1216 踏面粗さが軌道回路の短絡抵抗に及ぼす影響(第2報)

- 踏面粗さのマクロ的な変化が短絡抵抗に及ぼす影響 -

Influence of Running surface of rails and wheels upon Track Circuit Shunting Resistance

-2nd Report, Influence Macroscopic Roughness Changing of the Rail Running Surface upon

Track Circuit Shunting Resistance

○学[機] 北川 友哉(金沢工大 院), 正[機] 新谷 一博(金沢工大),

正[機・電] 平間 淳司(金沢工大), 正[機・電] 永瀬 和彦(金沢工大)

Tomoya Kitagawa,	Kanazawa Institute of Technology
Kazuhiro Shintani,	Kanazawa Institute of Technology
Junji Hirama,	Kanazawa Institute of Technology
Kazuhiko Nagase,	Kanazawa Institute of Technology

The surface roughness of rail and wheel influences the shunting circuit resistance. On the first report, it was investigated into the relationship between the shunting resistance and the surface roughness of the rail tread, which was presumably and profoundly affected on the in adequate track circuit shunting. However, a few relationships were found between them. The authors proposed a newly investigation method to observe the rail treat using an electronic microscope for the rail surface conditions. In the report, the relationships were was described between the behavior of the track circuit shunting resistance and the rail surface condition investigated by the electronic microscope.

Keyword: Railway, Railway signal, Track circuit, Rail, Wheel.

1. はじめに

軌道回路に極めてまれに起こる短絡不良現象は車輪とレ ール踏面の間の介在物や車輪、レール踏面の粗さが影響を 及ぼしている事が知られている.このうち、車輪が静的な 状態の短絡抵抗値と踏面粗さや錆との関係については過去 の研究¹¹によりほぼ明らかになっている.

しかし、これらは静的な状態の場合であり、走行中の短 絡抵抗値と踏面粗さの関係については不明な点が多い.

そこで,先の J-Rail では筆者らが提案した新しい概念の 軌道回路²⁰と,実車の1/5のスケールの実験用台車を用いて 各軸に流れる短絡電流を測定し,その値を基に走行中の輪 軸の状態と短絡抵抗値との関係を調べた.その結果,高い 短絡抵抗値の発生度合いは走行距離に応じて増大する傾向 にあることが明らかになった⁴⁰.

しかし、この実験は輪重を一定としたものであり、輪重 を変化させたときの短絡抵抗の変動については明らかとな っていない、本研究では輪重を多様に変化させたときの走 行中の輪軸と短絡抵抗値の関係を調べたので、その結果を 報告する.

2. 実験装置

2.1. 测定原理

走行中の輪軸の短絡抵抗値はレール単位あたりの抵抗値 と在線位置から求める方法³⁰⁰が提案されたが、この方法で は輪軸に印可される電圧が車両の移動に伴って変化し、電 流もそれに伴って変化してしまうという問題があった.そ のため、今回の実験では先の J-Rail で筆者らが提案した新 しい概念の軌道回路²⁰を用いた.

実験に供した軌道回路は通常の軌道回路と異なり,軌道 回路の一方のレールの一端に送電端を,他方のレールの他 端に受電端を設置する.これによって,台車在線位置に関 わらず印可される電圧を一定とすることが出来る.

実験では台車の2 軸が軌道回路に在線する間に両輪軸に 流れる電流をモニタし、この輪軸に流れる電流値を基に短 絡抵抗を算出した.輪軸に流れる電流は輪軸に貼付した自 作の生体電位アンプを用いて測定した.この生体電位アン プは入力インピーダンスが10MΩと非常に大きいので,輪軸 の電位差を高精度で増幅でき、作動増幅回路方式を用いて いるので高い S/N 比を確保出来る.

[Na03-51] 日本機械学会第 10 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集〔2003-12.9~11. 川崎〕



Fig. 2 Distribution of shunting resistance on, beaten by wheel load in 325N

2.2. 測定方法

今回は輪重を 325N, 570N, 815N の 3 種類とした. 815N の下でのレール車輪間の接触面圧は 387.72MPa で,実際の 鉄道における最も軽量の車両のそれよりは若干少ない.

車輪とレール踏面は実験開始前に 180 番の紙ヤスリで磨 き、アセトンで脱脂し清浄する.その後の走行実験では長 さ5.5mの実験用軌道と前後の若干の助走区間を3種類の輪 重毎に 50 往復した.この間の走行距離は約 600mだが、こ の程度の距離の走行によって研磨した踏面の状態はロール 効果により少なくとも短絡抵抗の観点からみた場合大きく 変化することは、昨年度の J-Rail¹⁰より明らかとなっている.

