

鑄鉄複合化制輪子の開発

材料技術研究部 摩擦材料
副主任研究員 半田 和行

1. はじめに

車輪踏面制輪子に求められる特性の一つに、車輪踏面への適度な粗さの付与による所期のレール／車輪間粘着の確保が挙げられる。鑄鉄制輪子は、合成制輪子や焼結合金制輪子と比較して摩擦特性に劣るものの車輪踏面に粗さを与える特性に優れ、粘着条件の厳しい降雪厳寒地域を中心に現在でも不可欠な存在である。現在までに、鑄鉄制輪子に対して添加合金成分の調整により摩擦特性を改善した合金鑄鉄制輪子や、さらに摩擦面形状を改良した高速対応型合金鑄鉄制輪子が開発され、130km/h 域までの高速化に対応してきた。しかし更なる高速化対応のためには一層の摩擦特性の向上が必要と考えられる。

合金鑄鉄制輪子の摩擦係数向上には、車輪との摩擦界面に炭化ケイ素(以後 SiC と記す) を介在させることが効果的であることが知られている¹⁾。鉄道総研では、摩擦界面への SiC 供給方法として SiC 製三次元フィルタ(図 1)を鑄鉄制輪子中に鑄ぐるむ手法について、鑄鉄複合化制輪子として実用化開発を進めてきた。

SiC は車輪材に比べてはるかに硬質であるため、制輪子との複合化による車輪の摩耗量の増大や踏面き裂の発生等が懸念される。そこでこれら車輪踏面への攻撃性の増大を抑えつつ摩擦力の向上を期待できる鑄鉄複合化制輪子の開発を目的に、複合化する SiC フィルタの必要最低量等について実物大ブレーキ試験により評価した。本報告では、実物大ブレーキ試験の結果と量産可能な鑄鉄複合化制輪子の製造方法、さらに同制輪子を使用した現車試験の結果を報告する。

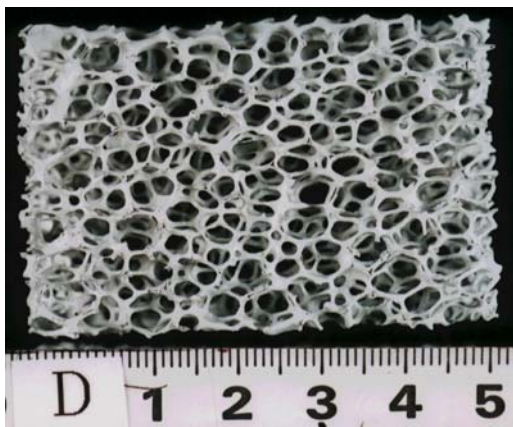


図 1 SiC フィルタ外観

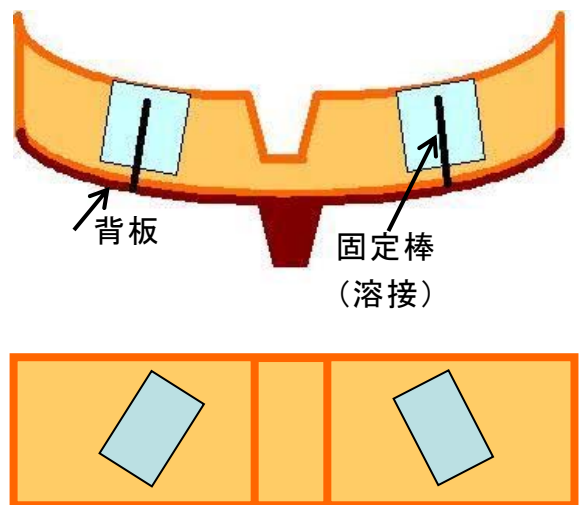


図 2 鑄鉄複合化制輪子の構造

2. 鋳鉄複合化制輪子の構造と特性

2.1 構造

鋳鉄複合化制輪子の構造を図 2 に示す。背板には案内棒が溶接され、鋳鉄溶湯が砂型枠内に注湯されると SiC フィルタは浮力により制輪子摩擦面まで浮上する。案内棒および SiC フィルタ部分以外の構造は現用の高速対応型合金鋳鉄制輪子と同じである。鋳鉄溶湯についても現用制輪子と同等組成を使用している。なお背板および案内棒には SS400 材を使用している。

2.2 定置試験による評価結果

複合化される SiC の面積率が制輪子の摩擦特性に及ぼす影響を調査し、最適な SiC フィルタ含有量を特定するため、定置評価試験を実施した。試験条件を表 1 に示す。試験は実物大ブレーキ試験機を用いて乾燥状態で行った。なおフィルタを含まない現用制輪子ではブレーキ初速度 155km/h の試験は行っていない。

摩擦面上の SiC 面積率と制動距離の関係を図 3 に示す。フィルタを含まない制輪子の制動距離は、ブレーキ初速度 125~145km/h では 450~950m でありばらつきが大きい一方、フィルタを含む制輪子の制動距離は、400~600m とばらつきが小さい。また SiC 面積率の増加による制動距離の顕著な変化は認められず、SiC 面積率約 1%材でも十分な摩擦係数増大効果が確認された。

