

あひる形新幹線開発物語

State-of-the-Art Shinkansen Front Design Optimized for Wayside Environment Protection

1 はじめに

東北新幹線に1998年デビューした「2階建E4系MAX」(図1)など、最近走り出した新幹線電車の先頭部の形状は、これまでの機能的で未来的な形から一転し、「アヒル」や「カモノハシ」を連想させる、どちらかという愛敬のある形で、話題を呼んでいる。これはトンネル微気圧波という、一つの環境問題に対応するために編み出された方策である。

2 トンネル微気圧波とは

新幹線のような高速列車がトンネルに突入すると、入口付近の空気が圧縮され、圧縮波としてトンネル内を音速で伝わる。これがトンネル出口に到達すると、一部が外部に放射される。この低周波の圧力振動を「トンネル微気圧波」と呼ぶ(図2)。付近の民家の窓を振動させて知覚されることがある。速度とともに振幅が増大するため、新幹線の高速化における課題の一つである。

トンネルが長い(数km)場合、圧縮波の伝播過程で圧力こう配がはなはだしく増大すると、高周波成分を持って、「ドーン」という可聴音を発生することがあった。現在そのようなトンネルは諸々の対策によって解消してきている。これ以外の多くのトンネルでは、微気圧波は、出口での圧縮波の時間変化率(圧力こう配)に比例する。

したがって、トンネル微気圧波を低減するには、入口での圧力こう配を低減することが有効である。その方策と

しては以下があげられる。

(1) 圧縮波自体を減らす一車両の断面積を減らす(小形化)。

(2) 圧縮波増大の時間幅を拡大する一車両の先頭部の延伸(ロングノーズ化)、トンネル入口への「緩衝工」(穴のあいたシェルタ、トンネル突入時に圧縮される空気を逃がす)設置。

(3) 圧力こう配を平たんな波形として、微気圧波のピークを落とす一車両先頭部の最適化。

3 トンネル微気圧波を低減する先頭形状の提言

車体の小形化、ロングノーズ化は、居住性や定員との兼ね合いを配慮する必要がある、目標とする微気圧波を達成するための予測手法の確立と、車両先頭部の最適形状の探求が進められ、実際の車両に反映されてきた。

これを可能にしたのは、(財)鉄道総合技術研究所(以下、鉄道総研)における、模型実験装置や流体数値シミュレーションという開発ツールの確立であった。これを用いて円すい、回転放物体、回転だ円体という、基本的な先頭形状について比較したところ、以下の結果が得られた。

(1) 車体断面積、速度、先頭部長さが同じ場合、圧力こう配の最大値、すなわち微気圧波のピーク値が最も小さいのは、回転放物体であった。他の形状では、断面積変化が急なところで、圧力こう配が増大した。回転放物体は、断面積が一様に増加することで、微気圧波に有利であることがわかった(図3)。

(2) 先端部分を多少切って丸くしても、圧力こう配の最大値には影響しな



小野 重亮

Shigeaki Ono

1961年1月生まれ
1983年東京大学工学部土木工学科卒業
1985年東京大学大学院工学系研究科情報工学専門課程修了
■主として行っている業務・研究
・新幹線の空力騒音・トンネル微気圧波低減(車両設計、地上設備の開発)
■所属学会および主な活動
土木学会構造工学委員会鉄道力学小委員会
■勤務先
東日本旅客鉄道(株) 総合技術開発推進部 副課長
(〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2/E-mail: shige-ono@head.jreast.co.jp)

