

## 排気筒付きトンネル緩衝工の現地試験

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 フェロー 野澤伸一郎

鉄道総合技術研究所 飯田 雅宣  
鉄道総合技術研究所 福田 傑

## 1. 背景と目的

高速列車のトンネル突入時に入口で形成される圧縮波に起因し、出口で発生するトンネル微気圧波(以下、微気圧波)は、環境問題になる場合があるため、従来から地上施設に係る対策としてトンネル緩衝工(以下、緩衝工)が入口に設置されている。微気圧波の大きさは、トンネル出口に伝播した圧縮波の波面の勾配(圧力上昇の時間変化率;以下、圧力勾配)に比例する。緩衝工は、トンネル入口において圧縮波が形成される段階での圧力上昇を緩やかにし、圧縮波圧力勾配を小さくすることで微気圧波の低減を図る機能を持つ。

従来からの緩衝工(以下、従来型緩衝工)は、線路方向の長さによって圧縮波圧力勾配を低減し、微気圧波低減に大きな効果を発揮しているが、列車速度を向上させる場合には延伸が必要で、用地取得や線路近接作業により設置費用の嵩むことが難点となっている。そのため筆者らは、従来型緩衝工よりも短い長さで圧縮波圧力勾配の低減効果を発揮させるために、図1に示すような排気筒を取り付けた緩衝工(以下、排気筒付き緩衝工)の開発に取組んでいる。

本試験は、これまでに模型実験<sup>1)</sup>で追究してきた排気筒付き緩衝工の圧縮波圧力勾配低減効果を検証するために、供用中の緩衝工に排気筒を仮設し、排気筒を調節しながら列車突入時の圧縮波の測定を行ったものである。

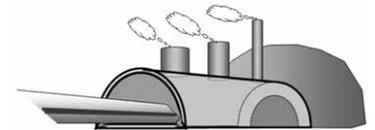


図1 排気筒付き緩衝工構想図

## 2. 試験実施状況

写真1に排気筒仮設後の緩衝工の全景を示す。長さ 25mの緩衝工に、側面や先端に開閉可能な開口部を備えた排気筒を3基仮設した。排気筒の周囲には、開口部の開閉を調節する作業のために足場と転落防止網が設けてある。写真2は、図2の排気筒の概略形状寸法と対比させて示した排気筒の仮設状況である。

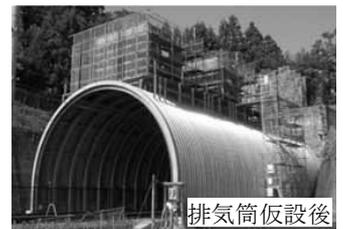


写真1 緩衝工全景

試験では、排気筒の太さ・長さの調節を開口部の開閉で模擬し、目的に応じて開口部の開閉を調節しながら、列車突入時のトンネル本坑入口からトンネル内へ約 80mの地点における圧力の時刻歴を、列車速度と共に測定した。圧力の時刻歴から圧縮波圧力勾配を求め、また同時に参考のため出口における微気圧波も測定して、排気筒付き緩衝工の圧縮波圧力勾配低減効果の把握を試みた。

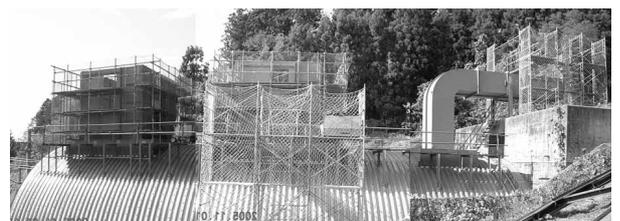


写真2 排気筒仮設状況

## 3. 試験結果

図3に列車速度が 304 km/h の場合の測定結果の一例を示す。図3において縦軸方向の圧力勾配 ( $dp/dt$ ) は、列車先頭部が緩衝工入口に差し掛かった時刻 0.4~0.5 s 付近から増大し始め、先頭部がほぼ緩衝工に突入した時刻 0.6 s 付近で極大となる。先頭部が緩衝工内を通過中は、圧力勾配は一旦小さくなり、25mの緩衝工を約 0.3 秒で通過して、トンネル本坑に突入した時刻 0.8 s 付近で再び極大となる。なお図中の横線は、後出の図6に示す従来型緩衝工での測定結果における緩衝工突入時の圧力勾配の値である。

