

Invitation To Railway Technology

新幹線用高減速対応ブレーキシステムの開発

1. 緒言

新幹線において、地震発生時、脱線・衝突等のリスクを軽減し、安全性を向上するためには、列車を素早く減速し、停止させる必要があります。そのためにはブレーキ力の向上が必要不可欠です。本開発では、まずはレール・車輪間の粘着力で性能の上限が決まる粘着ブレーキの性能向上に向け、高い減速性能を有する基礎ブレーキ装置の開発に着手しました。

2. 現行ブレーキ装置のブレーキ力向上に伴う課題

高いブレーキ力を出力することは、ブレーキ装置に大きな負荷がかかり、ディスクやライニングの温度上昇による機械強度の低下等が懸念されます。図1に現行ブレーキ装置を示します。

そこで定置試験でライニングをディスクに、より大きな力で押付けた際に発生する問題を確認しました。その結果、ブレーキ力向上に伴い、以下の課題があることがわかりました。

- ①ライニングの異常摩耗が発生する
- ②ブレーキディスク温度が許容値を上回る

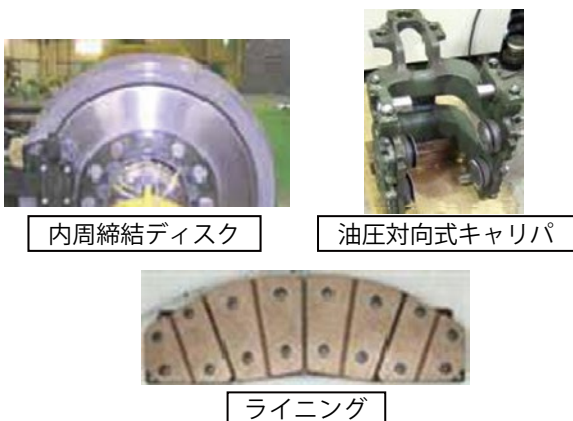


図1：現行ブレーキ装置

ライニング異常摩耗の発生要因は、現行キャリパ装置はピストンで直にライニングを押し付けるため、ライニングのピストン押付け部に圧力が集中することでした。

ディスク温度上昇については、ライニング押付け力増加に伴い、ディスクが受けるエネルギーが増加したことが要因でした。

3. 新型ブレーキ装置の開発

高ブレーキ力条件の定置試験により、現行基礎ブレーキ装置において確認された課題を解決し、高いブレーキ力を出力する新型ブレーキ装置の開発を行ないました。

3.1 キャリパ装置

3.1.1 押付け方式の変更

2章で述べたように高ブレーキ力条件において、現行ブレーキ装置では、異常摩耗が発生します。そこでライニングを面

で押すことでディスクに対してライニングを均等に押し付けることのできるテコ式構造を採用しました。図2に押付け構造の比較を示します。

また制御方式については、軽量化・メンテナンスの省力化及び環境への影響を考慮して、これまでの油圧制御から空圧制御に変更しました。

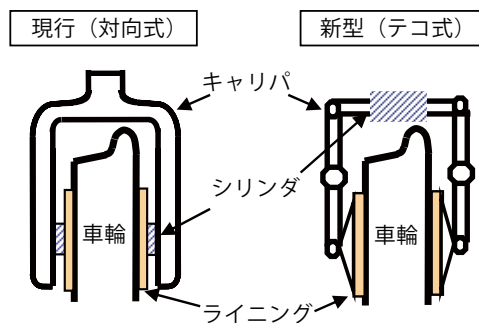


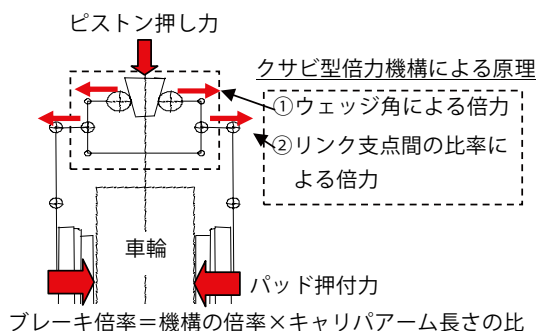
図2：押付け構造の比較

3.1.2 クサビ型ブレーキ倍力機構の搭載

高いブレーキ力を出力するためには、ライニングをより大きな力でディスクに押し付ける必要があります。テコ式キャリパで押付け力を上げるためには、シリンダ面積を大きくする、またはキャリパアームのテコ比を大きくする等の手法があります。しかし、これらの構造変更に伴いキャリパ装置が大きな構造となり、重量も増加します。

