

## 発泡 EPDM, SBR 製低ばね定数軌道パッドの動特性と温度特性の検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○鈴木 実

### 1. はじめに

軌道パッドは、一般に合成ゴムなどの有機系高分子素材により構成されており、温度や荷重速度によって弾性率などが変化する性質が知られている。このため、低ばね定数軌道パッドを適用した防振対策では、温度が低下する冬季や、高速列車の動的荷重に対し、期待した効果が得られないことも懸念される<sup>1,2,3,4)</sup>。

本稿では、発泡エチレンプロピレンゴム (EPDM) および発泡スチレンブタジエンゴム (SBR) を素材として用いた、低ばね定数軌道パッドに関して、動特性や温度特性の検討を行った結果について述べる。

### 2. 軌道パッドの動特性の温度依存性

#### 2.1 供試軌道パッド

表 1 に供試軌道パッドの諸元、表 2 に発泡 EPDM・SBR 製低ばね定数軌道パッドの物性仕様 (案)<sup>5)</sup> と物性値を示す。発泡 EPDM と発泡 SBR (以下、EPDM と SBR という) は、図 1 に示すとおり、内部が直径数十~100 $\mu$ m 程度の独立気泡 (セル) 構造で、寒冷地向けの軌道パッド用素材として開発したものである。

表 1 供試軌道パッドの諸元

| 供試体名       | 発泡倍率 | 形状 | 公称ばね定数  | 適用締結装置:直結8形用 |      |
|------------|------|----|---------|--------------|------|
|            |      |    |         | 長さ×幅         | 厚さ   |
| SBR; 無発泡溝付 | -    | 溝付 | 28 MN/m | 180mm×140mm  | 12mm |
| SBR        | 1.31 | 平板 | 30 MN/m | 180mm×140mm  | 10mm |
| EPDM       | 1.38 | 平板 | 30 MN/m | 180mm×140mm  | 10mm |

#### 2.2 動的粘弾性試験

動的粘弾性試験装置 ((株) エーアンドデー製 DDV-25FP) を用い、供試軌道パッドから作製した試験片の引張加振時の貯蔵弾性率と損失係数を測定した。図 2 に供試軌道パッドの動的粘弾性試験の結果を示す。

いずれの供試体も、ガラス転移領域 (損失係数が最大となるガラス転移温度の近傍) で貯蔵弾性率が 3 桁程度増加するが、内部発泡構造の EPDM と SBR では、現用の「SBR; 無発泡溝付」に比べ、室温時の貯蔵弾性率が低く、温度による変化も小さい。ガラス転移温度に関しても、両者はともに「SBR; 無発泡溝付」よりも 10 $^{\circ}$ C 以上低く、低温特性が良いことがわかる。

#### 2.3 動特性試験

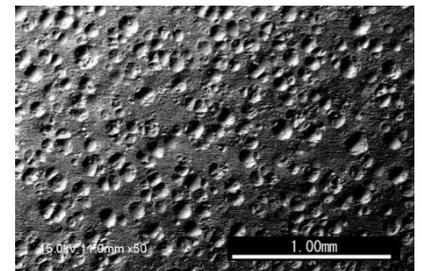
材料動特性試験機 (株式会社島津製作所製 UHF-EUV100kN) を用いて、以下の条件で正弦波加振したときの動的ばね定数と損失係数を測定した。

【試験条件】測定温度: -20 $^{\circ}$ C~60 $^{\circ}$ C (4 時間以上恒温調整),

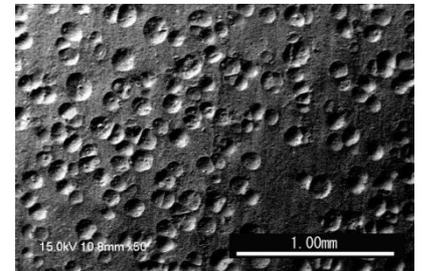
平均荷重: 30kN, 荷重振幅:  $\pm 20$ kN, 周波数: 30~5 Hz (1Hz 刻み)

図 2 に供試軌道パッドの 20 $^{\circ}$ C および -20 $^{\circ}$ C における動的ばね定数の周波数特性を示す。動的ばね定数は、EPDM と SBR とともに同じ傾向を示し、20 $^{\circ}$ C では 5~30Hz の間でほぼ一定で、28~36MN/m 前後であった。一方、-20 $^{\circ}$ C では、5~20Hz の間で、両者はともに 44~48MN/m とほぼ一定であるのに対し、20Hz 付近から増加傾向を示した。特に顕著な 30Hz では、SBR が約 75MN/m, EPDM が約 90MN/m と、5Hz 時に比べて 1.7~2 倍程度の増加が見られた。

