

2707 LDV による車両床下流速分布の測定

正 [機] ○井門 敦志 (鉄道総研) 正 [機] 山崎 展博 (JR 東日本)

正 [機] 栗田 健 (JR 東日本) 松本 雅則 (ダンテックダイナミクス)

Measurement of Flow Velocity Profiles between the Underside of a Vehicle and a Track by LDV

Atsushi IDO, Railway Technical Research Institute, 2-8-38 Hikari-cho Kokubunji-shi, Tokyo, 185-8540

Nobuhiro YAMAZAKI, Takeshi KURITA, East Japan Railway Company

Masanori MATSUMOTO, Dantec Dynamics K.K.

The air flow between the underside of a vehicle and a track is one of main causes of ballast flying phenomena, snow accretion, aerodynamic drag, aerodynamic noise and so on. We measured the flow in on-track tests to obtain reference data to be used for wind tunnel tests and CFD that are effective tools to study the flow. In the on-track tests, we used Laser Doppler Velocimetry (LDV) that is no-contact sensor by which we can measure the flow velocity in the area outside the rolling stock gauge. As a result of the measurement, it was confirmed that the velocity under the head vehicle is higher than that under the intermediate vehicle and that the velocity under the intermediate vehicles is higher on the ballasted track than on the slab track.

Keywords: flow velocity, vehicle, underside, LDV, on-track test, ballasted track, slab track

1. はじめに

列車の走行により誘起される車両の床下の流れ(以下, 床下流れ)は, パラスト飛散¹⁾, 着雪²⁾, 空気抵抗³⁾, 空力騒音⁴⁾等さまざまな問題の原因となっている。これらの問題の解決のためには床下流れを明らかにする必要がある。その手法として現車試験, 風洞実験, 数値計算, 模型実験等がある。現車試験では, コストがかかることや多くの制約条件があること等の問題があるため, 床下流れの解明のためには, 現車試験以外の手法も必要である。しかし, 現車試験以外の手法では流れの相似則を正確に一致させることは現実的に困難であるので, これらの手法を用いた研究においては, 現車試験による検証が必要不可欠である。

これまでの現車試験の流速測定⁵⁾では, 車両床下に固定された(楕形)ピトー管や熱線流速計を用いていた。それらの方法では, センサー高さの変更が困難であること, また, センサーを車両限界より下方に設置することができない(これまでの実績は床下より最大 100mm)ことから, 車両限界より下の領域を含めた詳細な流速測定は行われていない。

そこで, 本試験では, 非接触型の測定機器であるレーザードップラー流速計(LDV)を車両の床下部(床下の機器箱がある空間)に設置したトラバース装置に搭載し, 高さを変更しながら流速測定を行うことにより, 車両限界より下の領域までの流速を測定した。本試験で測定されたデータは, 床下流れの解明のための, 風洞実験や数値計算を行う際のリファレンスデータとなることが期待される。

2. 現車走行試験の概要

2.1 測定車両

床下流れの測定は, Fastech360S (8 両編成)で行った(図 1, 図 2 参照)。床下の流れは, 2 号車以降では十分に発達した乱流クエット流れに類似した流れになり編成中の号車位置によらずほぼ同じであることが報告されている⁶⁾。そこで, 本試験では, 先頭車両および中間車両での測定を实

