

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)

高石 武久* 池田 充 宇田 東樹 山崎 展博 (鉄道総研)

Experimental method in a wind tunnel tests to simulate the turbulent flow on the roof of Shinkansen
(1st report: Development of obstacles to generate a turbulent boundary layer)

Takehisa Takaishi*, Mitsuru Ikeda, Touki Uda, Nobuhiro Yamazaki (Railway Technical Research Institute)

Difference of flow conditions between wind tunnel tests and actual trains sometimes brings large errors in the estimation of aerodynamic noise from devices like pantographs on the roof and also aerodynamic forces acting on them. In this study, we propose an experimental method of placing obstacles upstream of the test section of the wind tunnel in order to simulate the turbulent flow, and try to reduce aerodynamic noise from barriers themselves to secure enough signal-to-noise ratio of the radiated aerodynamic sound.

キーワード: 乱流境界層, 風洞実験, 空力音, 空気力

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

1. はじめに

鉄道の高速化を図るためには、沿線騒音などの環境問題の解決が不可欠である。その検討手段である風洞試験は、実車を忠実に再現した状況下で行う必要があるが、実際には高速で走行する長い列車周りに発達した乱流境界層が生成されるのに対し、風洞では供試体にあたる流れが一様流であったり、薄い乱流境界層であったりすることが多い。この結果、風洞試験では騒音低減が見込まれた対策が、実車では十分な効果が得られなかったり、機器に働く力の見積りが異なったりといった問題が発生することがあった。

小型低騒音風洞を用いて検討を行ったところ、

- ・ 乱れを生成するためのスパイアの形状や間隔を調整することで、実車の屋根上に発達する乱流境界層に近い流速分布を得ることができる。
- ・ スパイアに不織布を貼付した上で設置本数を減らし、さらに遮音板を設置することで、乱流境界層下での1/10集電部模型からの音を評価することができる。

といった結果が得られた⁽¹⁾。

本研究は、大型低騒音風洞における風洞試験法の第1報として、乱流生成装置の形状や配置を変えることで、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た結果について報告する。なお、本報で開発した風洞試験法を用いて、集電装置全体から放射される空力音とパンタグラフに働く空気力を

評価した結果については、第2報⁽²⁾にて報告する。

2. 大型風洞試験

〈2・1〉 風洞試験の概要 試験は、鉄道総研が所有する大型低騒音風洞の開放型測定部を用いて行った。図1に、風洞試験の様子を示す。ノズル吹出口の大きさは、幅3m×高さ2.5mである。また、1/3.15縮尺の集電部模型を設置した模型支持台車の大きさは、幅5.5m×長さ7mである。



図1 大型低騒音風洞における風洞試験の様子

乱流境界層の生成方法については、スパイアやラフネスを使う方法など様々あるが、小型風洞における事前検討の結果⁽¹⁾を踏まえ、正面が二等辺三角形のスパイアと、Lアングルを用いることにした。

〈2・2〉 流速分布測定 図2は、表1に示す各条件に

おける流速分布を比較した結果である。図の横軸は、車両の屋根または模型支持台車上面からの高さを示しており、このうち風洞試験結果については、模型の縮尺(1/3.15)の逆数倍して現車換算した後の高さを表している。図の縦軸は、列車速度または測定を行った断面における風洞の一樣流速で無次元化した、主流方向の平均流速を示している。①はノズル吹出口から3.5m下流で、②～④はノズル吹出口から4.5m下流で、測定を行った。

表1 試験条件

	スパイア形状	スパイアの設置数	スパイア間の距離
①	現車(旧形式) 先頭から8両目の屋根上 ⁽³⁾	明かり区間	
②	現車(新形式) 先頭から6・7両目の屋根上	明かり区間	
③	H1250×W100	3本	600mm
④	H1000×W60	3本	400mm
⑤	H20×W1593のLアングル		
⑥	なし		

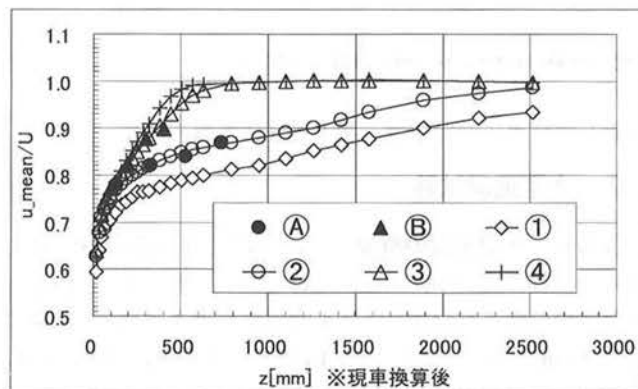


図2 各試験条件における平均流速分布の結果

①は、車間部の凹凸などが残る旧形式の車両において、楕円ピトー管を用いて測定した結果である。②は、車間部の凹凸などをなくした新形式の車両において、参考文献4と同時期に、円錐型の1軸熱線流速計を用いて測定した結果である。両者を比較すると、旧形式に比べて新形式は境界層が薄く、屋根近くの流速が大きくなっていることがわかる。

