

3509 寒冷地向け低ばね軌道パッドの開発

正 [土] ○鈴木 実 (鉄道総研) 正 [土] 弟子丸 将 (鉄道総研)

Development of a resilient railpad for a cold district

Minoru SUZUKI, Railway Technical Research Ins., 2-8-38 Hikari-cho, Kokubunji-shi, Tokyo

Masashi Deshimaru, Railway Technical Research Ins.

It is well known that the physical properties of the organic materials, such as rubber products, have temperature dependence. The rail pads have also tendency to increase elastic modulus under low temperature. In winter season, it is estimated that the shock absorbing performance will be decreased especially in the cold district of Japan, where the atmospheric temperature descends under -10 degree C. Therefore, we developed a resilient railpad applicable to a cold district. As a result of comparison by the impact load test evaluation, we confirmed that its shock absorbing performance at low temperature is significantly improved as equivalent to that of the conventional railpad product under room temperature.

Key Words : Resilient Railpad, Temperature Dependence, Impact Load Test

1. はじめに

スラブ軌道など直結系軌道では、構造物振動や地盤振動の低減を目的とし、低ばね定数軌道パッドなどの弾性材の採用により、軌道支持系を低ばね化するケースがある¹⁾。これらの弾性材は、一般に合成ゴムなどの有機系高分子材料により構成され、温度によって弾性率が変化する性質(温度依存性)が知られている。

一方、沿線の都市化や列車の高速化が進む地域の中には、亜寒帯に属し、Fig.1の例に示すように冬季の日最低気温が-10℃を下回る地域もある。このような寒冷地では、低温時に弾性部材の弾性率が增加することにより、緩衝性能が十分に発揮できなくなることが懸念される²⁾。

本稿では、-20℃程度の低温下でも緩衝性能が有効に維持できる発泡ゴム系の低ばね軌道パッドを開発し、従来品との比較評価を行ったので、その概要を報告する。

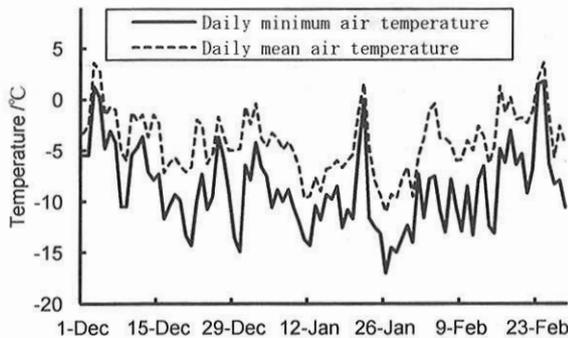


Fig.1 Air temperature in winter season at cold district, Oshamanbe, Hokkaido.

(Japan Meteorological Agency, Dec. 2011-Feb. 2012)

2. 開発の概要

2.1 適用締結装置とばね定数

新幹線のスラブ軌道では、従来の公称ばね定数 60MN/m の軌道パッドに代わり、直結 8 形改(低ばね)締結装置用として、30MN/m の低ばね軌道パッドが採用される機会が増えている。このため、開発する軌道パッドは、適用

締結装置を直結 8 形改(低ばね)とし、長さ 180×幅 140×厚さ 11.5mm(滑材付)、公称ばね定数 30MN/m とした。

2.2 材質と構造

Fig.2 は、材質を検討するために 6 種のゴムシートに対して、平均荷重 12.0kN、加速度振幅 $\pm 100\text{m/s}^2$ で正弦波スイープ加振試験を行った際の動的ばね定数の周波数特性を示している。ここで、6 種のゴムシートとは、素材の検討に用いた CPE(塩素化ポリエチレンゴム)、Q(シリコンゴム)、EPDM(エチレンプロピレンゴム)、BR(ブタジエンゴム)の 4 種の異なる素材と、比較に用いた現行の軌道パッド用の SBR(スチレンブタジエンゴム)、PUR(ウレタンゴム)の 2 種の素材である。ここで、PUR のみが発泡の平板構造で、それ以外は全て無発泡の溝付構造である。一般にゴムなどの粘弾性を有する高分子素材では、速度(周波数)に依存して動的ばね定数が増加する性質(速度依存性)がある³⁾。このため、高速域での動的ばね定数の増加が小さい素材は、衝撃力に対する応答性もよく、緩衝性能が優れることが期待される。

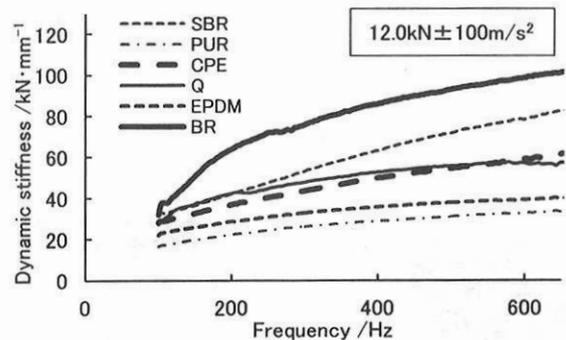


Fig.2 Comparison of frequency characteristics of the dynamic stiffness.

