

トンネル緩衝工に用いる膜材料の凍結融解に関する研究

東日本旅客鉄道(株) 正会員○渡邊明之 正会員 佐伯和浩  
正会員 谷口美佐 正会員 中出千博

1. はじめに

列車が高速でトンネルに突入すると、出口側で発破音が鳴ったり、付近の家屋の窓や戸が揺れたりすることがある。この現象はトンネル微気圧波（以下、微気圧波）によるもので、トンネルに列車が高速で突入することにより、トンネル入口で圧縮波が形成されるものである。微気圧波対策は、車両先頭部形状を最適化することによっても一定の効果が得られるが、列車としての機能を確保するため、形状の最適化には限界がある。したがって、車両先頭部形状の最適化だけでは対策が不十分な微気圧波に対しては、地上施設による対策を講じる必要が生じる。この地上設備がトンネル緩衝工である。トンネル緩衝工は、トンネル入口に設置されるフード形状の構造物である。列車速度を向上させる場合には、新設および延伸が必要となり、線路に近接した作業が多いことや電柱等の支障物の移転を伴うことが多いことなどから、設置費用が大きくなるのが課題となっている。そのため、安価に設置できる新しい構造として、膜を屋根材としたトンネル緩衝工の開発を進めている。この開発は、膜材料を張った高耐力・高耐久の軽量な大型パネルを用いることで、トンネル緩衝工の構造部材を減らし、施工性を高めることを目的としている。しかし、膜材料は、建築分野では広く活用されているが、高速列車の通過に伴う高压の風が繰り返し作用する箇所 で用いられた実績はない。本研究では、膜材料の材料特性について、凍結融解後の繰り返し载荷に対する実験結果を報告する。

2. 実験概要

実験に用いる膜材料は、恒久建築物に用いられているガラス繊維を平織りした材料に、フッ素樹脂によってコーティングした材料を用いた。この材料を定型（縦 2000mm×横 3430mm）の枠に張りつけて、パネル形状としたものに設計荷重が作用するものとして、その耐力・耐久性を確認した。図 1 に膜材料の構造図、図 2 にパネルの一般図を示す。本研究では、屋根材に膜を用いたトンネル緩衝工が、設置する環境により凍結融解を受けた後に、高速列車通過時の風圧が繰り返し作用した場合を繰り返し载荷試験によって検証している。ここでは、膜の母材に比べて膜を定着させている箇所（=定着部）が静的強度でも弱くなるため、定着部を対象とした実験について報告する。膜の試験体は、パネルへの定着と同じ構造としている。図 3 に繰り返し载荷試験用試験体、図 4 に定着部の構造を示す。