そこで自動車でも実績があるクサビ型ブレーキ倍力機構(図3)を採用しました。これまでシリンダが出力する力をキャリパアームの長さの比で倍力するのに対し、クサビ型倍力機構の搭載により、この機構の倍率とキャリパアームの長さの比で倍力することで、より小さなシリンダ出力で高い押付け力を出力できる構造としました。

重量は現行キャリパとほぼ同等となり、既存の新幹線台車にも装荷可能な小型で軽量のキャリパ装置の開発を実現しました。またシステムを変えずにシリンダ部の変更のみで既存の油圧による制御が可能です。図4に空圧テコ式キャリパを示します。



$$\text{ブレーキ倍率} = \text{機構の倍率} \times \text{キャリパアーム長さの比}$$

図3：クサビ型ブレーキ倍力機構



図4：空圧テコ式キャリバ

3.2 ライニング

ライニングは等圧構造によりディスクへの追従性を向上し、摩擦材の改良により現行ライニングと比較して摩擦係数を高めました。また定置試験にてキャリパ装置の押付け力及び速度による依存性が小さく、常に一定の高い摩擦係数を維持していることを確認しました。図5に平均摩擦係数を示します。等圧ライニングを図6に示します。

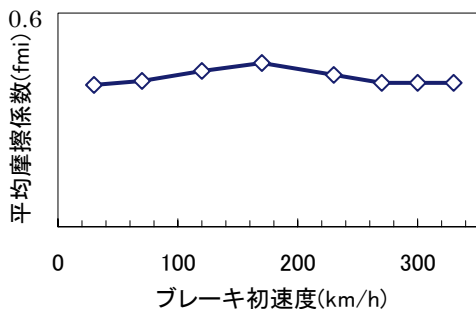


図5：平均摩擦係数



図6：等圧ライニング

3.3 ブレーキディスク

ブレーキディスクはボルト締結位置を内周位置から中央位置に変更することでディスク裏面のフィンに風が通りやすい構造として、ディスクの冷却性能向上を図りました。

4. 定置試験による性能確認

開発した新型ブレーキ装置と現行ブレーキ装置を用いて、現行非常ブレーキのブレーキ力条件で定置試験を実施し、ディスク温度を比較しました。図7にディスク温度の平均温度と最高温度及び最小温度をプロットしています。

現行ブレーキ装置に比べ、新型ブレーキ装置はディスク温度の温度上昇にバラつきが少ないことから、ディスクとライニングの接触状態が良好であると言えます。

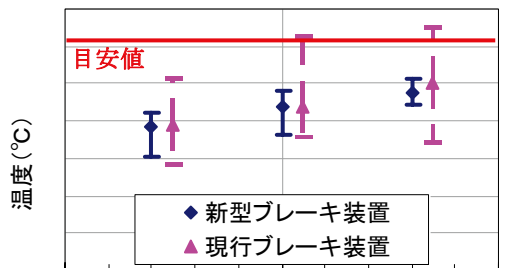


図7：ディスク温度

現行非常ブレーキ条件での試験結果が良好であったため、現行非常ブレーキよりも高いブレーキ力での定置試験により、ブレーキ性能及びディスク温度等について評価しました。図8に区間減速度、図9にディスク温度を示します。

高いブレーキ力においてもブレーキ性能を満たすとともに、ディスク温度も目安値内であり、ライニング摩耗状態にも異常がないことを確認しました。

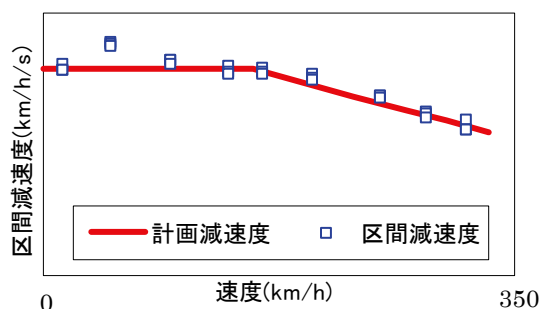


図8：区間減速度



図9：ディスク温度

5. 結言

高いブレーキ力に対応したブレーキ装置を開発し、定置試験によりブレーキ性能を満たし、性能に問題がないことを確認しました。

今後は現車試験によって、高いブレーキ力でのブレーキ性能と機械強度の耐久性を確認します。