3. 実験結果

図1に輪重が325Nで10往復走行した時に得たデータで, 縦軸に輪軸に流れる短絡電流値,横軸に時間を示す.1軸, 2軸共に軌道回路内に進入した時,過去の実験²¹と同様に2 軸の間に共振現象が発生している事が分かる.

次に輪重 325N, 570N, 815N の下で 30 往復した時の短絡 抵抗値の分布をヒストグラムに示した結果を図 2, 図 3, 図 4 にそれぞれ示す.図の縦第1軸に頻度を,第2軸に累積を, 横軸に短絡抵抗値を示す.また,短絡抵抗値は10mΩ毎に区 切り,さらに最も右側の値は 250mΩ以上の値の集積値とな っている.また,各輪重毎に対数の近似式を示す.

それぞれの図を比較してみると,輪重が大きい方が短絡 抵抗値が高い方にシフトしている.具体的には、短絡抵抗 値が比較的大さい 250mΩ以上の集積値は輪重の増大に応じ て増大している、さらに、短絡が良好な時に実際の車両で



Fig. 3 Distribution of shunting resistance on, beaten by wheel load in 570N



Fig. 4 Distribution of shunting resistance on, beaten by wheel load in 815N



Fig. 5 Relationships between No. of running times and shunting resistance

得られる値である 10mΩ代の短絡抵抗値の分布は逆に輪重 の増大に応じて減少し, 815N の場合にはほぼゼロになって いる.さらに、ヒストグラムの分布パターンを比べると、0 ~100mΩ付近の比較的短絡値が低い値の発生頻度は、輪重 が増えるにつれ少なくなっていることが分かる.

このことは、輪重が大きくなると高い短絡抵抗値の発生 度合いが増えるという常識とは逆の結果を得たことになる、 次に、図2、図3、図4で示した軸重別の短絡抵抗値ヒス



Fig. 6 Rail surface condition observed by electronic micro-scope, beaten by wheel load in 325N



Fig.7 Rail surface condition observed by electronic micro-scope, beaten by wheel load in 570N

トグラムのうち、200mΩ以下の短絡抵抗平均値, すなわち, 安定したと見なされる短絡値のみに注目し, 軸重別の短絡 抵抗平均値と走行回数との関係を図 5 に示す. 縦軸は短絡 抵抗平均値, 横軸は走行回数である. 図示の通り, 抵抗値 はいずれの輪重の場合でも走行回数の増加に応じて大きく なっている事が分かる. これは車輪の通過によるレール踏 面のロール効果で, 車輪とレール双方の踏面が平滑化され ているためと推定される.

まず,走行回数が 1~10 回程度までの短絡値をみると, 525N の短絡抵抗値のみが他の二つの輪重に設定した時に得 た抵抗値に比べ実験開始直後から大きな値を保っている事 が分かる.このような事態が起きた原因は,輪重を 570N に 設定した際にレール踏面の研磨に手落ちがあって、この実 験実施の時だけ初期の踏面状態が微妙に違ってしまったた めと考えられる.

続いて走行回数が10~20回の時は各輪重共,短絡抵抗値 はほぼ同じ値を示している.これは,踏面粗さの状態が安 定し始め,輪重以外の条件が全く同じになったためと考え られる.

さらに、走行回数が20回以上では全般的に短絡抵抗の変 化をみると、走行回数の増加に応じ抵抗値も増大している. そして、その傾向は輪重が大きいものほどその変化は早く、 輪重の小さいものほど変化は遅い.このような現象が起き た理由は、踏面の平滑化進捗の度合いは輪重の大きさに比 例するためであると考えた.しかし、抵抗値が増大する過



Fig. 8 Rail surface condition observed by electronic micro-scope, beaten by wheel load in 815N



Fig.9 Rail surface condition observed by electronic micro-scope, before rinning

程の詳細を見ると、走行回数が 20 回程度までの間の抵抗値 の変化は必ずしも輪重の逆依存性が顕著には現れていない. その原因は明らかではないが、過去に筆者らが静止状態 の下で輪重と短絡抵抗値との関係を調べた結果によると¹¹, 輪重があまり大きくない範囲内では短絡抵抗値の輪重逆依 存性はさほど顕著に現れないという結論を得ている.本研 究における輪重は正にそのような範囲の値に設定されてい る.このような抵抗値の輪重逆依存性が顕著に現れない範 囲で本実験は行われた.その結果、このような現象が生じ たと判断した.

なお、このように短絡抵抗値に顕著な輪重逆依存性が現 れない実験条件の下では、車輪・レール踏面の清掃や実験 室内の環境が短絡値に大きな影響を与える可能性がある. このため、実験を行う環境をより均質に保つ配慮が必要で ある.

4. 踏面状態評価の新たな手法の提案

過去の研究 ¹で粗さ計を用いレール踏面の粗さを JIS B 0601 により評価した.しかし,粗さと短絡抵抗との間に明 白な関係を認めるのは困難であった.

