

VII-268

トンネル微気圧波対策の研究

J R 東海 正会員 大石 峰生

J R 東海 正会員 名倉 隆雄

J R 東海 正会員 宮本 雅章

神戸製鋼所 田中 俊光

神戸製鋼所

山極伊知郎

1. まえがき

J R 東海では鉄道総合技術研究所、日本鉄道建設公団とともに現在、超電導磁気浮上式鉄道の実現を目指して山梨リニア実験線を建設しており、平成9年春には走行試験開始の予定である。リニア車両は従来の新幹線の色度を大幅に上回る時速500キロ領域での営業運転を計画しているため、これまでとは異なるさまざまな環境対策を検討・実施している。

トンネル微気圧波とは、新幹線等の高速列車が高速でトンネルに突入する際、トンネル内に圧力波が形成され、それがトンネル内を伝搬し、出口側の坑口からパルス状の圧力波が発生する現象のことである。この際、破裂音を伴う場合があるため、騒音問題として取り組む必要がある。トンネル微気圧波に対しては、山陽新幹線や上越新幹線などでトンネル緩衝工による対策が施されている。これはトンネル入口にフード状の構造物を設け、圧力波を低減させることにより破裂音を防止するものである。緩衝工については鉄道総合技術研究所等の模型試験やシミュレーション解析により設計されている。

一方、車両側でも微気圧波の低減のため先頭形状の開発が進んでいる。山陽新幹線での500系に見られるような先頭の長い形状が微気圧波対策に有効と言われている。

模型車両を模擬トンネルに打ち込む試験装置は、精度よく実際の現象を模擬することができることが知られている。しかしながらリニアのような高速領域の模型試験はこれまで不可能であったため、時速300キロ領域からの外挿により基礎設計を行わざるを得なかった。

今回は山梨でのトンネル走行実験以前に予測精度の向上と合理的な対策を検討するために時速500キロを超える模型試験装置を開発したのでその概要と成果の一部を報告する。

2. 模型実験装置

(1) 装置概要

模型装置は圧縮空気を利用して模擬車両を高速で打ち出し、模擬トンネルに突入させ、圧力変動状況を測定するものである。（図1）

発射装置はエアタンクで圧縮した空気をシリンダバルブを介して瞬間的に解放するもので圧力を約40 kgf/cm²以上まで高めることができる。この結果トンネル突入時最大速度はこれまでの実験装置を大幅に上回る時速983キロとなった。

(2) 開発のポイント

発射装置から発生する圧縮空気が測定に悪影響を与えないように減圧バレルと消音装置を開発し、トンネル突入前に十分減圧されるように工夫した。

また当初は高速の車両を停止させるのが困難で、模擬車両の破損を招いたり、停止部で跳ね返り試験機内を何度も往復するといった事象が発生した。模擬車両をソフトに停止させるため、すり鉢状のキャッチャーや高い圧力を充填させた制動容器を開発し、安全で確実な停止が可能となった。

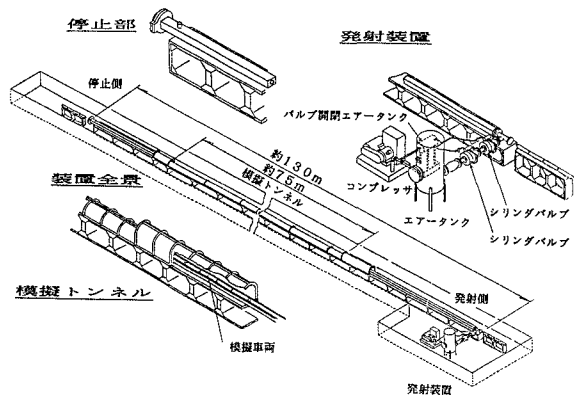


図1 模型試験装置

3. 模型試験

(1) トンネル微気圧波の予測

トンネル微気圧波は、トンネル出口での圧力波の波面勾配で衝撃音の発生の有無が決定することが知られている。微気圧波の予測は、①「トンネル入口での圧力勾配」、②「トンネル内伝搬中の波面の切立予測」③「トンネル出口付近での微気圧波の大きさの予測」の3段階からなる。②と③については列車速度に依存しないため、今回の模型試験により①の部分の予測精度が向上したことになる。

