

踏面清掃装置のかじり現象に関する実験的研究

車両制御技術研究部 ブレーキ制御

副主任研究員 嵯峨 信一

1. はじめに

近年、一段ブレーキ方式のATCを採用した区間の新幹線電車において、踏面清掃装置の研摩子摩擦面に付着したかじり鉄片が問題となっている。従来の多段ブレーキ方式との違いの一つに、高速から低速まで連続して研摩子が動作することが挙げられる。かじり鉄片が成長するとレール頭頂部に落下しやすくなり、これを車輪が踏み付けて異音や異常振動及び車輪の凹摩耗等の問題を引き起こしている。

しかし、これまでに研摩子のかじり現象を再現した事例はなく、試験手法及び評価手法も確立されていない。今後の路線延伸や運転速度の向上を踏まえると、かじり現象の要因等を明らかにし、有効な対策を見出す必要がある。本研究では、台上試験機を用いた研摩子かじり現象の再現試験及び踏面あらし試験の結果を報告し、得られた知見と対策の方向性について述べる。

2. 研摩子とかじり鉄片

現車の研摩子を図1、研摩子の摩擦面から剥がし取ったかじり鉄片を図2に示す。図1から、レールと最も接触しやすい車輪踏面の部分に相当する研摩子の摩擦面に、かじり鉄片が付着している。また、図2から、その表面には光沢がある楔状の金属切削片が重畳しており、裏面には研摩子本体の組織との溶融痕が随所にみられる。これが車輪を凹摩耗させながら成長し、研摩子の組織ごと剥離して摩耗量の増大を招く。



図1 現車の研摩子

3. かじりの再現試験

3. 1 試験装置

かじりの再現試験は、鉄道総研のディスクブレーキ試験機(図3)を用いて実施した。車輪踏面と研摩子に対して散水及び介在物となる試料を散布するため、各ノズルを取り付けた。装置諸元及び試験条件を表1に示す。予め研摩子の摺り合わせを行った後、本試験として試験条件に応じて、散水や試料散布を初速度 260km/h からの停止ブレーキと同時に行い、研摩子の緩解速度まで継続するものとした。ブレーキパターンは、初速度 260km/h の一段ブレーキ(常用 6N 相当)と従来の多段ブレーキ(常用 7N 相当)をそれぞれ模擬したものを条件として用いた。それらの速度とブレーキ距離の関係を図4に示す。

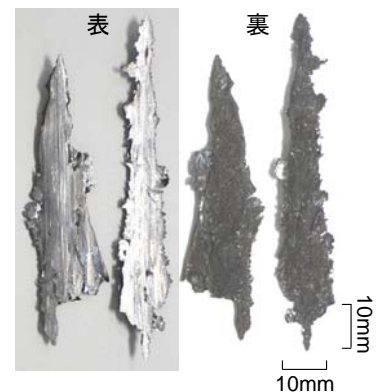


図2 現車のかじり鉄片

試験条件は、現車の走行環境を模擬し、乾燥状態及び湿潤状態(約

130ml/min) に試料散布(約 100g/min)の有無を組み合わせるものとした。各条件における試験回数は3回を基本としたが、試料の量が少ない場合はこれに限らないものとした。また、かじり鉄片が発生した場合は3回を超えて同条件で試験を繰り返し、その成長の度合いを観察した。

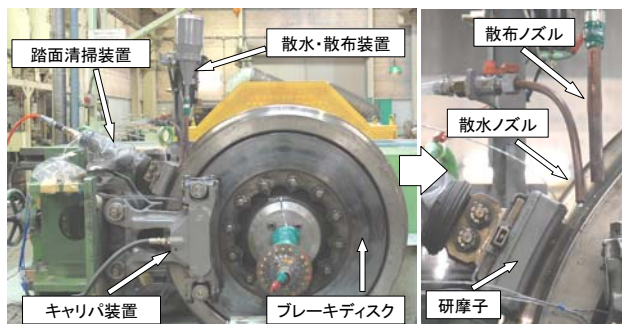


図3 試験装置

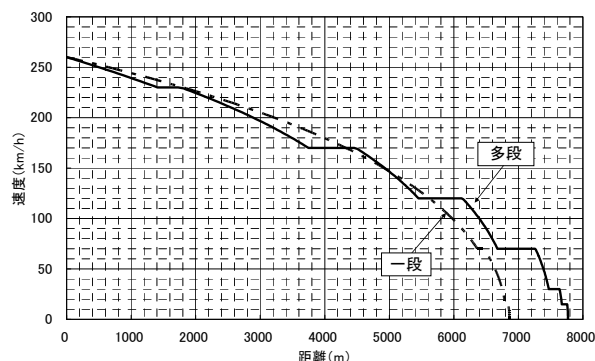


図4 ブレーキパターン

3. 2 研摩子材質の変更

現用の研摩子の摩擦面は図5に示すように、粗く、幾つもの小さな空隙が存在している。これが微小な金属切削片や介在物の滞留を容易にして、かじりを引き起こす要因の一つになっていると考えられる。そこで、空隙の少ない密な摩擦面を有し、さらに硬質粒子の含有量を低減した、踏面に優しい研摩子(以下、材質変更研摩子と呼ぶ)を用いて、かじり現象に対する影響を比較した。

