

正 [機] ○井門 敦志 岩崎 誠 正 [機] 宮地 徳蔵 井上 達哉 (鉄道総研)

蝦名 弘太 (東海旅客鉄道株式会社 前: 鉄道総研)

Measures to Reduce Aerodynamic Drag of Conventional Train and their Effect

Atsushi IDO, Makoto IWASAKI, Tokuzo MIYACHI, Tatsuya INOUE (Railway Technical Research Institute)

Kota EBINA (Central Japan Railway Company, Former affiliation Railway Technical Research Institute)

Measures to reduce aerodynamic drag have been hardly applied to meter-gauged railway vehicles because their speed is much lower than that of Shinkansen vehicles. Therefore, we can have ample possibility for reducing the aerodynamic drag of the meter-gauged railway vehicles. In this study, we proposed improvement of under-floor shape to reduce it and carried out wind tunnel tests to estimate its reducing effect. We found out that the improvement of under-floor shape could reduce the aerodynamic drag by 10% for intermediate vehicles.

Keywords : aerodynamic drag, meter-gauged railway vehicle, under-floor shape, flow around vehicle

1. はじめに

車両の走行抵抗は、機械抵抗と空気抵抗とから成り、機械抵抗が速度の一次式で表されるのに対し、空気抵抗は速度の2乗に比例する。そのため、高速化が進んだ新幹線では、空気抵抗の低減が走行抵抗の低減に大きく寄与する。一方で、新幹線車両と比較すると速度の低い在来線車両では、これまで空気抵抗の寄与度が大きくないと考えられ、空気抵抗を考慮した車両設計が積極的には行われてこなかった。しかしながら、在来線車両においても徐々に高速化が進み、その最高速度は160km/hに達している。さらに、車両の軽量化や電動機の高効率化による機械抵抗の低減が進み、相対的に走行抵抗に占める空気抵抗の割合が増大している。高速で走行する新幹線車両の形状と比較すると、在来線車両は凹凸が目立つ形状であり、空気抵抗低減の余地が大きいと考えられる。在来線車両の空気抵抗低減対策を進めるためには、形状を改良した場合の空気抵抗低減量を精度良く求める必要がある。そこで、在来線車両の床下部に注目し、形状改良による空気抵抗低減策を提案し、その効果を評価した。

2. 風洞実験の概要

図1に風洞実験状況を示す。風洞実験は、鉄道総研大型低騒音風洞¹⁾の密閉型測定部を用いて実施した。測定部の大きさは、幅5m×高さ3m×長さ20mである。地面模擬のために、境界層吸込装置および移動地面板が設置されている。走行する車両の周りには境界層が発達し、中間車両の床下流れは、車両および地面の影響を受けた流れになる²⁾が、縮尺模型による風洞実験では、車両模型表面での境界層の発達十分ではなく、現車の車両床下の流れと異なる流速分布(風洞実験の流速が高い)となる。本研究では、空気抵抗評価の精度を上げるために風洞実験において車両模型にスパイアを取り付けることにより現車の車両床下の流速分布を再現した。

車両模型は3両編成で、模型の縮尺は1/8.4である。模型はピアノ線(直径1mm)を用いて吊り上げ、移動地面板に接触しないように設置した。風洞実験風速は50m/s

である。中間車両の空気抵抗を、先頭車に内蔵したロードセル(昭和測器社製:DP200N)で測定した。在来線車両の床下機器形状は様々であるが、ここでは図2に示すような床下機器形状の車両について、中間車両の空気抵抗の測定を行った。空気抵抗低減効果は、標準形状の車両の空気抵抗と形状を変更した車両の空気抵抗の差として評価した。

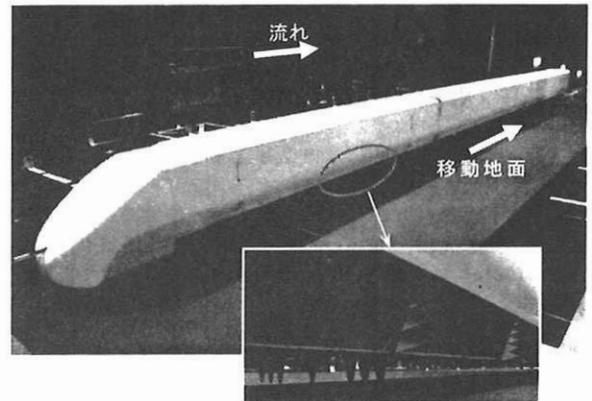


図1 風洞実験状況

3. 床下機器の空気抵抗低減策

在来線車両においても、新幹線車両の床下形状のように全体をカバーすることが空気抵抗低減に最も有効であるが、在来線車両の床下にカバーをつけることは、コストやメンテナンスを考慮すると実用的な対策ではない。ここでは、床下機器形状の断面を統一することにより、空気抵抗の低減を図ることを提案する。床下には、様々な機器箱が取り付けられている。通常、これらの機器箱は、大きさや取り付け位置が統一されていないため凸凹

を生じ、そのことが空気抵抗増大の原因となっている。そこで、機器箱の断面を統一し、その中に、機器を納める構造を提案する。この時、機器箱の長さは必ずしも同じである必要はない。本研究では、断面の統一された断面形状を持つ機器箱を直線的に配置すること(図2参照)による空気抵抗低減策を提案した。

4. 風洞実験結果および考察

風洞実験で得られた空気抵抗を $1/2 \rho U^2 S$ (ρ 空気密度, U 実験風速, S 代表面積=車両幅×レールレベルからの車両高さ)で無次元化し、空気抵抗係数として図3に示す。

