

超高速鉄道におけるトンネル微気圧波放射現象の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○本田 敦 東海旅客鉄道株式会社 正会員 高橋 和也
株式会社大崎総合研究所 正会員 野澤剛二郎 財団法人小林理学研究所 土肥 哲也

1. はじめに

列車が高速でトンネルに突入したときに、反対側の坑口でトンネル微気圧波が放射されることが知られている。トンネル微気圧波は、突入時にトンネル内に形成される圧縮波の最大圧力や最大圧力勾配などの圧力性状と、伝播過程での減衰や波形の切り立ちにより、放射時の沿線環境へ与える影響が異なる。突入時に形成される圧縮波の性状は、先頭列車の形状や、突入速度に依存する。一方、伝播過程では、トンネル壁面などとの摩擦や伝播距離が影響する。このため、環境影響評価を行う上で、これらの現象を解明することが重要である。そこで本検討では、山梨実験線で得られた実測データに基づき、圧縮波とその伝播過程を調べ、超高速鉄道の長大トンネルにおける微気圧波放射への影響について調べた。また、微気圧波を低減する目的で、出口側坑口にトンネル緩衝工として多孔板を設置した場合の対策効果について模型試験により検討した。

2. 超高速鉄道におけるトンネル内圧縮波

図1に山梨実験線において実測された、速度400km/h～550km/hの列車のトンネル突入によるトンネル内圧縮波の最大圧力と最大圧力勾配の伝播距離との関係を示す。突入直後(伝播距離480m)の最大圧力と最大圧力勾配は、列車速度が高くなるに従って大きくなっている。また、伝播距離が長くなるに従って最大圧力勾配が大きくなっていく傾向にある。ただし、4kmと7km付近に最大圧力勾配が不連続に変化する箇所が見られるが、これはトンネル断面の変化や横坑があるためである。

図2に突入速度550km/hのときの圧縮波の時刻歴波形をみると、圧縮波の波面は伝播距離が長くなるに従って切り立っていき、波面の立ち上がりとはほぼ同時に最大圧力勾配となっている様子が見られる。その一方で、圧力の最大値がトンネル壁面摩擦により低下する。さらに、実測よりも長距離を伝播すると、減衰の効果が相対的に増加してくるために最大圧力勾配の増加が抑制され、最終的には減衰が卓越して最大圧力勾配は減少することになる。

3. 長大トンネルから放射される微気圧波

既往の研究¹⁾では、トンネルから放射される微気圧波の最大値は、トンネル内圧縮波の波面が大きく切り立っていない場合に、遠方場において、トンネル内圧力の時間微分とトンネル断面積に比例し、距離に反比例すると言われている。しかし、本検討のように圧縮波の波面が大きく切り立った場合については、トンネル内圧力と微気圧波の最大値の関係は明らかになっていない。そこで本検討では、1/31スケールの模型試験により、山梨実験線で想定される圧縮波の最大圧力と最大圧力勾配を再現し、その圧縮波が坑口より放射されときの微気圧波を計測した。図3に模型試験の状況を示す。また、微気圧波放射による沿線環境への影響を低減するための対策として、出口側坑口にトンネル緩衝工として多孔板を設置することによる効果についても検討した。なお多孔板はトンネル緩衝工の天井部150mの区間に設置した。

図4に出口付近のトンネル内最大圧力勾配と坑口中心から20m離れ(正面方向)における微気圧波の最大圧力の関係を示す。横軸は突入直後の圧縮波(図1)の最大圧力勾配との比率を取っている。トンネル緩衝工に多孔板のないケースでは、最大圧力勾配を想定される範囲で変化させても、微気圧波は最大圧力勾配とほぼ比例関係にあることが分かった。また、多孔板を設置したケースでは、多孔板のないケースと比較して放射される微気圧波の大きさが半減している。この傾向はトンネル内最大圧力勾配の大小に関わらず同じ傾向が見られている。これは、多孔板を圧縮波が通過することで、圧力勾配が緩和されたためであると考えられる。以上の

キーワード 微気圧波, トンネル内圧縮波, トンネル緩衝工, 多孔板, 超高速鉄道
連絡先 〒108-8204 東京都港区港南二丁目1番85号 TEL 03-6711-9555

結果から、超高速鉄道における微気圧波の対策として、出口側坑口におけるトンネル緩衝工の多孔板が有効であることが示された。

5. 結論

山梨実験線での実測データから、超高速鉄道によるトンネル内圧縮波の長大トンネル内での性状について検討した。その結果、列車速度が大きいほど圧縮波の最大圧力が大きくなり、長距離の伝播に伴って最大圧力勾配が増加していくことが確認された。また、そのような圧縮波が反対側坑口から放射されると、最大圧力勾配に比例して大きな微気圧波となるが、出口側坑口にトンネル緩衝工として多孔板を設置することで、微気圧波が半減することが確認された。なお、本検討で得られた知見を環境影響評価に反映していく予定である。