次に、供試軌道パッドの 5Hz と 30Hz における動的ばね定数と損失係数の温度特性を図 4(a) と図 4(b) に示す。

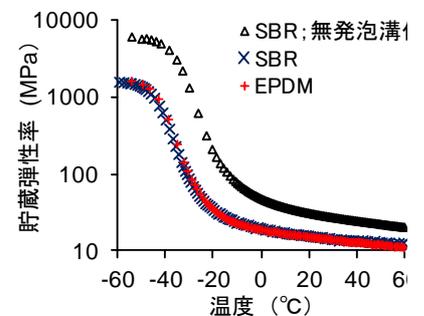


(a) EPDM

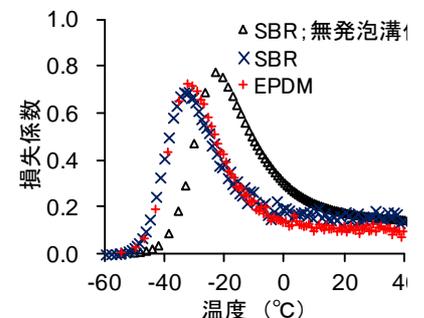


(b) SBR

図 1 軌道パッドの断面; SEM 画像



(a) 貯蔵弾性率



(b) 損失係数

図 2 供試軌道パッドの動的粘弾性試験結果

キーワード 軌道パッド, 動特性, 低温特性, SBR, EPDM, 発泡ゴム

連絡先 〒160-0004 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 防振材料 TEL. 042-573-7339

供試軌道パッドの動的ばね定数は、EPDM、SBR とともに0℃～60℃の間では、温度変化に対してほぼ一定であり、周波数の違いによる値の差も比較的小さい。一方、-10℃以下では、両者の動的ばね定数に増加傾向がみられ、特に30Hz での変化が顕著であった。

一方、損失係数は、20℃以上では5Hz と30Hz がともに0.15～0.2 程度であるのに対し、0℃以下の低温では増加傾向がみられた。特に、30Hz での損失係数の変化が顕著であり、-20℃では、EPDM とSBR がともに約0.4 に増加した。

このように、EPDM とSBR の2つの供試軌道パッドの動特性は、載荷速度と温度の影響が大きく、30Hz、-20℃において動的ばね定数と損失係数が室温時の2倍程度まで増加することが明らかとなった。

なお、衝撃応答実験による評価において、

EPDM とSBR の供試軌道パッドの緩衝性能は、-20℃においても「SBR；無発泡溝付」の現用低ばね定数軌道パッドに比べて、28～44%程度低減することが明らかとなっている<sup>5)</sup>。

3. まとめ

発泡エチレンプロピレンゴム (EPDM) および発泡スチレンブタジエンゴム (SBR) を素材として用いた低ばね定数軌道パッドの動特性および温度特性の検討を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 内部発泡構造のEPDM とSBR は、現用の「SBR；無発泡溝付」に比べ、室温時の貯蔵弾性率、および温度による貯蔵弾性率の変化が小さく、ガラス転移温度も10℃以上低い。
- (2) EPDM とSBR の動的ばね定数の周波数特性は、いずれも20℃、5～30Hzの間ではほぼ一定で、28～36MN/m前後であった。
- (3) EPDM とSBR の動的ばね定数の温度特性は、いずれも0℃～60℃の間で変化が小さい一方、-10℃以下では増加傾向を示し、-20℃・30HzではSBRが約75MN/m、EPDMが約90MN/mであった。

参考文献

- 1) 横山秀史, 岩田直泰, 芦屋公稔: 低ばね定数軌道パッドによる地盤振動低減効果, 鉄道総研報告, Vol. 22, No. 5, 2008
- 2) 鈴木実, 弟子丸将: 低温下における軌道パッド緩衝性能の検討, 第18回鉄道技術・政策連合シンポジウム講演論文集, p. 101-102, 2011
- 3) 鈴木実, 弟子丸将: 低ばね軌道パッドの緩衝性能の温度特性に関する検討, 土木学会 第67回年次学術講演会, 講演概要集, 2011
- 4) Fenander Å., Frequency-Dependent Stiffness and Damping of Railpads. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, Vol. 211, No. 1, pp. 51-62, 1997
- 5) 鈴木実, 弟子丸将: 寒冷地向け低ばね軌道パッドの開発, 第19回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, p. 259-260, 2012

