

トンネル微気圧波を低減するパイプ付き緩衝工の模型実験

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 フェロー 野澤伸一郎
 (財)鉄道総合技術研究所 飯田 雅宣
 (財)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に起因して発生し、トンネル出口で環境問題を引き起こす恐れのあるトンネル微気圧波（以下、微気圧波と呼ぶ）を低減するため、地上施設に係る対策として従来からトンネル緩衝工（以下、緩衝工と呼ぶ）が設置されている。従来からの緩衝工は、微気圧波低減に一定の効果を発揮しているが、列車速度を向上させる場合には線路方向に延長が必要で、用地取得や線路に近接した作業が多くなることから、工事費が増大することが欠点となっている。そのため、従来の緩衝工よりも線路方向に短い長さで微気圧波低減効果を発揮させるために、図1に示すようなパイプを取り付けた緩衝工の開発に取り組んでいる。

本実験は、パイプ付き緩衝工の開発の見通しを得るため、微気圧波の大きさとはほぼ比例関係にある高速列車突入時のトンネル入口付近における圧縮波の圧力勾配を、模型を用いて測定し、パイプ付き緩衝工の微気圧波低減効果の把握を行ったものである。

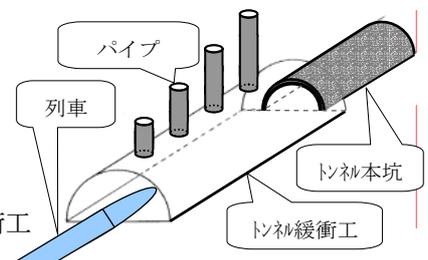


図1 パイプ付き緩衝工

2. 実験概要

(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用い、縮尺 1/61 の模型で実験を行った。

実験装置の概略を、既設の緩衝工にパイプを取り付けた場合を例として図2に示す。緩衝工模型は断面が 155 mm×155 mm（実物換算 9.46m×9.46m）の矩形で、長さは既設部分が 438 mm（実物換算 26.7m）、延長部分が 292 mm（実物換算 17.8m）、左右両側面に直径 41 mmの開口部が既設部分で 3 箇所ずつ、延長部分で 2 箇所ずつ設けられている。

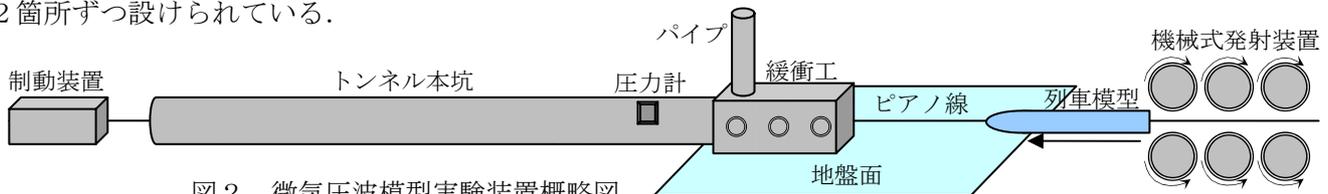


図2 微気圧波模型実験装置概略図

列車模型が機械式発射装置から高速（300km/h）で打ち出され、ピアノ線を伝って緩衝工・トンネル本坑に突入するとトンネル内に圧縮波が形成される。トンネル本坑内の入口から 1 mの位置に圧力計を設置しておき、列車模型のトンネル突入時の圧力を測定する。

実験の種類は大別すると以下に挙げる(1)～(5)の5種類で、緩衝工の側面開口部の開閉や取り付けるパイプの諸条件を変化させて実験を行い、各実験において測定した圧力の時刻歴から圧力勾配を算出する。

パイプの種類は図3に示す5種類（a.閉鎖型、b.先端開口型、c.中間開口型、d.可動弁付き閉鎖型、e.可動弁付き先端開口型）で、寸法は表1に示す通りである。

(1) 既設緩衝工の側面開口部を全て閉鎖した場合の効果把握： 側面開口部の開閉調整、緩衝工の延長、パイプの取り付け、による効果を把握する際の比較対象となる圧力勾配の基準値を求める。

(2) 既設緩衝工の側面開口部の開閉を調節した場合の効果把握： 既設緩衝工の3箇所の側面開口部の開閉を調節することにより実現する

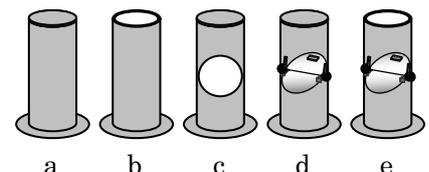


図3 パイプの種類

キーワード トンネル微気圧波、トンネル緩衝工、パイプ、模型実験

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-0 JR 東日本 研究開発センター フロンティアサービス研究所 TEL 048-651-2552

