

電気で働く機械ブレーキ装置の開発

○狩野 泰 [機] 南京 政信 (鉄道総合技術研究所)

鈴木 努 大河原 義之 (KYB)

福場 眞望 大久保 吉喜 (三菱重工業)

島田 利晃 (アイエム)

Development of the electro-mechanical brake caliper

Yasushi Karino, Masanobu Nankyo (Railway Technical Research Institute)

Tutomu Suzuki, Yoshiyuki Ookawara (KYB Co, Ltd.)

Makinobu Fukuba, Yoshiki Okubo (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, Ltd.)

Toshiaki Shimada (Ai-emu Co, Ltd)

The driving force of a mechanical brake is usually a pneumatic or hydraulic system. The mechanical brake operates in an emergency by opening a tank or accumulator that stores fluid under high pressure. However, modes of transportation such as light rail vehicles have limited space and require a brake caliper that is adapted to rolling stocks to dispense with pneumatic components. This report describes the development of a small and light mechanical brake caliper that is powered by electricity instead of air pressure.

キーワード：電動ブレーキ装置, 低床式路面電車, 圧縮空気源

Keywords: electro-mechanical brake caliper, light rail vehicle, pneumatic components

1. はじめに

近年, 国内の軌道事業者等での導入が進んでいる, バリアフリー化された低床式路面電車 (以下, LRV という) では, 走り装置が特殊なため取り付けられる機器の制約が大きく, 車体にも空気圧縮機を積むスペースを捻出できないなどの理由により, 機器動作用の圧縮空気源を廃したエアレス車両が主流となりつつある。

そこで, 圧縮空気を使用しない小型軽量の機械ブレーキ装置として, 電気で働く機械ブレーキ装置 (以下, 電動ブレーキという) を搭載した例もあるが, 著者らは既存の車両の油圧ブレーキ装置と置き換えが可能な, コンパクトな電動ブレーキ装置を開発した。本報ではその概要と走行試験結果等について報告する。

2. 電動ブレーキの概要

2.1 ブレーキ装置に必要な推力変換機構

雄ネジと雌ネジのペアを回転させると, 本体の中心線に沿って直線的な相対運動をする性質があり, 回転角と並進距離とは, ネジ山のピッチ (間隔) によって規定された正確な比例関係となる。また, クサビの勾配に相当するリード角の効果により, 与えられたトルクを直線方向の力 (軸力) に変換する。このように, ネジを用いると, 回転運動

を並進運動に変換できるが, これはモーターを原動力とした場合に, ブレーキ装置に必須の機構である。そこで本装置では, モーターでナットを回転させ, 雄ネジ側のロッドを並進運動させる推力変換機構を採用した。

2.2 小型化に適した減速機構

小型のモーターと組み合わせて, 極力コンパクトな電動ブレーキを開発するためにも, 減速機を用いた力の増幅は必須である。図1に示す内接揺動式減速機では, 互いに噛み合う一対の歯車 (遊星歯車, 太陽歯車) において, 偏心体から角速度 (ω_1) で回転入力されたとき, 固定された遊星歯車が太陽歯車と内接しながら揺動運動を行い, 出力軸となる太陽歯車を角速度 (ω_2) で入力軸と同方向に減速する。この時の減速比は次式で表され, 比較的大きな減速比をモーター回転軸と同軸上の小スペース内に組み込むことが可能となる。