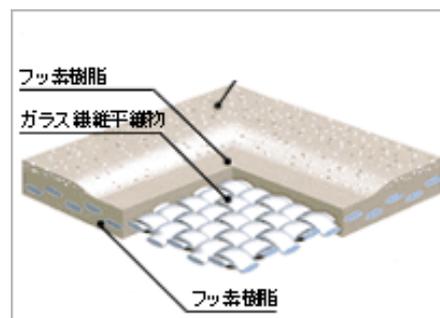


図 1 膜材料の構造図

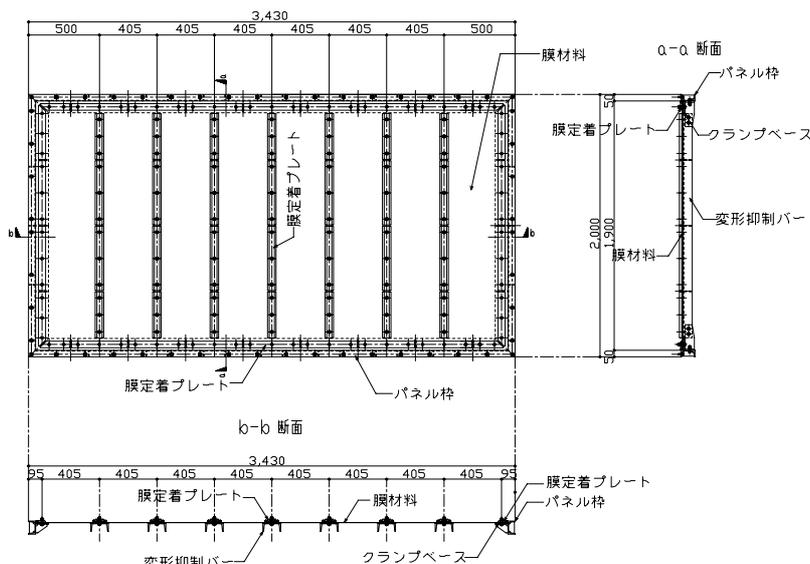


図 2 パネル一般図

キーワード 環境, 交通, 材料, 実験, 凍結融解

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本研究開発センター TEL 048-651-2552

凍結融解試験は、JIS A 1435 を準拠し、 $-20^{\circ}\text{C} \sim +10^{\circ}\text{C}$  を 100 サイクル実施した後に、繰り返し載荷試験を行った。繰り返し載荷試験の条件は、部分片振り ( $\sigma_{\text{max}}$ : 各設定の最大応力 25.1, 28.0 kN/m,  $\sigma_{\text{min}}$ : 初期緊張力 2.0 kN/m), 周波数 5 Hz としている。表 1 に膜定着部の繰り返し載荷試験結果、図 5 に膜定着部の繰り返し載荷試験結果の S-N 線図に凍結融解後の試験結果をプロットしたものを示す。表 1 の網掛けした数値は、破断していない試験体を示している。

表 1 膜定着部 繰り返し載荷試験結果

最大応力 KN/m	n	試験体 No				
		1	2	3	4	5
25.1* <sup>1</sup>	5	2,089,999* <sup>2</sup>	2,314,911	3,525,303	2,856,672	2,120,994
28.0* <sup>2</sup>	5	2,001,002	564,801	730,498	2,482,652	683,378

3. 試験結果

試験結果より、膜材料（膜定着部）は、凍結融解後の試験体も凍結融解の履歴を受けない試験体と同等の特性を示した。また、材料試験<sup>(1)</sup>で得られている疲労限の推定値 25.1 kN/m を最大応力とした場合に、200 万回以下で破断する試験体は無かった。ここでは、疲労限を 200 万回繰り返し載荷試験から得られた 95% 非破壊確率としている。また、凍結融解後であっても、膜定着部の繰り返し荷重に対する耐力が、設計張力 (=5.14kN/m) を十分に超えていることが確認できた。なお、設計張力は、車両内圧荷重 (=高速列車が通過時に発生する風圧) 2.5 kN/m<sup>2</sup> から算出したものである。

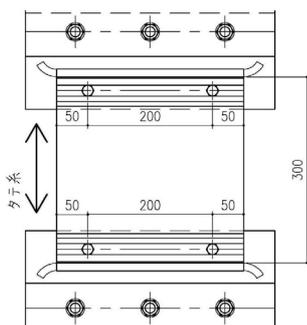


図 3 繰り返し載荷試験用試験体

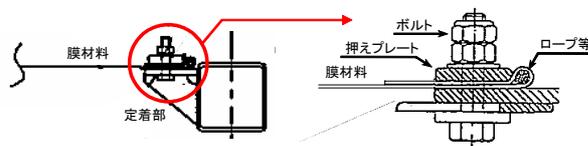


図 4 膜定着部の構造

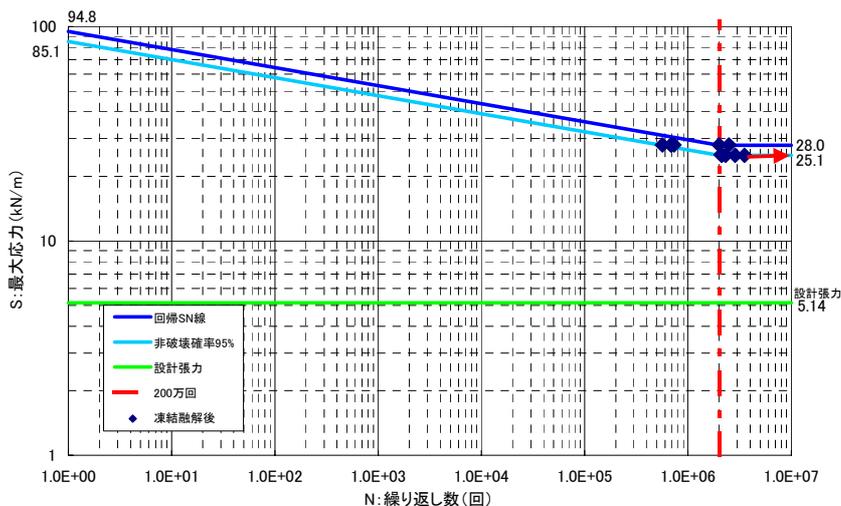


図 5 膜定着部の S-N 線図

4. まとめ

本研究では、トンネル緩衝工に膜材料を用いることについて、実験的な検証結果を示した。その結果より、今回の設計範囲で凍結融解を履歴した場合も繰り返し載荷に対して、耐久性の面でトンネル緩衝工の屋根材として問題なく供用できることが判明した。膜材料は、繰り返し載荷状態で使用された事例が少なく、本研究によりその材料特性が明らかになり、適用範囲を広げることが可能になったと考えている。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、太陽工業㈱の御協力をいただいたことを記し謝意を表す。

参考文献

1) 渡邊明之他 トンネル緩衝工に用いる膜材料に関する研究 土木学会第 63 回年次学術講演会