基準：レールシェリング発生率（個／km）		
重相関係数	0.8568525			
偏相関係数				
線区	0.7260505			
列車速度	0.0946700			
線路構造	0.3851514			
構造物	0.6491389			
累積通トン	0.6831689			
分散分析表				
	平方和	自由度	平均平方	F値
回帰	2184.34090	6	364.05682	1741.08960
残差	790.80524	3782	0.20910	危険率
全体	2975.14615	3788	0.78541	0.0

図5 分析結果