

軽量パネル型トンネル緩衝工の性能に関する実験的考察

東日本旅客鉄道 正会員 ○佐伯 和浩
 東日本旅客鉄道 正会員 渡邊 明之

1. 概要

高速列車がトンネルに突入する際に発生するトンネル微気圧波の低減対策として、トンネル入口にトンネル緩衝工を設置している。トンネル緩衝工の設置には、多額の費用がかかるため、筆者らはこのコスト低減のため、屋根材料に軽量で高耐久な「膜材料」をパネル状にした、「軽量パネル型トンネル緩衝工」を開発した。

本研究では膜材料を屋根材料としたトンネル緩衝工の特性を、模型実験により把握し、列車突入時の圧力上昇による膜材料の変形を抑えることにより従来型トンネル緩衝工(剛な屋根材料を用いたトンネル緩衝工)と同等の性能が得られることを明らかにした。

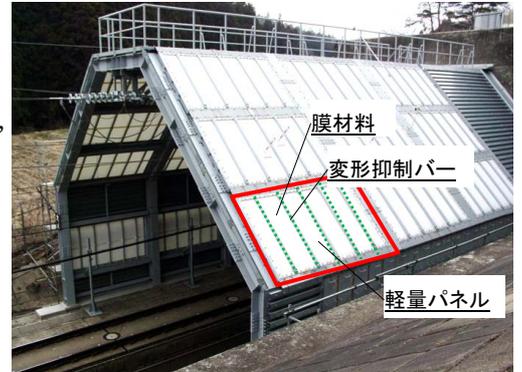


図1 軽量パネル型トンネル緩衝工外観

2. 模型実験

トンネル微気圧波模型実験装置を用いて模型実験を実施した。この実験装置は、列車模型を機械式発射装置にて発射し、ピアノ線を伝ってトンネル緩衝工→トンネル本坑に突入させ、そのときに発生した圧縮波をトンネル本坑内の入口付近に設置された圧力計により測定するものである。図1に実験装置の概略図を示す。

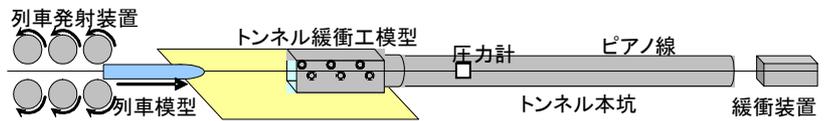


図2 模型実験装置の概要図

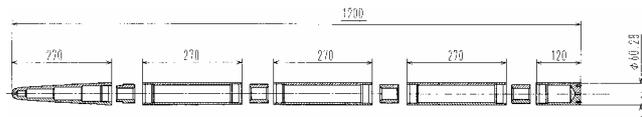


図3 列車模型の外観

これは(財)鉄道総合技術研究所の所有である。図3に当社の高速試験車両を模擬した列車模型の外観を示す。模型の縮尺は1/60である。

出口におけるトンネル微気圧波の大きさは、圧力変化の変化率すなわち「圧力勾配」に相関していることが既往研究で知られている[1]。本研究では、緩衝工の性能評価にこの「圧力勾配」を使用した。

3. 実験方法

実験は、膜材料を屋根材料とした場合に、トンネル緩衝工としての性能への影響を確認するため、図4に示す模型トンネル緩衝工を用いることとした。膜材料の剛性変化と、緩衝工の全体表面積に対する、膜材料の面積比率を評価の因子とした。膜材料は表1に示す4種類の膜材料を使用した。膜材料剛性は模型縮尺にあわせ、実物の膜材料から剛性を低減している。面積比率は、図4に示すとおり、膜パネル部分に蓋をすることで膜材料の変形をなくすようにしている。蓋を線路並行方向に一列ずつ取り付けるごとに膜材料面積比率は11%減少する。これを0%~100%の間、11%刻みで変化させ、圧力勾配を測定した。列車模型は図3の車両を使用し、列車突入速度は330(km/h)とした。

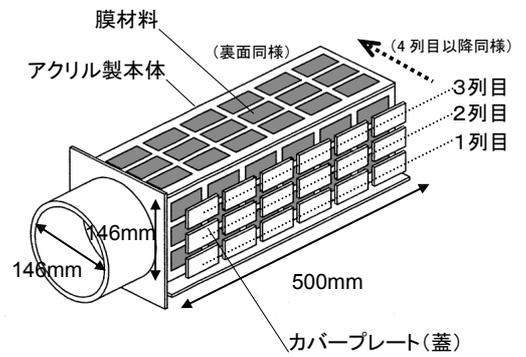


図4 トンネル緩衝工模型

表1 模型モデルに使用した膜材料

模型番号	材料名	引張剛性 (kN/m)
Model 2-1	シートアスールWP	20.1
Model 2-2	ETFE	160.0
Model 2-3	SMX-KFS	227.0
Model 2-4	SCC-125	326.0

キーワード トンネル緩衝工, トンネル微気圧波, 膜材料, 軽量パネル

〒338-8512 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地 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 048-651-2552

4. 実験結果

圧力勾配は、材料剛性の低下と、膜材料の構成比の上昇によって、増加することがわかった。結果を図5に示す。

この結果より、圧力勾配増加の原因を推定した。図6に列車がトンネルに突入した時のトンネル内圧力上昇の推定模式図を示す。トンネル内の最大圧力はトンネル断面積と列車断面積の比と列車速度で決定される。列車速度同条件で従来型緩衝工と比較すると、膜材料緩衝工内の圧力は、材料の弾性により緩衝工内の体積が膨張し、列車突入初期の圧力上昇が遅れ、後半ではその遅れの分圧力上昇が急となったものと推定している。このことが圧力勾配の上昇につながったと考えられる。

