

低ばね軌道パッドの緩衝性能の温度特性に関する検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○鈴木 実

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 弟子丸 将

1. はじめに

日本では一部の地域が亜寒帯に属し、鉄道の高速化を進める際の軌道支持ばね系の検討では、低温の環境においても軌道支持ばね系の剛性を低く維持することが、地盤振動や軌道破壊の低減を行う上で重要な課題といえる^{1,2)}。

一方、軌道パッドに使用される合成ゴムなど高分子材料の物性は、少なからず温度依存性を有している。特に0℃以下の低温ではガラス転移温度（-40℃前後）に近づくにつれて弾性率が指数的に増加し、緩衝性能が低下する懸念がある。

本稿では、衝撃実験装置に締結装置用の冷却機構を追加する改良を施し、低ばね軌道パッドの緩衝性能の温度特性に関する検討を行った結果について報告する。

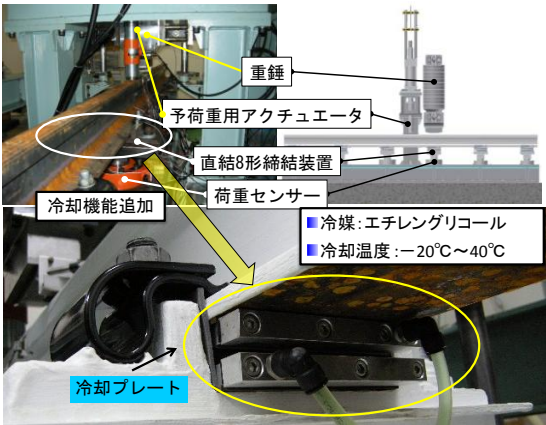


図 1 衝撃実験装置

2. 緩衝性能の温度特性評価

2-1 概要

現行の低ばね軌道パッドには、溝付平面形状の無発泡スチレンブタンジエンゴム（以下、無発泡 SBR という）と溝無平面形状で内部に微細な気泡構造をもつ発泡ポリウレタンゴム（以下、発泡 PUR という）の 2 つの系統の材料が主に用いられている。これらの材料を用いた軌道パッドでは、0℃以下の低温域において、衝撃荷重に対する緩衝性能が大きく低減することが分かっている³⁾。このような挙動は、ゴムの弾性の温度依存性として広く知られているが、これに加えて、荷重負荷の速度が高い場合には速度依存性の影響がより強くなることが予測される。そこで、緩衝性能の評価に速度依存性などの影響も含めて評価が可能な図 1 の衝撃実験装置を用いた。この衝撃実験装置は、これまでも軌道パッドの緩衝性能の評価に用いてきたもので、今回は低温時の緩衝性能の評価が行えるように新たに締結装置用の冷却機構を備えた。緩衝性能の評価は、重錘落下による衝撃加振時に、加振点直下の締結装置に生じるレール圧力を測定する手法で行った。

2-2 供試軌道パッド

供試軌道パッドには、無発泡 SBR と発泡 PUR の 2 つの現行品に加え、低温特性の向上が期待できる溝無平面形状の発泡エチレンプロピレンゴム（EPDM）（以下、発泡 EPDM という）と溝無平面形状の発泡 SBR（以下、発泡 SBR という）の 2 つの試作品を用いた。これらは、いずれも公称ばね定数（室温における荷重区間 10～50kN 間の静的ばね定数）が 28～30MN/m、厚さが 10～12mm の低ばね軌道パッドである。

2-3 結果と考察

図 3 に低温時（-20℃）でのレール圧力の時間波形を示す。レール圧力は全ての供試体において、最初の 1ms 間で急激に増加した後、僅かな減少を経て再び増加し、最大ピークを示した後に減少に転じている。このような複雑なレール圧力の変動は、加振時にレールの下フランジの変形等が伴うためで、材料の温度特性による直接的な影響で

キーワード 軌道パッド，緩衝性能，低温，温度特性，発泡ゴム，レール圧力

連絡先 〒185-8540 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

はない。一方、個々の供試体の波形を比較すると、無発泡 SBR では、作用時間が約 3.5ms と短く、レール圧力の最大値も発泡 EPDM の約 2 倍となるなど、急激なレール圧力の変動がみられた。発泡系の素材、特に EPDM では、図 4 から明らかなように無発泡 SBR に比べてレール変位が大きく、戻りが遅い（低反発）など、低温時でも高い緩衝性能が維持されている。

図 5 に低温時（ -20°C ）におけるレール圧力・変位曲線を示す。図中の 2 つの直線は、無発泡 SBR と発泡 EPDM の曲線に対する切片 0 の一次近似直線である。これらの傾きは、 -20°C の低温時における衝撃応答のばね定数に相当し、無発泡 SBR が 174MN/m 、発泡 EPDM が 78MN/m となる。これらは、公称ばね定数値の約 2.5~6 倍に相当し、低温時の衝撃荷重に対し、ばね定数が顕著に大きくなることが明らかとなった。