施した。先頭車両の測定は下り走行 8 号車, 中間車両の測定は上り走行 5 号車で実施した。

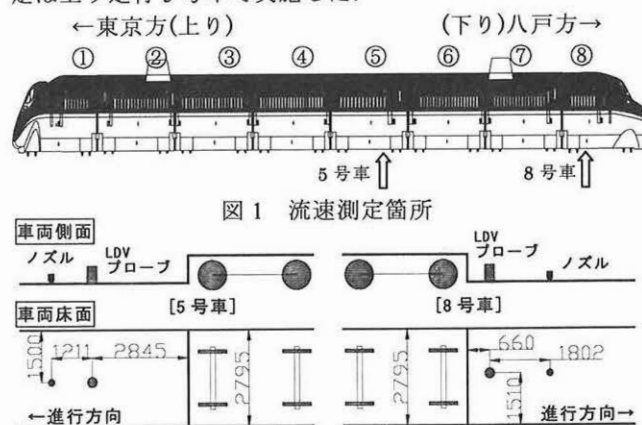


図 1 流速測定箇所

図 2 ノズルおよび LDV 設置位置

2.2 LDV による計測システム

本計測で用いた LDV は, ダンテック社製の FlowLite システムである。FlowLite システムは, プローブ, 光学系アンプ, 演算処理装置, PC からなり, 測定データは PC に取り込まれる。図 3 に測定の概念図を, 図 4 にレーザーの照射の様子, 図 5 にミストの噴霧の様子を示す。LDV のプローブを車両床下に設置したトラバース装置(上下方向移動: 車両床面~下方 260mm)に取り付け, 上流のノズル(霧のいけうち社製 BIMJ2004S303: 水圧 0.175MPa, 空気圧 0.45MPa)からミストを発生させ流速を測定した。事前に, 上記ノズル, 水圧, 空気圧で発生させたミストを用いた風洞実験を行い, 想定された流速範囲で, ミストの追従性に問題のないことを確認している。なお, 現車試験では, 車外に拡散しても問題のない水のミストを用いた。

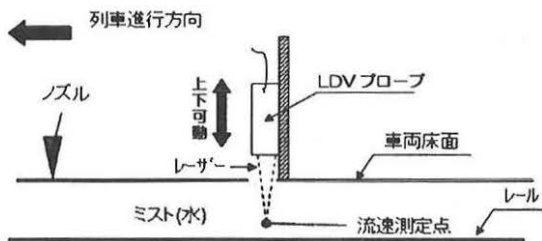


図3 流速測定概念図



図4 レーザー照射状況



図5 ミスト噴霧状況

2.3 測定条件

LDV データ収録の最大時間は 10 秒とした。320km/h(列車最高速度)走行時には、10 秒間に 890m 進むため測定区間が 1km 程度必要である。車両床下の流れは、車両床下の形状ばかりでなく、軌道の形状にも影響を受けると考えられるので、測定区間は、同じ軌道条件が 1km 程度続く明かりの直線区間とし、スラブ軌道区間およびバラスト軌道区間の各々の条件について流速を測定した。

3. 測定結果および考察

図 6 に平均流速(車両に対する流速)分布(u/V)を、図 7 に乱れ度(u_{rms}/V)分布を示す。ここで u :平均流速(レール方向水平成分)、 u_{rms} :流速変動成分の二乗平均、 V :列車速度である。データを収録した列車速度は 194~319km/h であった。また、車両床面からの距離(以下、距離)は、床面から軌道表面までの距離(400mm)を基準とした無次元距離(車両床面が 0、軌道表面が 1 となる)で示した。

スラブ軌道走行の場合、車両位置に注目すると、中間車両の流速分布は全体的に先頭車両(距離 0.5 で流速 0.78 程度)より遅く、距離 0.5 で流速が 0.42 程度となる。平行平板板の乱流クエット流れでは、距離 0.5 の流速は 0.5 となるはずであるが、現車試験結果では、距離 0.5 の流速が 0.5 より小さくなっている。これは、車両の床下形状がスラブ軌道表面より凸凹しており、車両床面の影響をより強く受けるため 0.5 より遅くなっていると考えられる。一方、先頭車両では、車両床面の減速効果が十分には及んでいないため、ほぼ、全域で 0.5 を超える速い流れになっている。中間車両の乱れ度は、車両のごく近傍でやや大きくなるが車両から離れると、ほぼ一定の値(5~6%)となる。一方、先頭車両の乱れ度は、床面付近の乱れ度は 10%程度であるが、車両から離れるに従い小さくなる。中間車両と比較すると、全領域で先頭車両の乱れ度のほうが大きくなる。乱れ度が大きくなるのは、先頭下部での大きな流れのはく離の影響が残っているためであると考えられる。