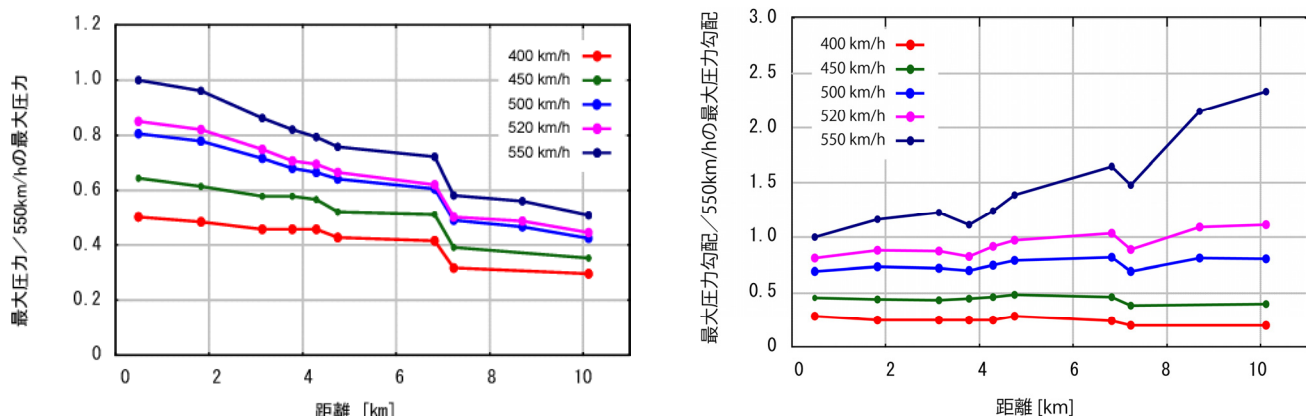


図1 トンネル内圧縮波の伝播距離と最大圧力(左), 最大圧力勾配(右)の関係

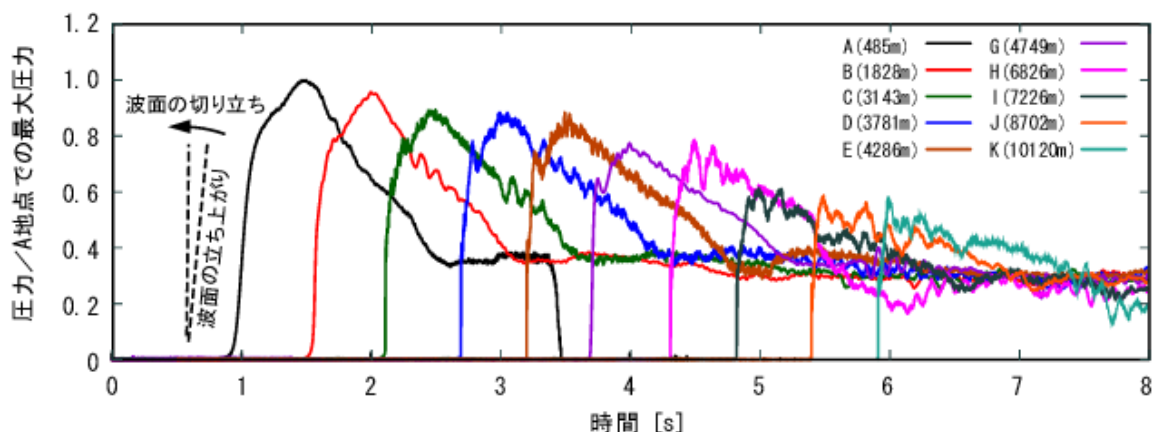


図2 トンネル内圧縮波の時刻歴波形(列車速度 550km/h)



図3 模型試験の状況

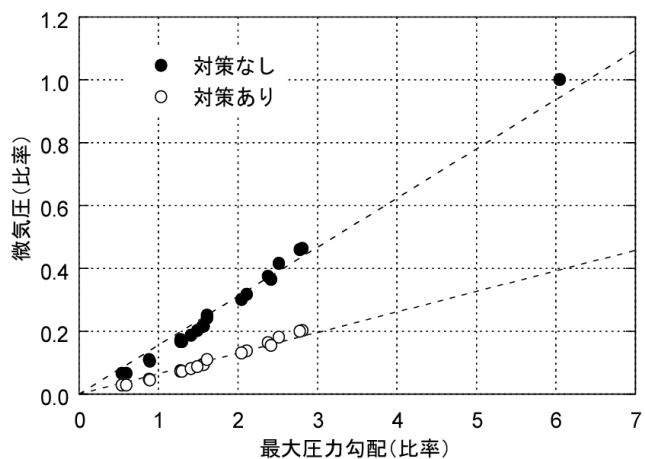


図4 トンネル内最大圧力勾配と微気圧波の関係(模型試験)

参考文献

- 1) 山本「トンネル出口からの微気圧波」, 日本物理学会春の分科会 応用数学, 力学, 流体物理予稿集, 1997.