

新幹線屋根上流れを再現した風洞試験法

(第 2 報 : 集電装置模型の風洞試験)

池田 充* 高石 武久 小山 達弥 中村 幸太郎 (鉄道総研)

Experimental method at a wind tunnel to reproduce the turbulent flow on the roof of Shinkansen
(2nd report: Results of a wind tunnel test on a current collector model)

Mitsuru Ikeda*, Takehisa Takaishi, Tatsuya Koyama, Kotaro Nakamura (Railway Technical Research Institute)

Wind tunnel test on current collectors of high-speed trains have been often performed to estimate aerodynamic and aeroacoustic characteristics of them. However, difference of flow conditions between wind tunnels and actual trains can bring large error in the estimation. In this 2nd report, test results of a wind tunnel test on a current collector model with and without obstacles to generate turbulent boundary layer is reported in order to indicate effects of the experimental method which is proposed in the 1st report of this paper.

キーワード : 集電装置, パンタグラフ, 乱流境界層, 風洞実験, 空力音, 空気力

(Keywords, Current collector, Pantograph, Turbulent boundary layer, Wind tunnel test, Aerodynamic noise, Aerodynamic force)

1. はじめに

高速鉄道では、集電装置に対する流力的作用を十分に把握しておくことが、安定した集電を実現する上で重要である。そのための有効な手段が風洞試験であり、集電装置に関わる空気力や空力音を評価するための風洞試験が数多く実施されてきた。しかし、集電装置まわりの流れ場は車両まわりに発達した境界層の影響を受けるにもかかわらず、風洞試験ではその影響を十分な精度で反映できていなかったため、現車試験と風洞試験とでそれぞれ評価した空気力や空力音が合致しない場合があるといった問題があった。

そこで本研究の第 1 報¹⁾において、大型低騒音風洞において新幹線屋根上流れを再現した試験を行う方法を提案した。この方法は、乱流生成装置の形状や配置を変えることにより実車屋根上の流速分布を再現するとともに、乱流生成装置自身から発生する空力音の影響を抑えることによって空力音評価も可能とするものである。本報では、集電装置の風洞試験にこの方法を適用し、パンタグラフに作用する空気力や集電装置全体から発生する空力音の評価を行い、本手法の有効性を検証した。

2. 風洞試験

〈2・1〉風洞試験の概要 風洞試験は鉄道総研所有の大型低騒音風洞の開放型測定部を用いて行った。ノズル吹出口の大きさは幅 3m×高さ 2.5m であり、最高風速は 400km/h である。模型支持台車の大きさは幅 5.5m×長さ

7m であり、ノズル吹出口に乱流生成装置を取り付ける。今回は、H20 × W1593 の L アングル、および正面が二等辺三角形 (H1000×W60) のスパイヤ、の 2 種類の乱流生成装置を適用した。これらの乱流生成装置により風洞床面に形成される境界層の流速分布は第 1 報¹⁾を参照のこと。

〈2・2〉供試体 試験に供した集電装置は実物の 1/3 スケールの模型であり、パンタグラフ模型と碍子オオイ模型から構成される。パンタグラフの揚力(架線・パンタグラフ間に作用する接触力の空気力による増加分)を評価するため、パンタグラフ模型は実機と同様の押上機構を備えている。舟支え部に取り付けたφ0.5mm のワイヤにより舟体を下方に引っ張ることでパンタグラフ模型を特定の作用高さで固定し、ワイヤに作用する張力が風速に応じて変化する量をロードセルで計測して揚力を評価した。空力音測定時にはワイヤから発生するエオルス音が評価の妨げとなるため、ワイヤを取り除いたうえで枠組を機械的に固定した。

〈2・3〉揚力測定結果 なびき条件、作用高さ RL4800mm 相当において測定した揚力測定結果を図 1 に示す。ただし、揚力は現車換算した値である。比較のため、現車において同条件で計測した揚力も同図に示している。通常、揚力は風速の 2 乗に比例して増加するが、現車で実測した揚力は低速域において風速増加に対し減少する領域があり、高速域において単調増加に転じている。1/3 スケール模型で測定した結果も同様の特徴を示しているが、揚力が増加に転じる速度が現車試験結果に比べて高速側にシフトしていることから、レイノルズ依存性(模型寸法に対する

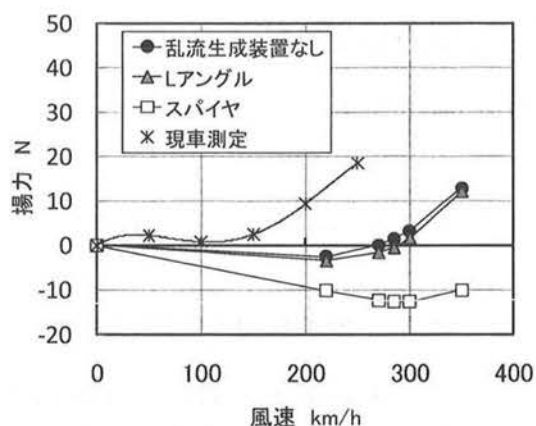
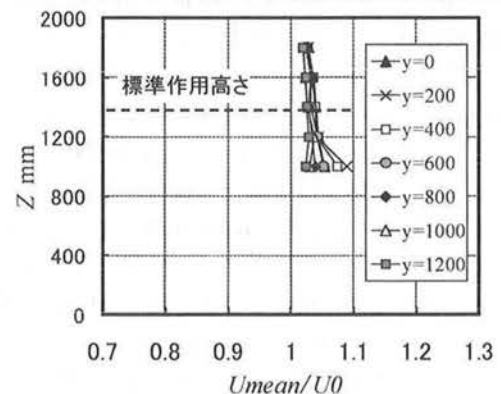


