

## トンネル緩衝工に用いる膜材料に関する研究

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 加藤精亮 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。微気圧波対策としては、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構成するため、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、地上施設での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こと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圧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、実験的な研究を進めている中で、繰り返し载荷に対する特性を報告する。

## 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ることとした。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・耐久性を確認している。図 1 に膜材料の構造図、図 2 にパネルの一般図を示す。

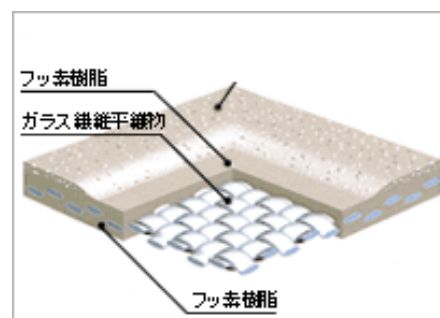


図 1 膜材料の構造図

本研究では、トンネル緩衝工の屋根材に膜を用いた場合に、高速列車通過時の風圧が繰り返し作用するため、繰り返し载荷試験によって疲労耐力を検証している。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。

繰り返し载荷試験の条件は、部分片振り（ $\sigma_{max}$ : 各設定での最大応力、 $\sigma_{min}$ : 初期緊張力 2.0 kN/m）、周波数 5 Hz、SHIMADZU 製試験機（EHF-EM020k, QF-20B, 4890）としている。表 1 に膜定着部の繰り返し载荷試験シリーズおよび試験結果、図 5 に膜定着部

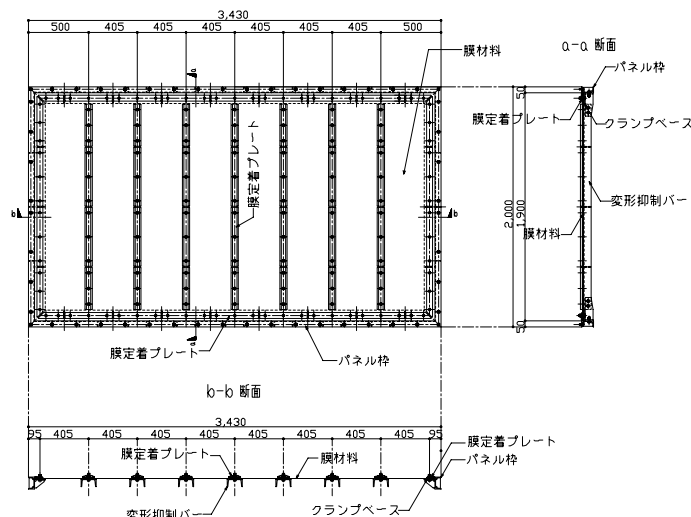


図 2 パネル一般図

キーワード 環境, 交通, 材料, 実験

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

の繰り返し載荷試験結果の S-N 線図を示す。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。

### 3. 試験結果

試験結果より、膜材料（定着部）は、最大応力 28 k N/m から 200 万回を超える耐力を示していた。また、最大応力が 28～48 k N/m の範囲の試験結果の回帰式から求まる 200 万回での交点も 28 k N/m 付近となっていた。

試験結果の評価として、高速列車通過時

の設計張力に対して、膜の繰り返し載荷による疲労限を比較した。膜材料の繰り返し載荷による破壊形態は不明であるが、材料の破壊は一般的に同様な経路を示すものと考えて、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、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> から算出している。

試験結果より、設計張力（＝5.98 k N/m）に対して、膜定着部の疲労限の方が大きくなっていることを確認している。

### 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、今回の設計範囲で繰り返し載荷された場合には、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(株)の御協力をいただいたことを記し謝意を表す。

表 1 膜定着部 繰り返し載荷試験シリーズ

| 最大応力<br>KN/m | n | 試験体 No    |           |           |           |           |
|--------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|              |   | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         |
| 24.0         | 1 | 2,073,010 |           |           |           |           |
| 25.0         | 5 | 2,149,999 | 2,180,011 | 3,060,002 | 3,058,005 | 2,970,011 |
| 28.0         | 3 | 2,073,007 | 986,036   | 2,100,003 |           |           |
| 30.0         | 3 | 563,445   | 276,747   | 367,833   |           |           |
| 32.0         | 3 | 348,448   | 242,513   | 106,803   |           |           |
| 36.0         | 2 | 166,966   | 383,917   |           |           |           |
| 44.0         | 3 | 24,445    | 21,810    | 29,662    |           |           |
| 48.0         | 5 | 4,092     | 779       | 14,441    | 4,868     | 2,863     |

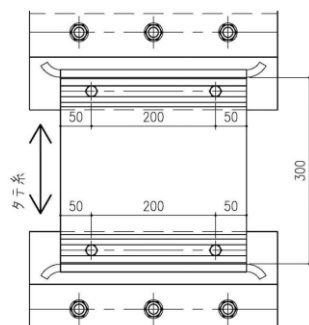


図 3 繰り返し載荷試験用試験体

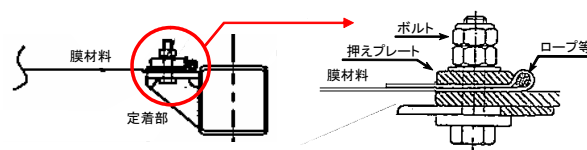


図 4 膜定着部の構造

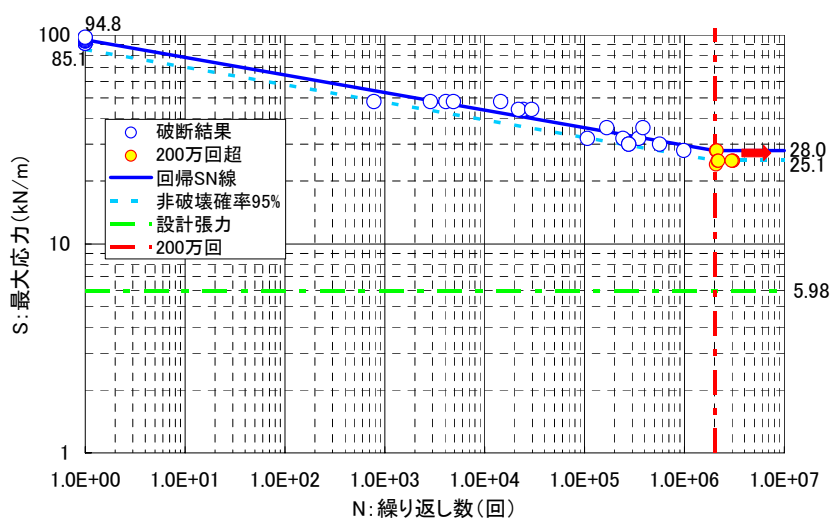


図 5 膜定着部の S-N 線図