図 6 は、衝撃加振時の最大レール圧力の温度特性である。最大レール圧力が小さい程、同一加振力に対する緩衝性能は小さいと評価できる。低温域では、全ての供試体においてレール圧力が増加し、緩衝性能の低減がみられた。ただし、公称ばね定数値が同程度の軌道パッドでも、供試体によっては緩衝性能の変化に差異がみられ、特に 0°C 以下の低温域では材質や構造の違いによる影響が大きい。また、同一系統の材質を比較すると、SBR の発泡品では、 -20°C のレール圧力が無発泡品に比べて 20%程度小さく、緩衝性能面では発泡構造の方が優位である。一方、緩衝性能で優位性のある発泡構造の供試体の物性を材料で比較すると、 -10°C までは EPDM と SBR のレール圧力が PUR より小さく、緩衝性能が良好である。さらに、 -20°C では、SBR と PUR のレール圧力はほぼ同等となる一方、EPDM では他の発泡構造の供試体よりも 20%程度レール圧力が小さく、緩衝性能が最も優れていることがわかった。

3. まとめ

低ばね軌道パッドの緩衝性能の温度特性を衝撃応答時のレール圧力測定により検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 無発泡 SBR では、 -20°C でレール圧力が発泡 EPDM のほぼ 2 倍となるなど低温域での大幅な緩衝性能の低下がみられた。
- (2) 衝撃応答のばね定数は、 -20°C で無発泡 SBR が 174MN/m （公称値の約 6 倍）、発泡 EPDM が 78MN/m （同 2.5 倍）となった。
- (3) 緩衝性能は、従来品に比べて、発泡 SBR が -10°C まで、発泡 EPDM が -20°C まで、低温特性の向上が期待できる。

参考文献

- 1 横山秀史, 岩田直泰, 芦谷公稔: 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 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.
- 3 鈴木実, 弟子丸将: 軌道パッドの衝撃応答特性の検討, 土木学会第 48 回年次学術講演会講演概要集

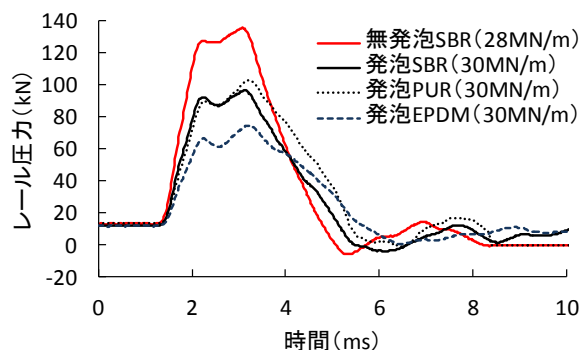


図 3 レール圧力の時間波形（ -20°C ）

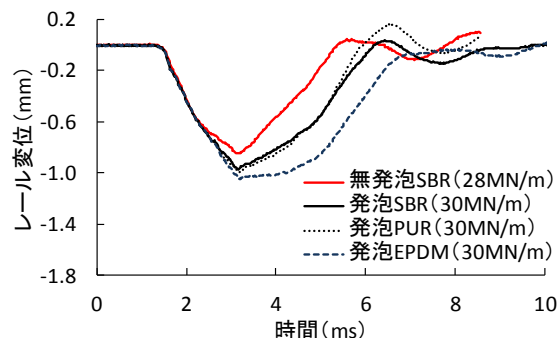


図 4 レール変位の時間波形（ -20°C ）

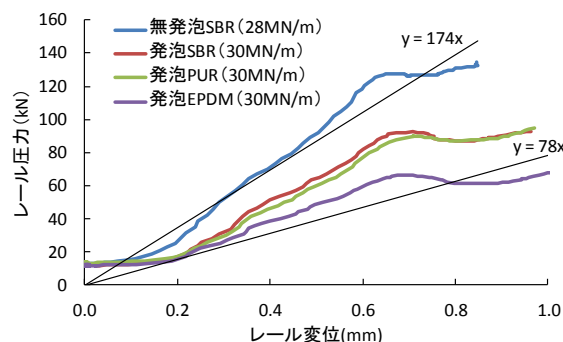


図 5 レール圧力・変位曲線（ -20°C ）

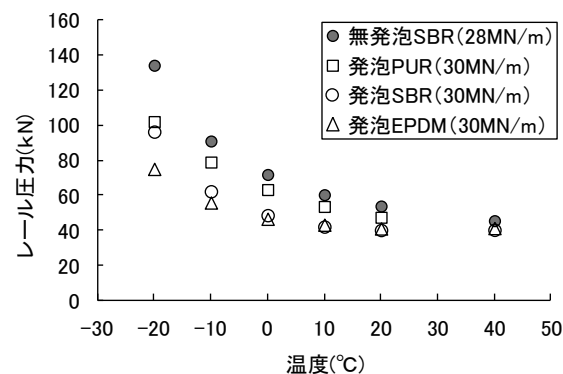


図 3 最大レール圧力の温度特性