(2) 実機と模型試験の比較

実際の新幹線（のぞみタイプ）の模型を約250km/hで打ち込み試験を行った。この結果は図2の通りである。新幹線の電気的なノイズや列車長の違いにより波形は異なるが、微気圧波の予測に必要な圧力勾配はほぼ重なっていることがわかる。

(3) 高速走行試験結果

今回山梨リニア実験線で使用する列車先頭形状のひとつは、ダブルカスプと呼ばれる鳥のくちばし状の形状である。このダブルカスプ型の模型車両をいろんな速度域で走行させたときの入口圧力勾配の結果（換算値）が図3である。この結果によれば入口圧力勾配は速度の3乗則が約400km/h程度までは成立しているものの、これ以上の速度域では上方に乖離している。

J R総研では入口圧力勾配について理論に基づいた以下の式を提案している。

$$\frac{dP}{dT} = \frac{1}{2} \rho \cdot \frac{V^3}{\kappa d} \cdot \frac{1 - (1-R)^2}{(1-V/C) \{V/C + (1-R)^2\}}$$

ここで ρ は空気密度、 V は列車速度、 κ は先頭形状により定まるパラメーター、 d はトンネル水力直径、 C は音速、 R は列車トンネル断面積比である。この式によると200～300km/hの低速域では3乗則が成り立つ（式の前半部分が支配的）が、400km/h以上の高速域では3乗を上回る増加をすることがわかる（式の後半部分の影響）。ところがこの領域の速度域では実機はもちろん、模型試験でもデータ取得が不可能であった。今回の試験結果により、高速域での圧力変動状況において理論と実際の現象がほぼ適合した。

4. まとめと今後の課題

リニア車両の営業目標速度付近ではトンネルに突入する際、速度の3乗を上回る圧力勾配の上昇が見られることが実験的に確認できた。しかし理論式と実験結果が適合しても、事業者としてはさらに環境対策との整合性を図る必要がある。緩衝工による対策にしても簡単なモデルなら計算が可能であるが、複雑な形状では模型試験によらざるを得ない。この模型試験装置の有効活用と平成9年度からの山梨における実験結果を踏まえながら最良の環境対策の実現に向け引き続き努力していきたいと考えている。なお今回の試験装置の開発及び実験については、J R東海と神戸製鋼所との共同開発により実施している。

※参考文献：松村 豪「微気圧波を減らす」R R R(1995.9)

：松尾一泰「高速鉄道トンネルにおける波動現象」(1993)

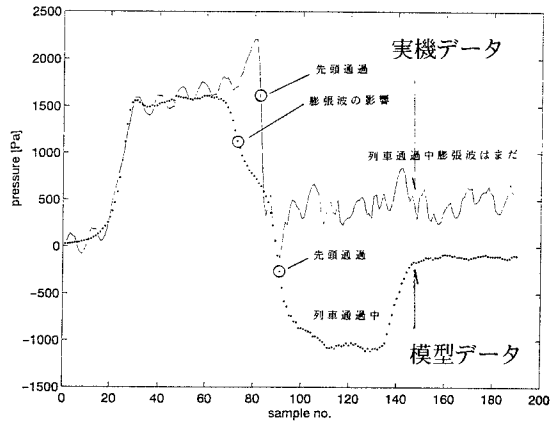


図2 実機と模型試験の比較

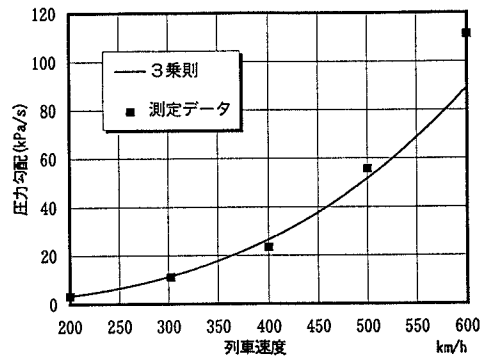


図3 ダブルカスプ型走行試験結果