$$i = \omega_2 / \omega_1 = (N - n) / N \dots\dots\dots (1)$$

i: 減速比 N: 太陽歯車の歯数 n: 遊星歯車の歯数

2.3 開放ばね型電動ブレーキ

前述の推力変換機構と減速機構を使用した開放ばね型電

動ブレーキの基本構造を図2に、試作した電動ブレーキの組み立て状態を図3にそれぞれ示す。

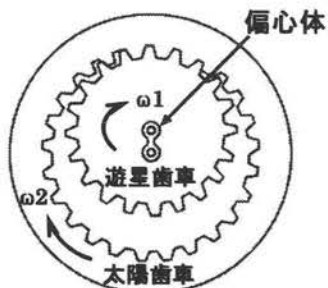


図1 内接揺動式減速機の動作原理

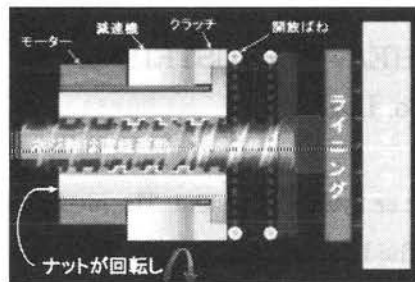


図2 開放ばね型電動ブレーキの基本構造

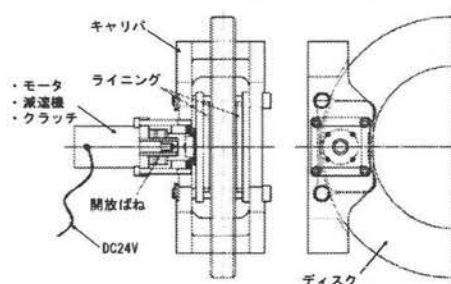


図3 電動ブレーキの組立状態

3. 現車試験

3.1 現車試験の概要

本装置の性能を確認するため、実際の軌道車両に取り付けて走行試験を行った。本試験では、図4に示す国産LRVのB台車2カ所（海側と山側）に電動ブレーキを取り付け、車内には、ブレーキ制御装置（以降、BCUという）の二次側に、運転台からのマスコン操作に連動して、電動ブレーキを動作できる簡易的なBCUを追加し、初速度10～40km/hまでの停止ブレーキ試験を実施した。なお、現車試験の対象編成が、完成検査として走行性能確認試験の実施途中であったことから、試験時のブレーキ力は完成検査の内容に合わせ、非常ブレーキの50%（減速度2.4km/h/s）とした。

3.2 試験結果

(1) 空走時間

初速度40km/hにおける空走時間の読み取り結果を図5に示す。空走時間は1.0secであり、現行ブレーキ装置の空走時間と概ね一致する結果であった。

(2) 停止ブレーキ性能

初速度40km/hからの平均停止距離は85.8mで、このときの平均減速度は2.67km/h/s、空走時間1.0secを除いた実平均減速度は3.07km/h/sであった。この結果は、目標減速度2.4km/h/sを満足するものであり、現行ブレーキ装置と同等の停止ブレーキ性能が得られることが確認された。

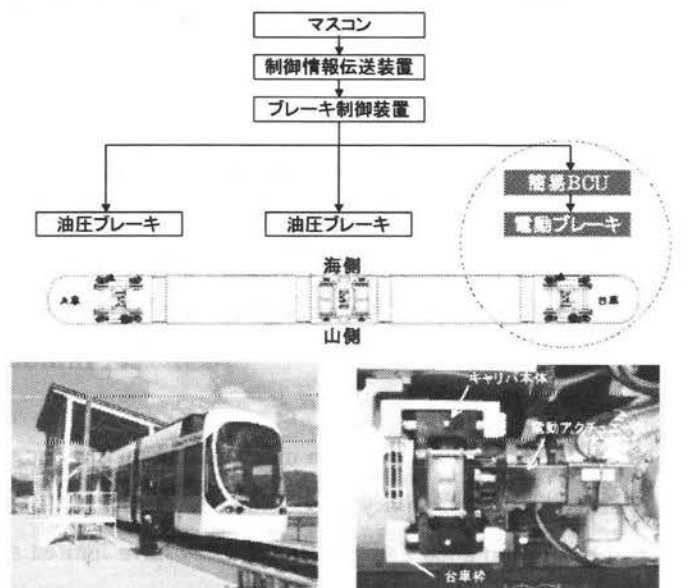


図4 試験仮設の状態

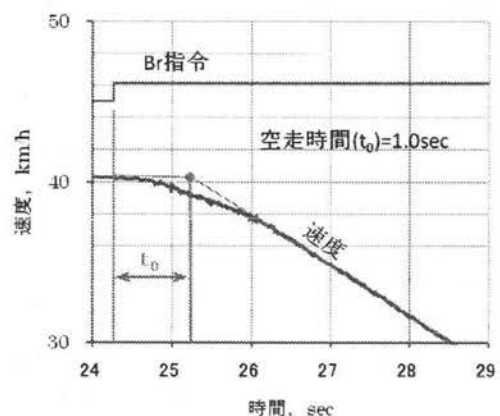


図5 空走時間の読み取り (JIS E 4007)

4. おわりに

本報で紹介した電動ブレーキは、制動力や吸収エネルギーが小さくてすむ路面電車等の比較的軽量で速度の遅い車両に向けたものとして開発されてきたが、JRの在来線やその他民鉄等の、所謂普通鉄道の車両に使用可能なものが出来れば、圧縮空気の供給源が不要になるなど、車両の軽量化に大きなメリットをもたらすと考えられる。

今後は、実用化に向けた耐久性の評価や保守性などを検証していく予定である。

なお、本研究開発は国庫補助金を受けて実施した。

参考文献

- (1) 南京他:「停まるの基本」, Railway Research Review, Vol.65, No.7