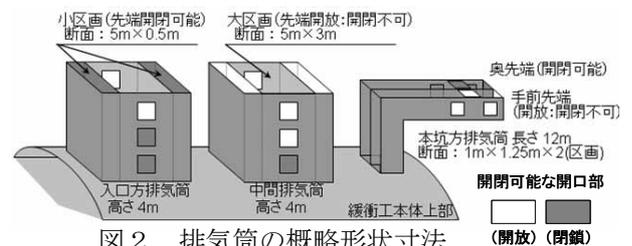


図2 排気筒の概略形状寸法

(1) 排気筒付き緩衝工による圧縮波圧力勾配の制御：排気筒付き緩衝工による圧縮波圧力勾配の低減は、大まかに、①排気筒を全体的に(特に中間排気筒を)太く短い状態に調節することで緩衝工突入時の圧力勾配を小さくする、

キーワード トンネル微気圧波, トンネル緩衝工, 圧縮波圧力勾配, 排気筒, 現地試験

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 TEL048-651-2552

②中間排気筒と本坑方排気筒の太さ・長さの相対的關係を調節することで緩衝工内通過中の圧力勾配を適度に保つ、③本坑方排気筒を細く長い状態に調節することでトンネル本坑突入時の圧力勾配を小さくする、という三つの圧力勾配の制御を組み合わせることで可能になる。

現地試験では、模型実験における制御よりも感度は低いものの、模型実験で得た知見に基づく制御が可能であることを確認した。

図4、図5は圧縮波圧力勾配制御の例として、列車速度が319 km/hで排気筒の調節状態が異なる二つの測定結果を対比して示したものである。両方とも図3に示した例よりも列車速度が速い分、圧力勾配は大きくなっている。また、排気筒の調節を図4の状態から図5の状態へ、中間排気筒の閉鎖しておいた開口部を開放すると、緩衝工突入時の圧力勾配が小さくなり、これに伴って緩衝工内通過中とトンネル本坑突入時の圧力勾配が大きくなることが見取れる。

(2) 従来型緩衝工との効果の比較： 従来型緩衝工で本体側面の開口部調節により、最適に近く圧縮波圧力勾配を制御した例を図6に示す。

図6と列車速度が同じ 319 km/h の図5について、圧力勾配の波形を比べてみると、図5の方が緩衝工突入時とトンネル本坑突入時の圧力勾配はわずかではあるが小さく、逆に緩衝工通過中の圧力勾配は比較的大きく、全体としては圧力勾配の変化が小さくなっている。この例から、排気筒付き緩衝工は、トンネル入口における圧縮波圧力勾配を、従来型緩衝工よりも制御できるものと考えられる。

(3) 入口での圧縮波圧力勾配最大値と微気圧波の関係： 図4～6の右下には、トンネル出口における微気圧波の相対的な大きさを、図6の従来型緩衝工での値を基準にして付記した。

図4、図5の微気圧波を比較してみると、図4の0.84は図5の1.01より明らかに小さい。これまでの知見<sup>2)</sup>では、トンネル入口での圧縮波圧力勾配の最大値から、微気圧波が小さくなるのは図5の方と考えられるが、測定結果は違った。これは試験を実施した場所が、複数の斜坑を有し延長が約10 kmに及ぶ長大トンネルであることや、列車速度が300 km/h以上の超高速であることが原因していると考えている。