スパイアが大きいと①、生成される境界層は厚くなり、模型支持台車上面近くの流速が小さくなる。これに対して、スパイアを一回り小さくすると②、旧形式の車両屋根上の流速分布①とほぼ一致した。一方、新形式の場合の薄い境界層②をスパイアで再現するのは難しく、高さ20mmのLアングルを用いることで③、ほぼ同じ流速分布を再現することができた。

〈2・3〉放射音測定 前節で現車に近い流速分布を得ることができた乱流生成装置②、③を設置した状態で、集電部の縮尺模型から放射される空力音の評価を行った。1/3.15縮尺の集電部模型は、模型の中心がノズル吹出口か

ら4.5m下流になるように模型支持台車上に設置し、その側方7.937m(現車で25mに相当)に、1/2インチの無指向性マイクロホンを設置して放射音の測定を行った。

乱流生成装置自身から発生する音の影響を抑えるため、スパイアの二等辺の角を丸めたり、スパイア表面に不織布を貼付したが、それでもスパイア自身から発生する音が大きかったため、無指向性マイクロホンを設置した側に、図1に示すような幅3.5m×高さ2.7mの遮音板を設置した。

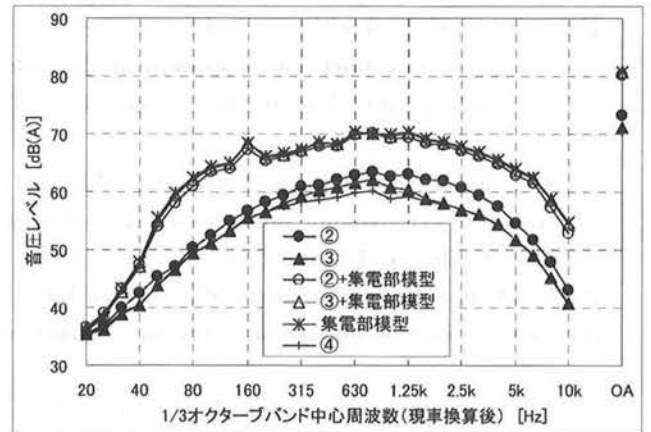


図3 各試験条件における放射音の結果

図3は、風速350km/hにおける放射音を比較した結果である。上述の対策の結果、集電部模型から発生する音と、乱流生成装置自身から発生する音は、7dB以上の差があり、概ね良好なS/N比を確保できた。一方で、図2に示すように、乱流生成装置を設置しない場合④でも、模型支持台車上には模型の大きさに比べて厚い乱流境界層が発達しているため、乱流生成装置の有無による集電部模型からの放射音の違いは、小型風洞試験の結果⁽¹⁾ほど顕著ではなかった。

3. まとめ

本研究では、大型低騒音風洞において、新幹線屋根上に発達する乱流境界層を再現し、集電部の縮尺模型から放射される空力音の評価するのに適切な乱流生成装置を提案した。今後は、パンタグラフに働く空気力の測定を含めた試験法として車両の開発に役立てるとともに、1/1縮尺パンタグラフ実機の風洞試験を行うのに適切な乱流生成装置を検討する予定である。

文 献

- (1) 高石武久・末木健之・宇田東樹：「乱流境界層下での空力音評価法の開発」, 2009年度日本機械学会年次大会講演論文集, Vol.2, pp.249-250(2009)
- (2) 池田充・光用剛・山下義隆：「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」, 第17回鉄道技術連合シンポジウム(J-rail2010)講演論文集(2010)
- (3) 森川武雄・岩井中篤史：「新幹線トンネル内列車走行時集電系の空力特性」, 鉄道総研報告, Vol.15, No.6, pp.27-32(2001)
- (4) 池田充・光用剛・山下義隆：「走行するパンタグラフにおける舟体近傍風向・風速測定」, 第16回鉄道技術連合シンポジウム(J-rail2009)講演論文集(2009)