

トンネル微気圧波の低減に資するトンネル内圧縮波伝播の模型実験

JR 東日本研究開発センター	正会員	○高桑 靖匡
JR 東日本研究開発センター	正会員	森 圭太郎
JR 東日本研究開発センター	フェロー	野澤伸一郎
(財)鉄道総合技術研究所		福田 傑

1. はじめに

列車が高速でトンネルに突入すると、トンネル入口で圧縮波が発生する。この圧縮波はトンネル内を伝播し、出口に到達した時、その一部が外部にパルス状の圧力波として放射される。放射された圧力波は、発破音を伴ったり、付近の家屋の窓や戸を揺らしたりするため、環境問題になることがある。このような圧力波をトンネル微気圧波と呼ぶ。（以後、微気圧波と呼ぶことにする。）

微気圧波の大きさは、トンネル出口に到達する圧縮波の圧力勾配に比例することから、微気圧波を低減する方策の一つに、圧縮波の圧力勾配を小さくする（大きくしない）ことが挙げられる。圧力勾配は、トンネル入口で発生した圧縮波がトンネル内を伝播する過程で、トンネル内の状態（バラスト軌道・スラブ軌道の別、斜坑や縦坑の有無など）により変化する。

本実験では、圧縮波がトンネル内を伝播する過程で、圧力勾配が大きくならない方策を検討する際の一助とするため、模型トンネル内の状態を変化させて圧縮波を伝播させ、計測した圧力勾配の大小から、トンネル内の状態の違いによる効果の有無を調べた。

2. 実験概要

実験は、(財)鉄道総合技術研究所の所有する微気圧波模型実験装置を利用して行った。実験装置の概略を図1に、概観を写真1に示す。

実験装置には、高速の列車模型が通過する本管トンネルから分岐する計測用のトンネルを設けて、この分岐トンネル内側の4箇所（圧力計ch1～ch4）に圧力計を設置した。列車模型が機械式発射装置から高速で打ち出され、本管トンネルに突入すると圧縮波が発生する。圧縮波は分岐トンネルにも伝播するので、これによる分岐トンネル内の圧力変化を測定した。圧力勾配は圧力の測定値から計算により求めた。

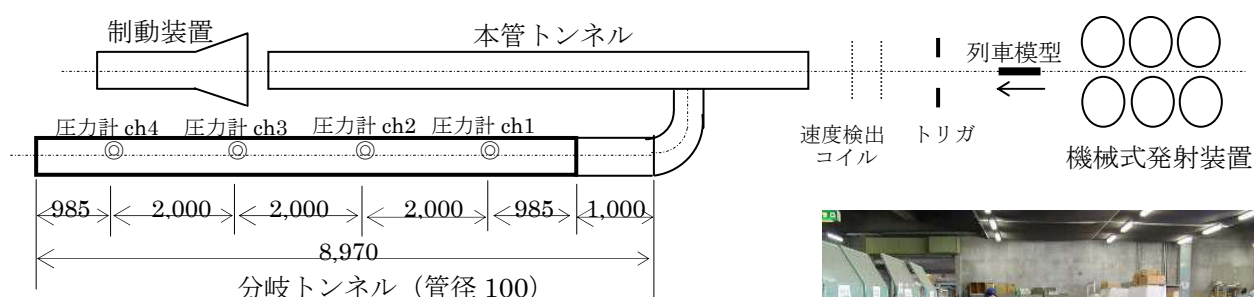


図1 微気圧波模型実験装置概略（単位 mm）

3. 実験項目

実験は、通常と異なるトンネル内の状態として、1) トンネル内下部に水が存在する場合、2) トンネル内下部の温度が低い場合、3) トンネル上部に軽い気体（ヘリウム）が存在する場合の3種類について行った。

列車模型の速度は、220km/h、250km/h、300km/hの3段階とした。



写真1 微気圧波模型実験装置概観

キーワード トンネル微気圧波、トンネル内圧縮波伝播、模型実験、ヘリウム

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目0番地 JR 東日本研究開発センター TEL 048-651-2552

3.1 トンネル内下部に水が存在する場合

分岐トンネルの両端下部に仕切り板を取り付け、水を注入した。水の注入量は次の3通りである。

ケース1：水の注入無し（通常の状態）

ケース2：水をトンネル断面の1/10注入

ケース3：水をトンネル断面の1/4注入

3.2 トンネル内下部の温度が低い場合

分岐トンネルの下外側に受け皿を据え、受け皿にドライアイスを敷き詰めてトンネル内下部の空気を冷却した。冷却状態は次の3通りである。

ケース1：空気の冷却無し（通常の状態）

ケース2：トンネル内空気の下部1/4を冷却

ケース3：トンネル内空気の下部1/2を冷却

実際には、ケース2の場合はトンネル断面積の1/4に対応するトンネル下端から30mmの位置が、ケース3の場合はトンネル断面積の1/2に対応するトンネル下端から50mmの位置が1℃になった時を、それぞれの状態が設定されたものとした。