5. トンネル緩衝工への適用

実験結果より、膜材料を使用したトンネル緩衝工の、緩衝工の性能を確保するためには膜材料部分の変形を抑えることが必要であることがわかった。これらの関係を結びつける指標として、トンネル緩衝工本体の体積増加率に着目した。

列車が膜材料を用いたトンネル緩衝工に突入する際、圧力上昇による膜材料の変形から、一時的に緩衝工内の容積が増加する。体積増加率とは、増加後の緩衝工内容積を増加前の緩衝工内容積で除したものである。図7に緩衝工内体積増加率と圧力勾配の関係を示す。同図で圧力勾配の増加率を5%以内とするために許容される体積増加率は約0.1%となる。ここでの5%とは、模型実験測定値のばらつきと同程度の値とした。

緩衝工の体積増加を抑える方法として、膜パネルに図1に示す「変形抑制バー」を取り付け、膜材料の変形を機械的に抑えることとした。この「変形抑制バー」を取り付けた場合の緩衝工内体積増加率と緩衝工内の圧力最大値の関係を図8に示す。既往研究[2]より、当社の高速試験列車が時速360(km/h)で突入した場合のトンネル緩衝工内の圧力荷重は約1.86(kPa)と計算される。体積増加率は数値計算により求めた。前述の許容体積増加率0.1%を満たすケースは、同図より「バー5本」となる。

変形抑制バー取り付け後のトンネル緩衝工の性能は、実物大トンネル緩衝工を模擬した模型実験並びに実物大緩衝工にて、従来型トンネル緩衝工と同等の圧力勾配数値を得ることができ、トンネル微気圧波低減効果を有することを確認している。

5. まとめ

トンネル緩衝工に膜材料を使用した場合のトンネル微気圧波低減効果について、模型実験により膜材料の弾性による変形を抑えることがトンネル緩衝工の性能を従来型と同等とするために有効なことを明らかにした。

6. 参考文献

[1] 前田達夫, 松村 豪, 種本勝二, 梶山博司, 飯田雅宣: 速度向上時のトンネル微気圧波低減対策, 鉄道総研報告, Vol.4, No.1, pp. 44-51, 1990.1

[2] Maeda, T., Matsumura, T., Iida, M., Nakatani, K. and Uchida, K. (1993), "Effect of Shape of train nose on compression wave generates by train entering tunnel", The International Conference on Speedup Technology for Railway and Maglev Vehicles (STECH'93)

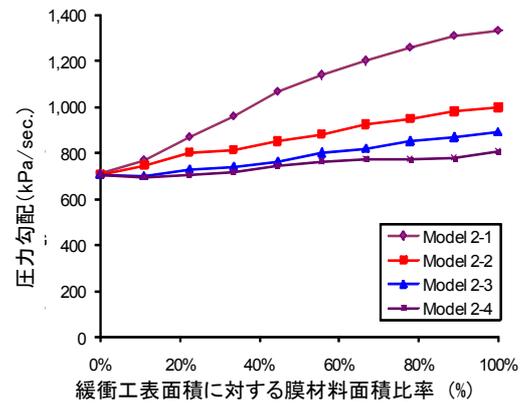


図5 膜材料別・膜構成比率と圧力勾配の関係

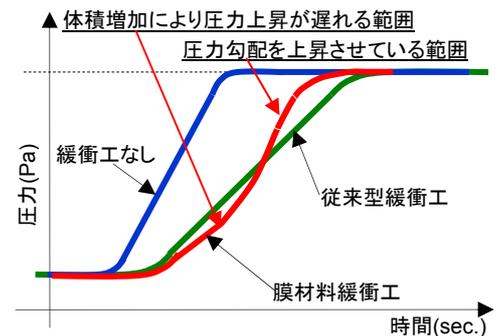


図6 列車突入時トンネル緩衝工内圧力上昇略図

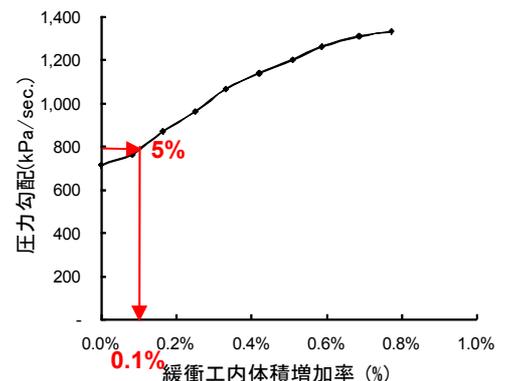


図7 緩衝工内体積増加率と圧力勾配の関係

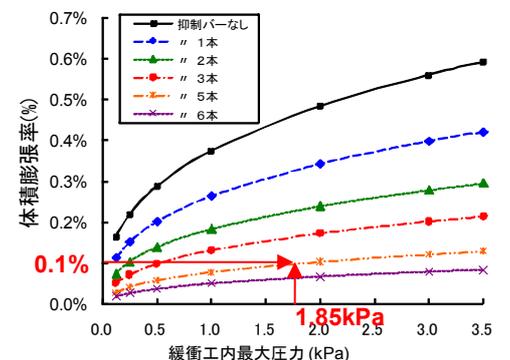


図8 変形抑制バー本数の決定