図 1 揚力測定結果 (なびき条件, RL4800 相当)

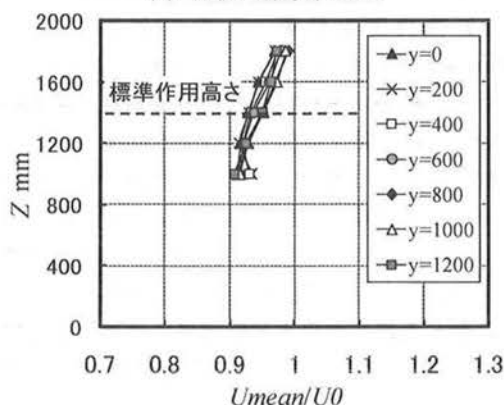
依存性)に関連した現象ではないかと推察される。

乱流生成装置の種別による相違については、生成装置なしの場合に対し、Lアングルの場合には揚力が若干低下している。これらに対し、スパイヤの場合には揚力が大きく低下する。これは第1報¹⁾にて示したとおり、乱流生成装置によって形成される境界層厚さの差異を反映したものと解釈できる。これを確認するため、碇子オオイに設置されたパンタグラフの舟体位置における流速分布を改めて測定した。その結果を次節に示す。

〈2・4〉流速測定結果 なびき条件のパンタグラフ舟体位置における流速分布を熱線流速計により測定した。碇子オオイ模型内に設置したパンタグラフ模型を折畳み状態にしたうえで、舟体中心位置における流速分布を鉛直方向(z方向)に対して測定した。図2に、乱流境界層生成装置なし、



(a) 乱流生成装置なし



(b) スパイヤあり

図 2 流速分布測定結果 (なびき条件の舟体中心位置)

およびスパイヤ取付の場合について、流速の主流方向成分 U の測定結果を示す。主流速度 U_0 は 150km/h である。なお、図中の y は枕木方向座標を示しており、 $y=0$ がパンタグラフ中心である。また、 y, z とも実寸換算した値を示している。図2より、スパイヤを取付けると碇子オオイ上方の境界層厚さが増加し、パンタグラフ近傍の流速が低下するとともに高さ(z軸)方向の速度勾配が変化することがわかる。スパイヤを取り付けると揚力が低下したのはこのためである。

〈2・5〉空力音測定結果 なびき条件のパンタグラフを標準作用高さに固定し、空力音測定を実施した。無指向性マイクロホンを碇子オオイ中心位置から側方 5m に設置し、放射音を測定した。マイクロホン高さは舟体位置とした。風速 300km/h における測定結果を図3に示す。ただし、実機寸法へのスケール換算を行った結果である。揚力測定結果と同じく、乱流生成装置なしの場合と Lアングルの場合との相違は小さい。これに対し、スパイヤの場合には空力音が減少している。これは 100Hz 近傍のキャビティ音の低下、ならびに 1k~8kHz に見られる広帯域音の低下によるものである。スパイヤにより碇子オオイ上方の流速が低下したことに加え、スパイヤにより流れの擾乱が増加したことが、このような空力音低下の原因であると思われる。

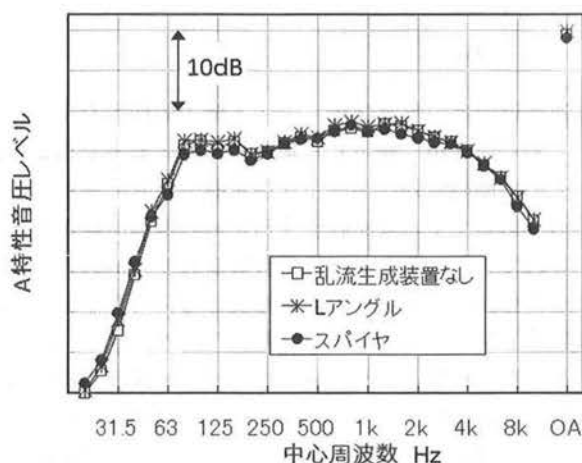


図 3 空力音測定結果 (なびき条件, RL5000 相当)

3. まとめ

集電装置模型の風洞試験に乱流生成装置を適用し、パンタグラフの揚力や集電装置全体から発生する空力音の測定を行った。その結果、乱流生成装置により生成される境界層分布の違いが揚力や空力音の測定結果に影響を与えており、適切な境界層分布を与えることが集電装置の空気力、空力音を正確に評価するうえで重要であることがわかった。

文 献

- (1) 高石武久, 池田充, 宇田東樹, 山崎展博: 「新幹線屋根上流れを再現した風洞試験法 (第1報: 乱流生成装置の開発)」, 第17回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集 (2010)