摩擦面における SiC 面積率と制輪子摩耗量の関係を図 4 に示す。各ブレーキ初速度での SiC 面積率と摩耗量の関係から判断してフィルタの影響はブレーキ初速度 135km/h 以下では小さいがブレーキ初速度 145km/h 以上では顕著であり、SiC 面積率の増加とともに摩耗量は低減した。

以上の結果と、車輪保護の観点からは硬質な SiC フィルタの含有量を極力抑制することが望ましい点を踏まえ、SiC 面積率：約 1%を鋳鉄複合化制輪子の実用化開発組成として選定した。

表 1 定置試験条件

項目	設定値
車輪径	810mm
ブレーキ初速度	125, 135, 145, 155km/h
押付力(制輪子 2 個分)	34kN×2
試番数	5 回
慣性モーメント	1067kgm ²
車輪初期温度	60℃

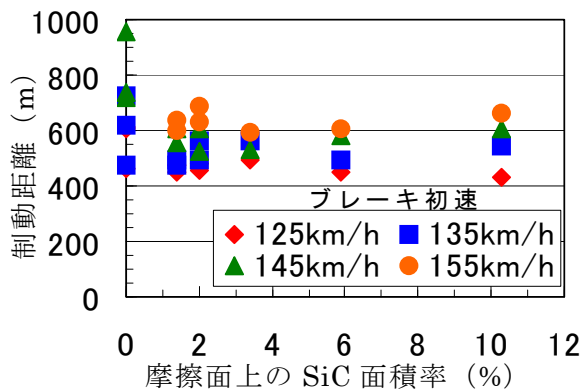


図 3 制動距離の SiC 面積率による変化

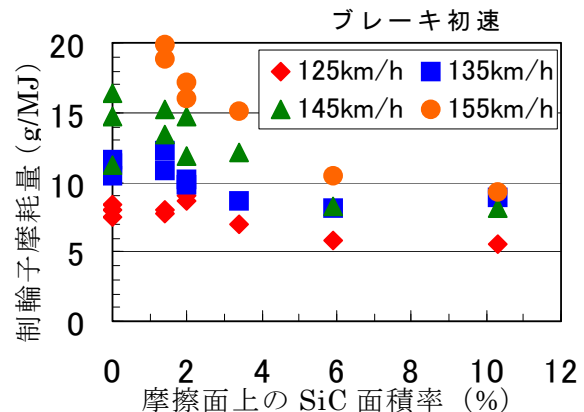


図 4 制輪子摩耗量の SiC 面積率による変化

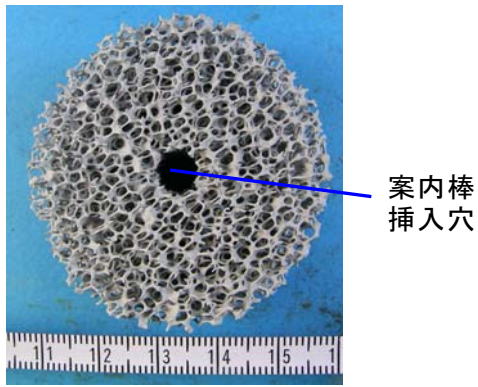


図5 円筒形 SiC フィルタ外観

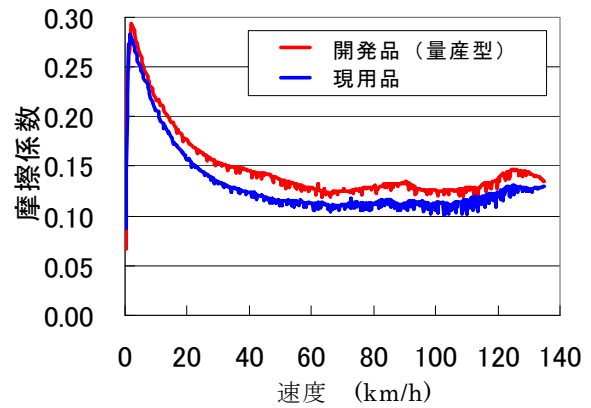


図6 摩擦係数の速度依存性

①製造時の SiC フィルタの向きによって摩擦特性が変化する可能性があるが、鑄鉄溶湯内で遊動するフィルタの向きを外部から制御できない。

②製造工程上、全数の背板に案内棒を溶接加工することは現実的ではない。

上記の問題については次の手法により解決した。まず①については、SiC フィルタ形状を直方体から円筒に変更することにより注湯時のフィルタの方向の考慮を不要とした。円筒形フィルタを図5に示す。寸法は $\phi 50\text{mm}$ で、案内棒挿入のための $\phi 5\text{mm}$ の穴を持つ。この円筒形フィルタ複合化時の SiC 面積率は 1.1%である。②については、予め背板に案内棒挿入のための $\phi 5\text{mm}$ の穴を設け、背板を通して砂型に案内棒を突き刺すことにより、溶接工程を省略できる方法とした。以上により量産化改良された製造方法は概ね以下の通りである。