ここでは、メンテナンスを考慮し、機器箱を2列になるように配置している。加えて、流れ方向に垂直な面の空隙が必要な機器もあると考えられるので、流れ方向の空隙を確保した形状についても、空気抵抗の測定を行った。短い機器箱(Type1)は、長い機器箱(Type2)より空気抵抗係数が大きくなる。一般的に、機器箱が台車のすぐ下流側にあるときには、台車が機器箱に当たる流速を緩和し、逆の配置の場合には、機器箱が台車に当たる流れを緩和する。長い機器箱を取り付けた場合には、これらの効果が顕著に表れるが、短い機器箱を取り付けた場合には、これらの効果が小さく、台車、機器箱ともに速い流れが当たり、空気抵抗が大きくなると考えられる。すなわち、機器箱の断面形状を統一し、機器箱と台車との空隙を小さくするように配置することにより、空気抵抗が小さくなることがわかる。

空気抵抗が低減する Type2~Type4 については、基本形状(Type0)からの低減量を図4に示す。流れ方向の空隙が大きくなるほど、空気抵抗の低減効果は小さくなるが、基本形状と比較すると、空気抵抗係数で0.01程度空気抵抗が低減していることがわかる。

5. 現車1両あたりの空気抵抗低減効果

風洞実験により評価した空気抵抗係数低減量から、現車の中間車両1両の空気抵抗低減効果を評価する。現車の中間部(先頭・後尾部以外)の空気抵抗(広義の摩擦抵抗)は、現車試験から求められる³⁾。中間車両1両の長さを20mとすると、現車1両の空気抵抗係数は $1C_{Du}=0.158$ (l 車両長さ, C_{Du} 車両長さ1mあたりの広義の摩擦抵抗係数=0.0079)となる。一方、風洞実験結果から、最も効果の大きかった形状(Type2)での空気抵抗係数低減量は0.016である。従って、現車の中間車両1両あたりの空気抵抗低減効果は10%となる。

6. まとめ

本研究では、在来線車両の床下の形状改良による空気抵抗低減策を提案し、風洞実験により空気抵抗係数低減量を求めた。さらに、現車試験結果から得られる中間部の空気抵抗を基準とした場合、床下形状の改良により現車の中間車両の空気抵抗が10%低減することがわかった。

参考文献

- 1) 井門敦志, 善田康夫, 近藤善彦, 松村豪, 鈴木実, 北川敏樹: 大型低騒音風洞の基本性能, 鉄道総研報告, 13巻, 12号, pp.5-10, 1999.
- 2) 井門敦志, 山崎展博, 栗田健, 松本雅則: LDVによる車両床下流速分布の測定, 第16回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, pp.199-200, 2009.
- 3) 原朝茂, 大楠淳, 西村弁三: 列車の空気抵抗, 鉄道技術研究報告, 591, 1967.

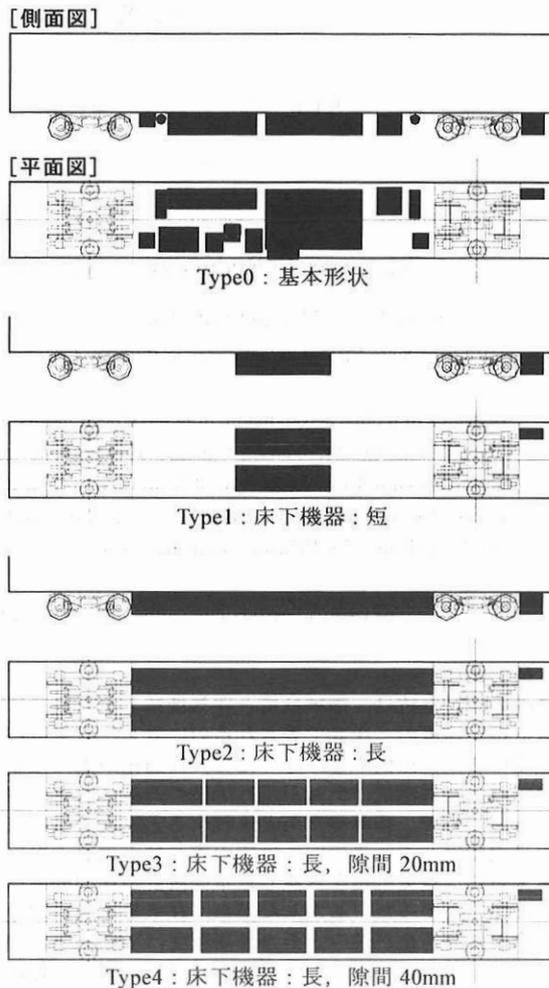


図2 床下機器形状

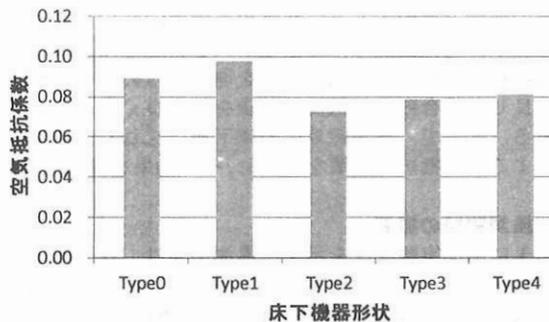


図3 空気抵抗係数

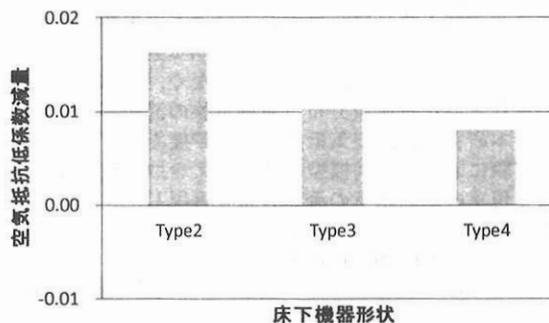


図4 空気抵抗係数低減量