#### 4. まとめ

開発中の排気筒付き緩衝工について供用中の緩衝工で現地試験を実施し、トンネル入口における圧縮波圧力勾配の低減効果に関して、模型実験で得ていた知見を定性的に検証した。具体的には、排気筒付き緩衝工は、①模型実験で得ている知見によりトンネル入口における圧縮波圧力勾配を制御できる、②従来型緩衝工より圧縮波圧力勾配を低減できる、ということを確認した。

また一方で、トンネル入口での圧縮波圧力勾配最大値と、出口における微気圧波の相関関係の比較から、③トンネル入口での圧縮波の最大圧力勾配を小さくしても必ずしも微気圧波低減につながらない場合がある、ということ新たに把握した。

**参考文献** 1) 高桑靖匡, 野澤伸一郎, 飯田雅宣, 福田傑: トンネル微気圧波低減効果を向上するパイプ付き緩衝工の模型実験, 平成17年度土木学会全国大会第60回年次学術講演会講演概要集 7-184, pp.367-368, 2005年9月

2) 小沢智, 内田俊孝, 前田達夫: 入口緩衝工による備後トンネル微気圧波の低減, 鉄道技術研究報告No.1054, 1977年9月

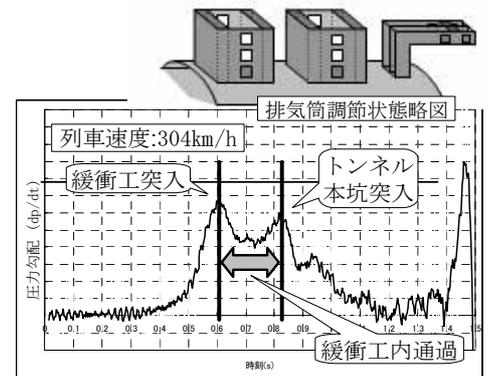


図3 圧縮波圧力勾配測定結果(i)

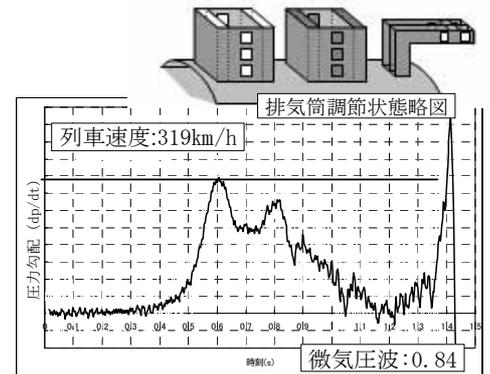


図4 圧縮波圧力勾配測定結果(ii)

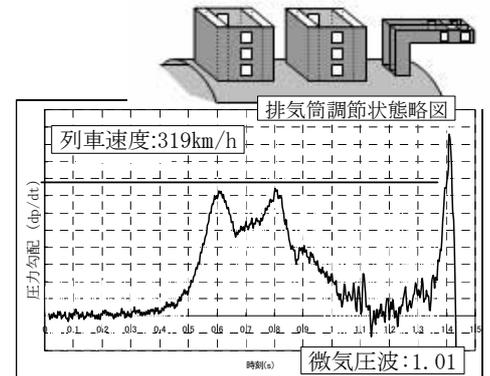


図5 圧縮波圧力勾配測定結果(iii)

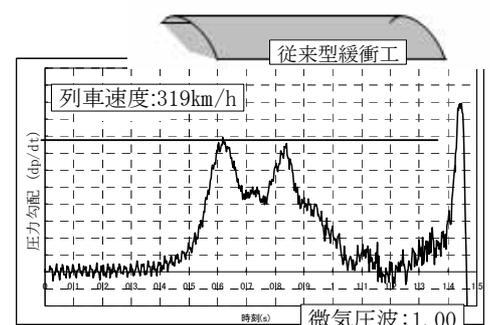


図6 圧縮波圧力勾配測定結果(iv)