とは言っても、粗さ計によって計測された波形データを 観察した結果、ロール効果による平滑化が認められた.し かし、粗さ計を用いた評価方法では具体的な変化を掴むの が非常に困難である事が明らかとなった.

これらの事から、レール踏面をよりキメの細かい手法で



Fig.10 Test specimen of rail

観察評価する方法が必要となった.そこで,新たに電子 顕微鏡を用いてレール踏面の粗さを計測する手法を考えた. レールを電子顕微鏡で観察することは従前もレール断面に ついて行われてはいても,踏面については実施が極めて難 しいこともあって行われていない.図10に新たな実験装置 の外観を示す.図示のようにレール頭部のみがレール下部 から分離して取り外せる構造となっており,踏面を観察す る時に限って頭部を取り外し,通常の実験時はこれを軌道 に装着しておけば,通常の実験のための車両の通過には全 く支障がない.レール頭部の寸法は 8*13*25.4 である.

実験方法は 2.2 で示した方法で車輪,レール踏面を整備 し、同様に輪重も 325N,570N,815N と 3 種類変化させ実験 を行った、また、同時にレール踏面の整備直後の状態につ いても観察を行った。

なお,電子顕微鏡によるレール踏面状態の観察はレール 上の同一線上を車輪が繰り返し走行することによって生じ た黒い帯の部分で行った.

5. 結果

輪重 325N, 570N, 815N 時のレール踏面状態を電子顕微鏡 で撮影したものを図 6~図 8 に, 走行前のレール踏面の状態 を電子顕微鏡で撮影したものを図 9 にそれぞれ示す.なお, 各図は電子顕微鏡の倍率を 500 倍に統一してある.

走行前の図 9 の状態をみると,踏面には図中に示すスケ ールから勘案して数 μ m 程度の先端が比較的急峻な突起の 存在が認められる.しかるに,車輪が走行した後の状態を 示す図 6~図 8 を見ると,それらの突起は破壊されたと思 われる状態が示されている.しかし,突起が破壊された状 態は輪重に応じた変化は認められないか,あえて言えば, むしろ低軸重のほうが破砕の度合いがやや大きい.しかし, 凹んでいると思われる部分についての変化はあまり見られ ない.このような踏面の急激な変化は,車輪がレールを数 回走行しただけでレール踏面の微少な凹凸が平滑化されて 短絡抵抗値が大きく変わると推定した過去の研究結果³と も一致する.

6. まとめ

在線地点の如何に関わらず輪軸群に印加される電圧が一 定となる模型の実験用軌道回路と,走行中の各輪軸に分流 する短絡電流の詳細を検知できる生体電位アンプを貼付し た輪軸を取り付けた模型の実験用台車を用いて,走行中の 輪軸群の軸重を変化させ,軸重と短絡抵抗との関係を調べ た結果,以下のようなことが分かった.

- (1) 輪軸の短絡抵抗は走行回数の増加とともに増大するが、 一定回数以上走行すると増加の度合いは減少して、値 は次第に安定する傾向を示す。
- (2) 前記の走行に応じた短絡抵抗増加の度合いは輪重が高い方が大きい、その理由は、より高い輪重の車輪はレール踏面の平滑化をより早く促進させるためと判断される。

J1S で定められた計測方法でレール踏面を計測した場合 には測定できない些少な路面状態の変化が短絡抵抗値に支 配的な影響を与えていると推定されることに鑑み,電子顕 微鏡によりレール踏面状態の変化を観察した結果,以下の ような事が分かった.

- レール踏面を研磨した直後に踏面に存在が認められた 数μm 程度の先端が比較的急峻な突起の多くは、車輪 が一回走行しただけで破壊されることがわかった。
- (2) 突起破壊の状態と、通過した車輪の輪重との間には顕 著な関係は認められなかった。

参考文献

- 永瀬和彦,平間淳司,野村俊明:レールと車輪の接触 状態が軌道回路の短絡に及ぼす影響,機論,63巻,616 号,C編,pp109-116,1997-12.
- 中川大輔,田中伸治,若林雄介,平間淳司,永瀬和彦: 模型軌道回路による短絡不良実験とその結果,鉄道技 術連合シンボジウム(J-RAIL'00), pp. 335-338, 2000.
- 平間淳司,若林雄介,田中伸治,中川大輔,永瀬和彦: 輪軸が軌道回路を短絡する際に発生する共振現象,鉄 道技術連合シンポジウム(J-RAIL'00),pp.331-334, 2000.
- 北川友哉,平間淳司,若林雄介,永瀬和彦:踏面粗さ が軌道回路の短絡抵抗に及ぼす影響,鉄道技術連合シ ンポジウム(J-RAIL'02), pp.141-144, 2002.