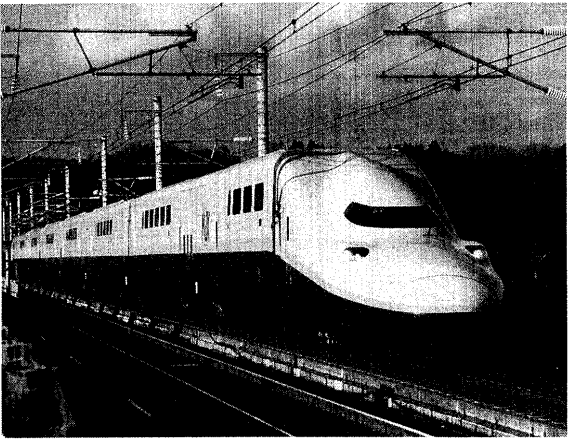


図 1 E4系新幹線電車

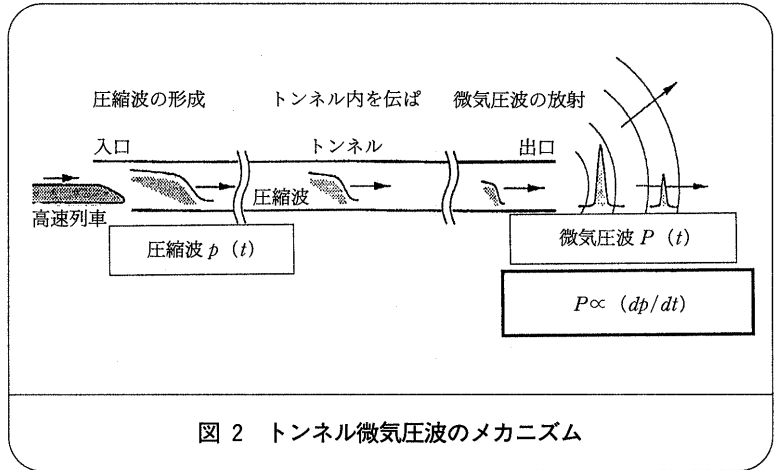


図 2 トンネル微気圧波のメカニズム

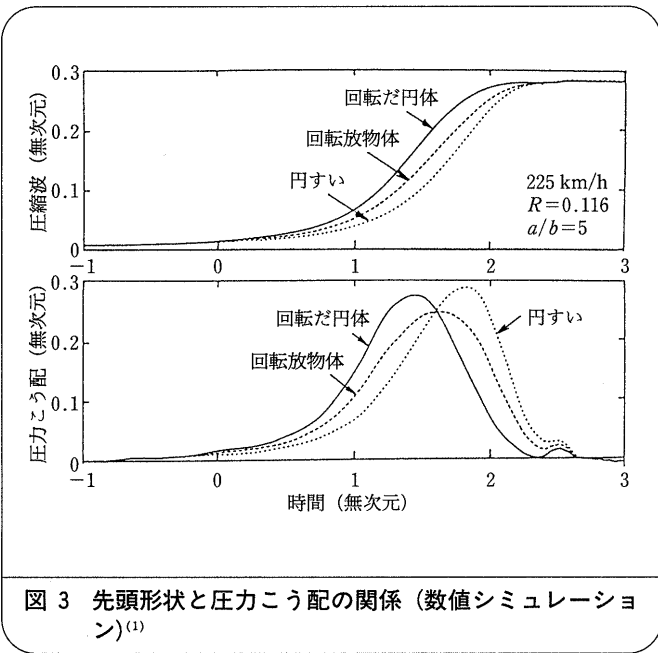


図 3 先頭形状と圧力こう配の関係 (数値シミュレーション)⁽¹⁾

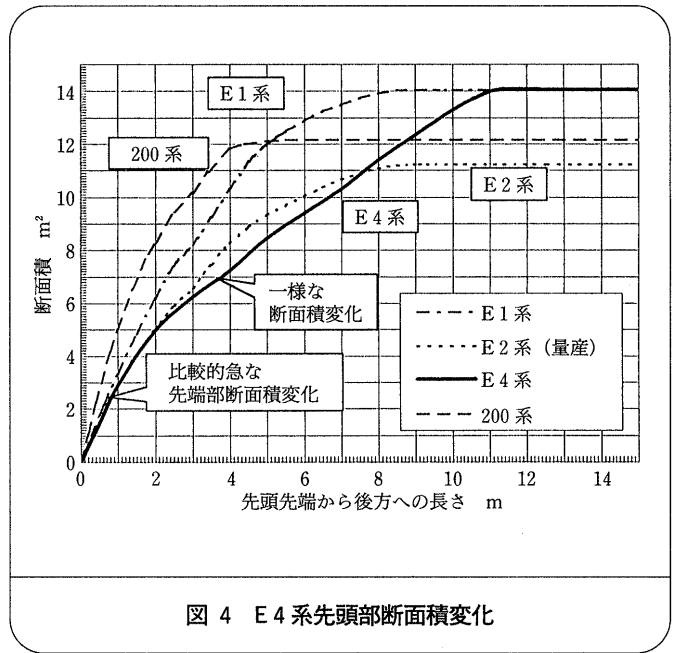


図 4 E4系先頭部断面積変化

かった。それだけ先頭部長さを有効に使えることがわかった。

以上の知見を総合して、同じ車体断面積、先頭部長さ、速度で、最もトンネル微気圧波を低減する先頭部断面積変化 (以下、「理想形状」) が提案された。

4 実車両への適用

トンネル微気圧波低減に効果のある、車両の小断面化や、ロングノーズ化は、居住性や定員との兼合いがあり、経済性とどう両立させるかが設計上のポイントである。

1997年12月にデビューした新形2階建て車両「E4系 MAX」は、車体断面が他の車両より大きいので、「理想

形状」をめざした先頭車デザインを採用することで、トンネル微気圧波低減を成し遂げた初の車両である (図4)。

設計を進める上で大きな検討課題は、運転席の視野を確保することと、断面積変化を一定にすることをどう調和させるかがあった。運転席部分の断面積をおさえるために、ここだけが飛び出した「キャノピー形状」とした。このため助手席は運転士より一段後ろに下がったものとなった。そのようにしても断面積が増加する分は、車体側面を絞ることで、一定の断面積変化を実現した。また、E4系どうし、あるいは東京-山形間を結ぶ「つばさ号」と連結する必要があるために、先端部のカバーが自動的に開いて連結できるよう、機器の収納をも考えた形状とな

っている。

特徴的な、飛び出したヘッドライトも、運転台と先端部の接続の苦勞から生まれたものである。

5 おわりに

このように、最近の「環境にやさしい」新幹線は、見た目にもやさしい形状となっている。

文献
 (1) Maeda, T., Matsumura, T., Iida, M., Nakatani, K. and Uchida, K., Effect of Train Nose on Compression Wave Generated by Train Entering Tunnel, *Proceedings of the International Conference on Speedup Technology for Railway and MAGLEV Vehicles*, (1993-11), 315-319.