バラスト軌道走行とスラブ軌道走行を比較すると、中間車両では、全領域でバラスト軌道の流速が速くなる。バラスト軌道の場合には、その表面がスラブ軌道と比較して凹凸が大きいため、スラブ軌道の場合よりも空気が車両に引きずられにくい(車両側からみて流れが速くなる傾向)ためであると考えられる。また、全領域でバラスト軌道の乱れ度がスラブ軌道より大きくなることから、バラスト軌道表面の凹凸の影響で乱れ度が強くなること、また、その影

響が流れ場全体に及んでいることがわかる。一方で、先頭車両では、流速分布、乱れ度分布ともに、軌道条件の違いによる明らかな差は見られない。このことから、先頭車両では、軌道表面の違いの影響が測定範囲全体(距離 0~0.65 程度まで)には及んでいないことがわかる。

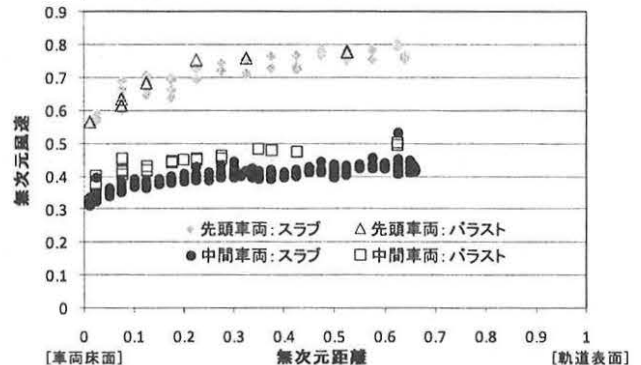


図6 平均流速分布(u/V)

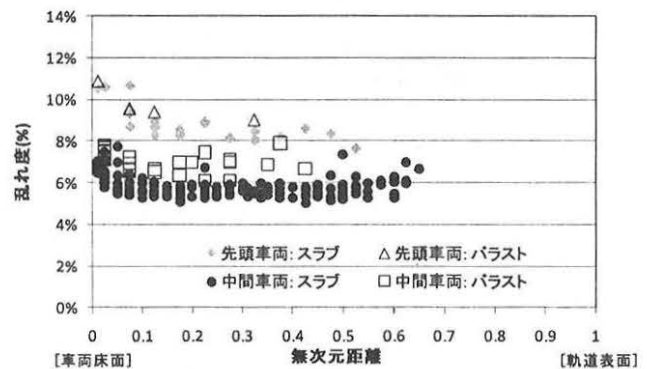


図7 乱れ度分布(u_{rms}/V)

4. まとめ

非接触型の流速計である LDV を用いて、車両から離れた領域(距離 0~0.65 程度まで)までの車両床下の車両に対する流速を測定した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 中間車両の床下流速分布(スラブ軌道走行時)は、全体的に先頭車両(距離 0.5 で流速 0.78 程度)より遅く、距離 0.5 で流速が 0.42 程度となる。
- (2) 中間車両では、床下流速がバラスト軌道表面の影響により、スラブ軌道の場合よりも速くなる。
- (3) 先頭車両の床下の流れは、軌道表面の影響が流れ場全体(距離 0~0.65 程度まで)には及んでいない。

参考文献

- 1) 吉田真, 内田雅夫, 矢口直幸, 御船直人: 高速走行時のバラスト飛散防止対策, 鉄道総研報告, Vol.6, No.6, pp.27-36, 1992.
- 2) 河島克久, 遠藤徹, 藤井俊茂: 新幹線の雪の舞い上がり防止に関する基礎的研究, 鉄道総研報告, Vol.8, No.7, pp.7-12, 1994.
- 3) 井門敦志, 小濱泰昭: 鉄道車両の床下形状平滑化による空気抵抗低減についての研究, 機械学会論文集(B 編), 71-703, B, pp.73-80(2005).
- 4) 高石武久, 善田康雄, 佐川明朝, 長倉清: 高速鉄道の車両下部空力音に関する研究, 日本機械学会論文集(B 編), 67 巻 662 号(2001), pp.2478-2486.
- 5) 井門敦志: 車上側および地上側からの計測による車両床下流れの評価, 鉄道総研報告 Vol.23, No.7, pp.39-44, 2009.