表2 発泡EPDM・SBR製低ばね軌道パッドの物性仕様(案)と物性値

| 項目              | 評価項目         | 単位  | 規格値(案)                | SBR                 | EPDM                |
|-----------------|--------------|-----|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 比重              | 比重           | —   | 0.90±0.10             | 0.92                | 0.84                |
| 引張特性            | 引張強さ         | MPa | 5.0≤                  | 6.4                 | 5.9                 |
|                 | 破断時伸び        | %   | 100≤                  | 161                 | 173                 |
|                 | 100%モジュラス    | MPa | 3.0≤ ≤5.0             | 3.8                 | 3.8                 |
| 耐熱性(70℃)        | 引張強さ保持率      | %   | 70≤                   | 98                  | 105                 |
|                 | 破断時伸び保持率     | %   | 70≤ ≤130              | 98                  | 101                 |
|                 | 100%モジュラス保持率 | %   | 70≤ ≤130              | 100                 | 105                 |
| 耐水性             | 引張強さ保持率      | %   | 70≤                   | 89                  | 107                 |
|                 | 破断時伸び保持率     | %   | 70≤ ≤130              | 93                  | 112                 |
|                 | 100%モジュラス保持率 | %   | 70≤ ≤130              | 95                  | 97                  |
| 耐アルカリ性          | 引張強さ保持率      | %   | 70≤                   | 92                  | 105                 |
|                 | 破断時伸び保持率     | %   | 70≤ ≤130              | 97                  | 109                 |
|                 | 100%モジュラス保持率 | %   | 70≤ ≤130              | 95                  | 97                  |
| 耐油性             | 引張強さ保持率      | %   | 70≤                   | 50                  | 54                  |
|                 | 破断時伸び保持率     | %   | 70≤ ≤130              | 57                  | 53                  |
|                 | 100%モジュラス保持率 | %   | 70≤ ≤130              | —                   | —                   |
| 耐熱性(100℃)       | 引張強さ保持率      | %   | —                     | 97                  | 110                 |
|                 | 破断時伸び保持率     | %   | —                     | 91                  | 86                  |
|                 | 100%モジュラス保持率 | %   | —                     | 108                 | 124                 |
| 圧縮特性(50%定ひずみ)   | 外観検査         | —   | —                     | 異常なし                | 異常なし                |
|                 | 圧縮永久ひずみ      | %   | —                     | 13.9                | 28.3                |
| 圧縮特性(2.4MPa定荷重) | 外観検査         | —   | 亀裂、割れが生じないこと          | 異常なし                | 異常なし                |
|                 | 圧縮永久ひずみ      | %   | ≤10.0                 | 6.3                 | 9.0                 |
| 絶縁抵抗            | 常態           | MΩ  | 3.0×10 <sup>3</sup> ≤ | 4.1×10 <sup>6</sup> | 1.2×10 <sup>4</sup> |
|                 | 浸水後          | MΩ  | 3.0×10 <sup>3</sup> ≤ | 1.0×10 <sup>5</sup> | 3.8×10 <sup>3</sup> |
| 耐疲労性            | 外観検査         | —   | 亀裂、割れが生じないこと          | 異常なし                | 異常なし                |
|                 | ひずみ          | %   | ≤10.0                 | 2.5                 | 2.0                 |

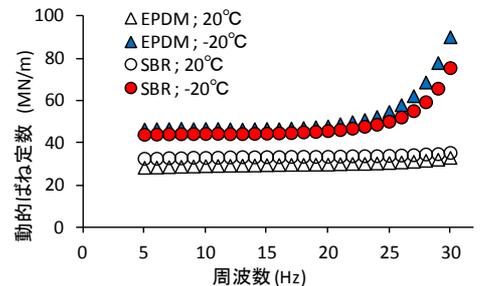
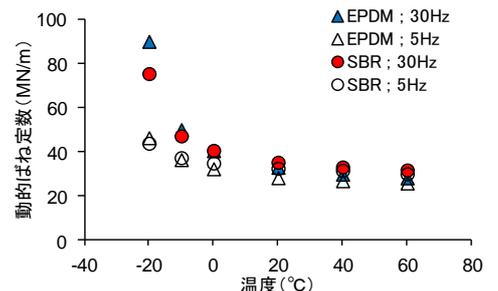
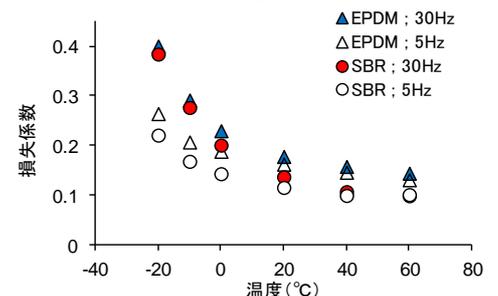


図3 動的ばね定数の周波数特性



(a) 動的ばね定数



(b) 損失係数

図4 供試軌道パッドの温度特性