3. 3 介在物

現車の走行環境中(トンネル、霧囲気、増粘着噴射装置の動作、粉塵等)に存在する可能性が考えられるものとして、それぞれセメント、レール鏽、現車汚泥、アルミナ、8号珪砂及びシラスの粉体を車輪踏面と研摩子に対して、介在物となるように散布する試料として選定した。これらの諸元及び成分分析結果を表2に示す。

表1 装置諸元及び試験条件

車輪	新幹線用 φ860mm
踏面清掃装置	片持ち型 (490kPa)
研摩子	現用、材質変更
ブレーキ初速度	260km/h
研摩子緩解速度	70km/h
ブレーキパターン	一段 (6N 相当) 多段 (7N 相当)
ブレーキ距離	約 6900m (一段) 約 7800m (多段)
環境条件	乾燥、湿潤 試料散布の有無
散水量	約 130 ml/min
試料散布量	約 100 g/min

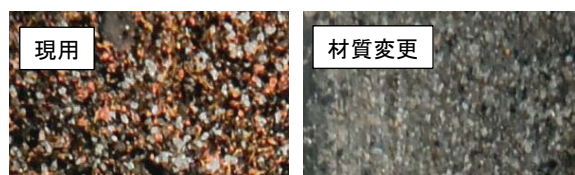


図5 研摩子の摩擦面

表2 試料の諸元及び成分分析結果

	セメント	現車汚泥	レール鏽	アルミナ	8号珪砂	シラス
比重	0.86	1.14	1.88	2.05	1.31	0.24
粒径 (μm)	420 以下	420 以下	420 以下	300 以下	100 以下	100 以下
含有元素*	O、Ca、Si	O、Fe、Si	O、Fe、Ca	Al、O	O、Si	O、Si、Al

*エネルギー分散型X線分光分析装置による (強度降順)

3. 4 再現試験結果

再現試験におけるかじり発生状況を表3、発生したかじり鉄片を図6に示す。かじり鉄片の大きさ及び肉厚の程度は、全試験を通して便宜的に微小、小、中、大及び薄、厚のように区分した記号（☆、◎、○、◇、△、□）でそれぞれ表した。主な結果は以下の通りであった。

(1) 温度の影響

試験中における研磨子の温度は、乾燥条件が最も高く、現用研磨子の一段ブレーキ条件で約270℃、多段ブレーキ条件で約80℃、材質変更研磨子の一段ブレーキ条件で約110℃であり、一段ブレーキは概して熱的に厳しいことが分かった。また、試験直後の踏面温度はいずれの場合も60℃未満であった。

(2) 介在物の影響

湿潤条件ではかじり鉄片が発生した。特に8号珪砂を散布した場合に、他条件に比べて大きく厚肉なかじり鉄片が形成され、繰り返し試験による成長も比較的顕著であったことから、珪砂に含有されるSi等の硬質粒子が影響しているものと考えられる。

(3) ブレーキパターンの影響

一段ブレーキと同様に多段ブレーキにおいても、湿潤に8号珪砂を散布した条件でかじり鉄片が発生したが、その発生や成長の度合いが比較的低かったことから、多段ブレーキのような研磨子の間欠動作に、かじりの抑制効果があるものと考えられる。

(4) 研磨子材質の影響

一段ブレーキによる比較を行ったところ、材質変更研磨子にも湿潤条件で微小なかじり鉄片が発生した。また、湿潤に8号珪砂を散布した条件では、現用研磨子に大きなかじり鉄片が発生したのに対し、材質変更研磨子には発生しなかったことから、ある程度のかじり抑制効果があるものと考えられる。



図6 発生したかじり鉄片
(湿潤、8号珪砂散布)

表3 かじり発生状況

研磨子	制動	環境	介在物 なし	介在物あり					
				セメント	現車 汚泥	レール錆	アルミナ	8号 珪砂	シラス
現用	一段	乾燥	—	—	—	—	—	—	—
		湿潤	□	○↑	◇↑	△↑	△	☆↑	◎↑
	多段	乾燥	—						
		湿潤	◇↑						
材質 変更	一段	乾燥	—						
		湿潤	□						

