

## トンネル微気圧波低減のための 緩衝工開口部調整

No.29

栗田 健

東日本旅客鉄道株式会社

JR東日本研究開発センター

先端鉄道システム開発センター 環境技術グループ

### はじめに

トンネル微気圧波は、列車がトンネルに突入したときに圧縮波が形成され、その圧力が音速でトンネル内を伝わり出口に到達したときにパルス状の圧力波が放射される現象で、窓や建具などをガタンと揺らす原因となります。対策としては、トンネル入口に緩衝工と呼ばれる、トンネル本坑の約1.4倍の断面積のフード（側面に空気抜きのための開口部あり）を設けたり、列車の先頭部長さを伸ばしたり、先頭部の断面積変化を最適化するなどの工夫がされています。しかし、これらの対策効果を最大限発揮するためには、現地での開口部の調整作業が欠かせません。

### 緩衝工開口部とその調整

緩衝工にはその設置時期により長さや開口部パターンにバリエーションがあります。それらは既存車両にあわせて調整されているため、新型車両による速度向上が行われる場合には、緩衝工の開口部パターンの変更が必要になる場合がほとんどです。パターン変更は微気圧波の波形を見ながら、数回の試行錯誤の上、最終パターンを決定することが多いため、営業列車の走行していない夜間の開口部調整作業が必要になり、現場の大きな負担になっています。

### 圧縮波高速計算法の計算結果を用いた開口部調整事例

従来は軸対象の縮尺模型を用いた実験や3次元流体解析の結果などに基づいて開口部パターンの選定を行ってききましたが、現地での試行錯誤も含めて時間と労力がかかるという問題がありました。近年、Howeの音響理論に基づく列車突入時の圧縮波高速計算法がBoston大学と鉄道総研の共同研究の成果として提案され<sup>1)</sup>、緩衝工付きトンネルの圧縮波を短時間で計算できるようになりました。

図1に微気圧波の実測波形例を示します。図1の調整前の微

気圧波の波形は鋭いピークを持っていますが、緩衝工の開口部を調整することによりこのピークを抑え、微気圧波を低減することができます。当該緩衝工には列車走行近接側に2つ、遠隔側に2つの計4つの開口部があります（図2）。この4つの開口部の開閉すべての組み合わせ16（=2<sup>4</sup>）通り（所要計算時間：プリ・ポスト処理を除けば数分）について、列車突入時の圧縮波の計算を行いました。なお、短いトンネルであれば、入口の圧縮波の圧力勾配と出口の微気圧波は比例関係にあります。計算結果（図2）と実測波形（図1の調整前）を対照させて考えると、近接側の2つの開口部をふさぐことにより、微気圧波を低減できると推定できます。実際、近接側の2つの開口部をふさぐ工事施工後の走行試験で、図1の調整後に示すとおり、微気圧波を低減させることができました。

### おわりに

実際には、本事例のように実測と計算が一致する場合は少なく、計算結果をそのまま適用できない場合がほとんどですが、その場合でも計算結果と1~2ケースの実測データがあれば、目標の波形を得るための開口部調整方法についての指針が得られます。今後さらに本計算手法によるシミュレーション精度が向上し、将来は現地での調整作業を必要としない緩衝工開口部の最適設計が可能になることを期待しています。

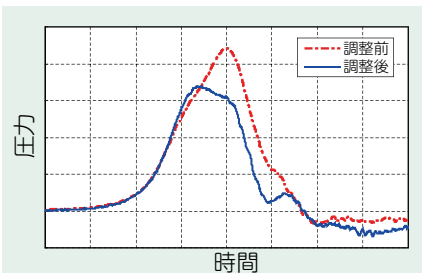


図1 トンネル微気圧波の実測波形例

### 文献

- 1) Howe, M.S., IIDA, M., Maeda, T., Sakuma, Y.: Rapid calculation of the compression wave generated by a train entering a tunnel with a vented hood, Journal of Sound and Vibration, Vol.297, pp.267-292, 2006

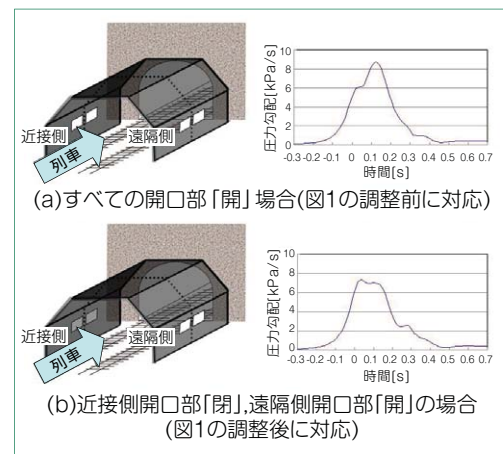


図2 緩衝工の開口部設定と高速計算法による計算結果