最小の圧力勾配を求める。

- (3) 緩衝工を延長し側面開口部の開閉を調節した場合の効果把握：
緩衝工の既設部分と延長部分の合計 5 箇所の側面開口部の開閉を調節することにより実現する最小の圧力勾配を求める。
- (4) 既設緩衝工にパイプ（可動弁無し；a, b, c）を取り付けた場合の効果把握：側面開口部を全て閉鎖し、表 2 に示すパイプの取り付け条件の中で実現する最小の圧力勾配を求める。
- (5) 既設緩衝工に可動弁付きパイプ（d, e）を取り付けた場合の効果把握：閉鎖型パイプの a と d, 先端開口型パイプの b と e の比較から可動弁の効果を求める。

表 1 パイプの寸法一覧

	標準	長型	短型	太型	細型
長さ	200	300	100	200	200
実物換算	12.2	18.3	6.1	12.2	12.2
比	2	3	1	2	2
直径	70	70	70	90	40
実物換算	4.3	4.3	4.3	5.5	2.4
比	1	1	1	1.29	0.57
断面積比	3.06	3.06	3.06	5.06	1
側面表面積比	2	3	1	2.57	1.14

表 2 パイプの取り付け条件

	パイプ取り付け位置			パイプ寸法	
	トンネル本坑方	中間	入口方	長さ	太さ
標準パイプ 1本取り付け	○			標準	標準
長さ変更パイプ 1本取り付け		○		長型	標準
太さ変更パイプ 1本取り付け			○	標準	太型 細型
標準パイプ 2本取り付け	○	○		標準	標準
長さ変更パイプ 2本取り付け		○	○	長・短 短・長	標準
太さ変更パイプ 2本取り付け			○	標準	太・細 細・太

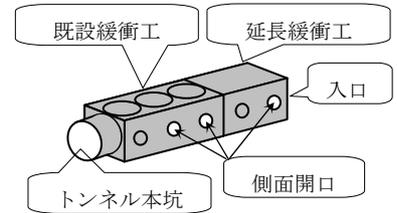


図 4 延長した緩衝工の圧力勾配が最小の側面開口部の開閉状態

3. 実験結果

- (1) 既設緩衝工の側面開口部を全て閉鎖した場合の圧力勾配：
779 kPa/sec
- (2) 既設緩衝工の側面開口部の開閉を調節した場合に実現した圧力勾配の最小値：520 kPa/sec（中間の側面開口部を開けた状態）
- (3) 緩衝工を延長し側面開口部の開閉を調節した場合に実現した圧力勾配の最小値：414 kPa/sec（図 4 に示す側面開口部の開閉状態）
- (4) 既設緩衝工にパイプ（可動弁無し）を最大 2 本取り付けした場合に実現した圧力勾配の最小値
 - a.閉鎖型：730 kPa/sec（図 5 のように太型パイプを取り付けた状態）
 - b.先端開口型：593 kPa/sec（図 6 のように長型と短型のパイプを取り付けた状態）
 - c.中間開口型：582 kPa/sec（図 7 のように標準寸法のパイプを 2 本取り付けけた状態）

- (5) 既設緩衝工に可動弁付きパイプを取り付けた場合の効果（可動弁無しのパイプとの比較）

閉鎖型，先端開口型パイプの両方共，可動弁により効果が上がる場合と下がる場合があり，大きな差も認められず，可動弁の効果は確認できなかった。

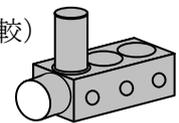


図 5 圧力勾配が最小の閉鎖型パイプ取り付け状態

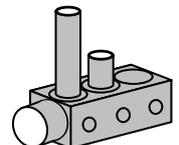


図 6 圧力勾配が最小の先端開口型パイプ取り付け状態

4. 結果の考察と今後の課題

実験結果の(4)を，(1)，(2)，(3)と比較し，次の事項を把握した。

- ① パイプ付き緩衝工は微気圧波低減にある程度の効果を発揮する。
- ② パイプに開口部を設けると効果が高まる。
- ③ 今回実験を行ったパイプの形状や寸法の範囲内では，パイプ 2 本で側面開口部の開閉調整による効果を上回することは難しい。

上記③を踏まえ，図 8 に示すように先端と中間に開口部を設けたパイプを含め 3 本のパイプを取り付けた状態で追加の実験を行ったところ，圧力勾配が 504 kPa/sec という結果を得た。この結果から，パイプ付き緩衝工の効果を高めるには，パイプの本数と開口部を増やすことが有効と考えられるため，今後は，パイプの本数や開口部の数・大きさに着目して効果を把握する実験を行う必要があると考えている。

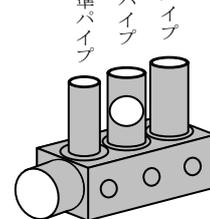


図 8 圧力勾配をパイプ 2 本より小さくするパイプ 3 本の取り付け状態

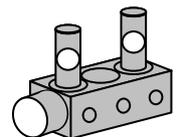


図 7 圧力勾配が最小の中間開口型パイプ取り付け状態

参考文献 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