3.3 トンネル内上部に軽い気体が存在する場合

分岐トンネルの両端上部に仕切り板を取り付け、ヘリウムを注入した。ヘリウムの注入量は次の3通りである。

ケース1：ヘリウムの注入無し（通常の状態）

ケース2：ヘリウムをトンネル断面の1/4注入

ケース3：ヘリウムをトンネル断面の1/2注入

4. 実験結果

実験装置の分岐トンネル内に設定した3種類の状態について実験した結果の内、列車速度が300km/hの場合を図示したのが図2、3、4である。列車速度が220km/hと250km/hの場合も、速度が遅い分、圧力勾配の値は小さかったが、定性的には同様の傾向を示した。

4.1 水の存在の影響〔図2〕 トンネル内下部に水が存在する場合は、水の量が多いほど圧力勾配は大きくなった。これは、水の存在によって圧縮波のエネルギーが減衰するよりも、トンネル内断面積が縮小することによって圧縮波の圧力が大きくなる影響のほうが強いと考えられる。

4.2 低温部の存在の影響〔図3〕 トンネル内下部の温度が低い場合については、顕著な傾向を見出すことはできなかった。この状態設定は、温度変化によって圧縮波の伝播速度が変化することを想定したもののだが、10～20℃程度の温度変化では実験誤差の影響の方が大きかったためと考えられる。

4.3 ヘリウムの存在の影響〔図4〕 トンネル内上部に空気より軽い気体であるヘリウムが存在する場合は、ヘリウムの量に応じて圧力勾配が小さくなる傾向を把握することができた。空気と密度が大きく異なる気体の存在は、圧縮波の圧力勾配を小さくする、すなわち微気圧波の低減に効果があると言える。

5. おわりに

本実験は、トンネル微気圧波をトンネル内圧縮波の伝播過程で低減させる方策を検討するための基礎的現象を把握するために行った。現実的な方策の検討には、更なる研究が必要である。

なお、本実験の実施に際しては、(財)鉄道総合技術研究所空気力学研究室の飯田雅宣室長、(株)テス技術部の小野利之氏らの指導を仰いだことを書き添える。

参考文献 小沢智：トンネル出口微気圧波の研究，鉄道技術研究報告，No.1121，1979

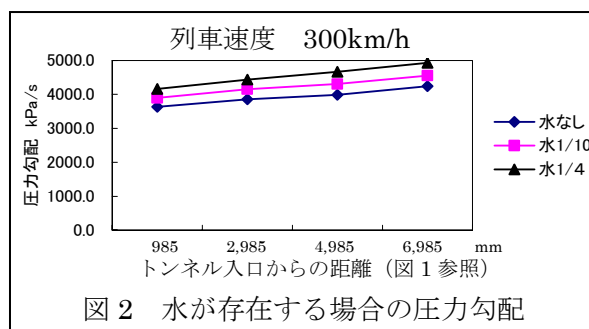


図2 水が存在する場合の圧力勾配

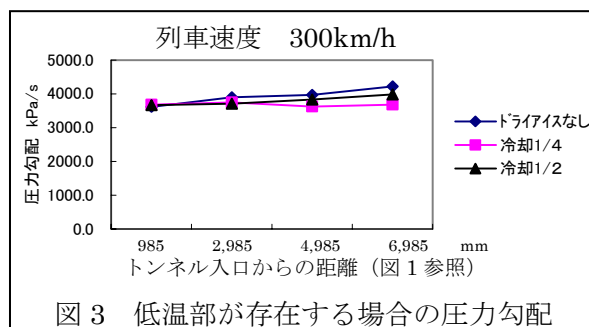


図3 低温部が存在する場合の圧力勾配

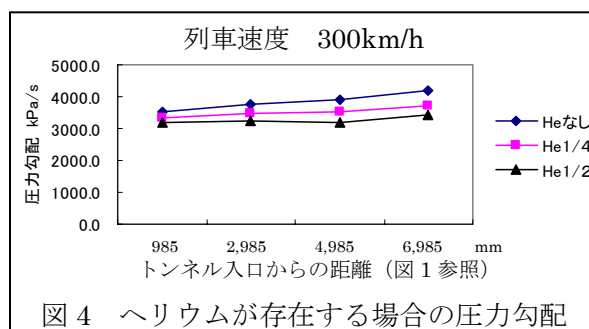


図4 ヘリウムが存在する場合の圧力勾配