- ① 鑄型に背板を設置する。
- ② 背板の穴を通して鑄型に案内棒を挿入設置し、案内棒にフィルタを通す。
- ③ 砂型の上型をかぶせ溶湯を注湯する。

量産化改良により、鑄鉄複合化制輪子の既存の鑄鉄制輪子製造ラインにおける製造が可能となった。また量産性については量産化製造工程で一定数量の実生産を行うことで確認した。現車への適用に際しては、現用品との摩擦特性の差異について詳細な把握が必要であることから、ベンチ試験での現用品との瞬間摩擦特性の比較のため定置性能評価を実施した。鑄鉄複合化制輪子量産化改良品と現用品の摩擦係数の速度依存性を図6に示す。

4. 現車試験

円筒形フィルタ入り鑄鉄複合化制輪子を特急気動車の4両中1両に搭載し、ブレーキ初速度105~130km/hにおいて非常ブレーキ試験を実施した。制輪子、散水装置等の設置状況を図7に

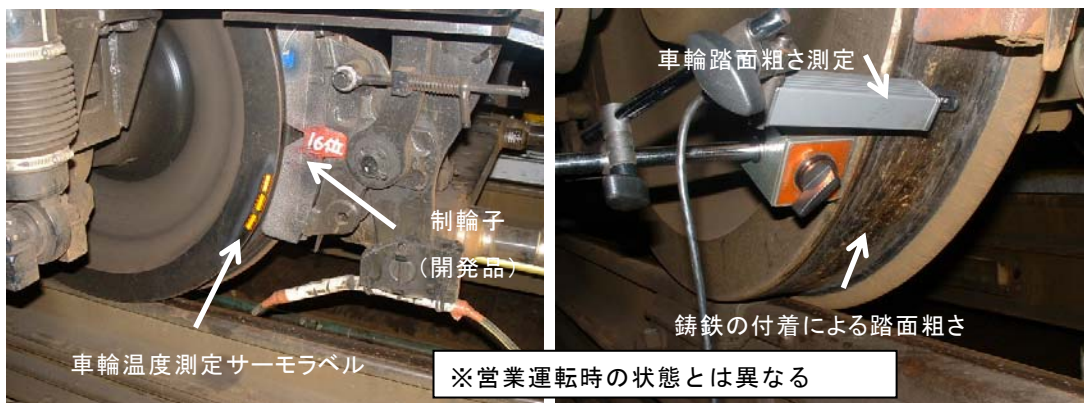


図7 現車試験時の状況

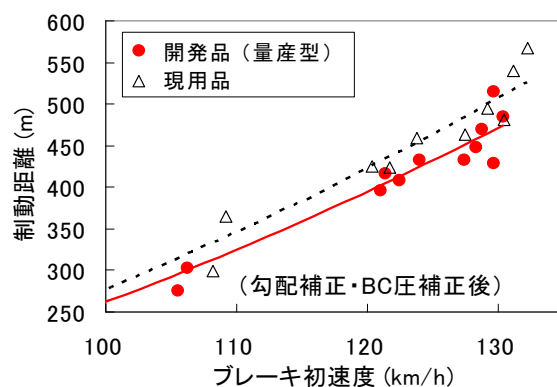


図 8 現車非常ブレーキ試験時の制動距離

示す。試験結果をまとめると以下の通りである。

- (1) 鋳鉄複合化制輪子を搭載した編成の制動距離について勾配補正および BC 圧補正を行い合金鋳鉄制輪子のみの編成と比較すると、図 8 に示すように短縮することが確認された。
- (2) 試験後の車輪踏面粗さは鋳鉄複合化制輪子・合金鋳鉄制輪子とも算術平均粗さ $Ra2-3\mu m$ 程度であり、降雪厳寒条件下における車輪／レール間粘着力を確保するに十分な大きさであった。
- (3) 試験後の鋳鉄複合化制輪子の摩擦面においてフィルタの割れや欠け等の異常は認められなかった。

以上より、現車試験により鋳鉄複合化制輪子の摩擦係数増大傾向を確認した。営業車両での使用を想定した長期耐久試験等が今後の実用化に向けて必要と考えられる。

5. まとめ

現用の高速用合金鋳鉄制輪子と SiC フィルタを複合化した鋳鉄複合化制輪子について、SiC フィルタの摩擦面上面積率の適正值を定置試験により同定した。またこの鋳鉄複合化制輪子について現用の鋳鉄制輪子製造ラインにおける製造を可能とするための量産化改良開発を行い、量産手法を開発した。量産化開発品について現車を使用した非常ブレーキ試験を実施し、現用材に対する摩擦係数増大効果を確認した。

参考文献

- 1) 辻村太郎 他, 日本機械学会第 2 回機械材料・材料加工技術講演会概要集, p79, 1994