☆：大、厚肉 ◎：大、薄肉 ○：中、厚肉 ◇：中、薄肉 △：小 □：微小 —：無 ↑：成長

4. 踏面あらさ試験

4. 1 間欠動作

再現試験の結果から、かじり現象の抑制には多段ブレーキの間欠動作要素を一段ブレーキに反映させることが有効と考えられる。そこで、多段ブレーキの高速域における動作時間が約 20sec であること、安全を考慮して、緩解時間は動作時間の半値以下とすること、及び研摩子の摺動した距離が踏面あらさの生成に影響することを考慮して、本試験の間欠動作パターンを動作 20sec、緩解 10sec に設定した。

このパターンにおける摺動距離は現行の約 74%に相当する（図 7）。

踏面あらさの初期条件は算術平均あらさ（Ra） $1\mu\text{m}$ 及び十点平均あらさ（Rz） $4\mu\text{m}$ 以下とし、連続動作と間欠動作の比較を行った。あらさはレールと車輪の接触位置であるリムから 60～70mm の位置で測定した。また、試験条件を乾燥及び湿潤（約 130ml/min）とし、現用研摩子を用いた初速度 260km/h（研摩子の緩解は 70km/h）からの一段ブレーキを 3 回行い、停止毎にあらさを測定した。ただし、レールと車輪の転動条件は模擬しないものとした。

4. 2 試験結果

車輪踏面あらさの測定結果を図 8 に示す。両動作ともに、各試験後の算術平均あらさ（Ra）は乾燥条件が $0.5\mu\text{m}$ 、湿潤条件が $0.2\mu\text{m}$ を維持しており、変化はみられない。これらのことから、間欠動作でも連続動作と同等のあらさが形成されるものと推定される。また、現車の踏面あらさも上記と同程度であることから、間欠動作でも現行と同等の増粘着効果が確保されるものと考えられる。

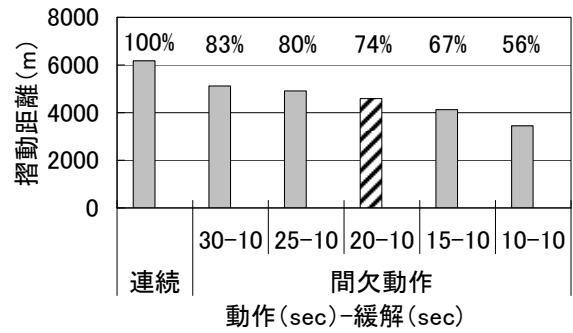


図 7 摺動距離の比較

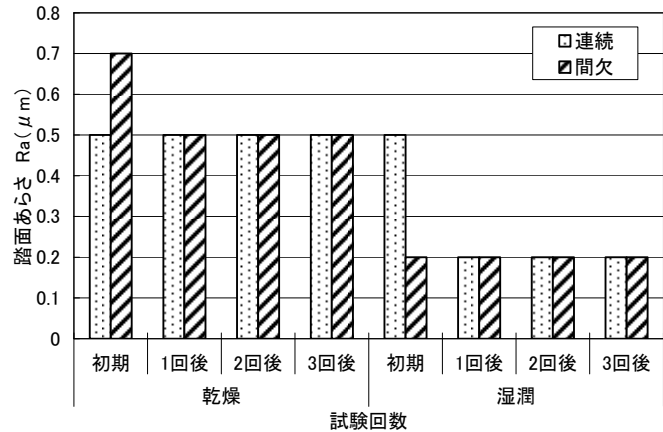


図 8 あらさの測定結果

5. まとめ

本研究において実施した試験等により、得られた知見をまとめると、以下の通りである。

- (1) 散水して、珪砂を介在させる条件において、かじり鉄片の発生が顕著であった。
- (2) 一段ブレーキは多段ブレーキよりもかじり鉄片の生成を促進することが分かった。
- (3) 踏面への攻撃性を抑えるように材質変更した研摩子の場合、かじり鉄片は発生せず、現用研摩子に比べてかじり鉄片の生成を抑制する効果があることが分かった。
- (4) 一段ブレーキに現用研摩子の間欠動作を適用した試験の結果、車輪踏面に形成されるあらさは連続動作と同等であった。

これらから、研摩子の間欠動作が、一段ブレーキにおけるかじり現象の抑制と増粘着効果の確保を両立する最適な方式の一つと考えられるが、今後現車試験等による効果の確認が必要である。