一方、構造と形状に関しては、低ばね化が容易なことや、降雪・結水によって溝が埋まるなどの影響もないことから、現行の PUR 製低ばね軌道パッドにも採用されている内部発泡構造の平板形状が望ましい。さらに、優れ

た機械的強度や物性を得る上では、微細かつ均一な発泡セル構造を形成する必要がある。

これらの点を踏まえ、検討素材の中で高速域での動的ばね定数の増加が最も小さいEPDM系と、現行の軌道パッドにも採用されているSBR系の2種の発泡ゴム素材を用いた平板形状の軌道パッドを試作した。

2.3 仕様

Table 1 に寒冷地向け低ばね軌道パッドの物性仕様を示す。この物性仕様は、現行のPUR製低ばね軌道パッドの経年品調査の結果等を踏まえて提案するものである。

これに加え、寒冷地仕様では、常温での静的ばね定数試験、動的ばね定数試験に加えて、低温での各試験および緩衝性能評価試験を実施する。

この他、軌道パッドとしての性能は、締結装置組み込み時に直結8形締結装置の性能規格を満たすこととする。

Table 1 Foamed EPDM・SBR resilient railpad physical property specification (Draft).

Item	Evaluation item	Unit	Specification (Draft)
Density	Density	—	0.90±0.10
Water absorption	Statics absorption	%	≤5.0
	Dynamic absorption	%	≤5.0
Tensile property	Tensile strength (TS)	MPa	5.0≤
	Elongation at break (EL)	%	100≤
	100% modulus (MD)	MPa	3.0≤ ≤5.0
Heat resistance(70°C)	Retention of TS	%	70≤
Water resistance	Retention of EL	%	70≤ ≤130
Alkali resistance	Retention of MD	%	70≤ ≤130
Oil resistance	Retention of TS	%	—
Heat resistance(100°C)	Retention of EL	%	—
	Retention of MD	%	—
Compression set (50% set)	Appearance inspection	—	—
	Strain	%	—
Compression set (2.4MPa)	Appearance inspection	—	No cracks, no breaks
	Strain	%	≤10.0
Insulation resistance	Dry condition	MΩ	$3.0 \times 10^3 \leq$
	After water immersion	MΩ	$3.0 \times 10^3 \leq$
Fatigue resistance	Appearance inspection	—	No cracks, no breaks
	Strain	%	≤10.0

3. 開発品の低温時緩衝性能

3.1 評価方法

軌道パッドの低温時の緩衝性能は、Fig. 3 に示す締結装置冷却機構を装備した衝撃応答実験装置を用いて評価した⁴⁾。開発品および現行の無発泡SBR（公称ばね定数28MN/m）および発泡PUR（公称ばね定数30MN/m）について、重錘落下時の衝撃応答のレール圧力の最大値を測定し、レール圧力が小さいほど緩衝性能が高いとして、緩衝性能を相対評価した。

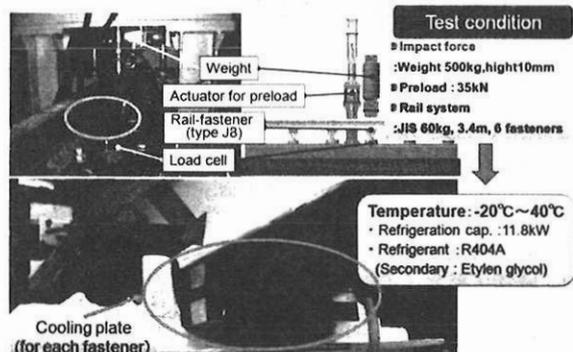


Fig.3 Impact test equipment with fastener cooling system.

3.2 結果と考察

Fig. 4 に衝撃応答のレール圧力と温度の関係を示す。現行品（無発泡SBRと発泡PUR）に対し、発泡SBRと発泡EPDMは20°C以下の温度でもレール圧力の増加は小さく、低温域での緩衝性能の向上が認められる。

発泡EPDMは、-20°Cでは20°Cの約2倍となる75kNのレール圧力が生じるが、無発泡SBRと比較すると約1/2の値に留まり、低温時の緩衝性能が大幅に向上した。一方、発泡SBRのレール圧力は約100kNとなり、従来品の発泡PURとほぼ同等の結果であった。ただし、-10°Cと比較すると、開発品はどちらも約60kNと発泡PURよりも約25%低温時の緩衝性能が向上することを確認した。

Fig. 5 に-20°Cにおけるレール圧力とレール変位の関係を示す。無発泡SBRでは、重錘落下時のレール圧力の立ち上がりが大きく、ばね定数は公称値の約6倍となるのに対し、発泡EPDMでは約2.6倍に留まった。

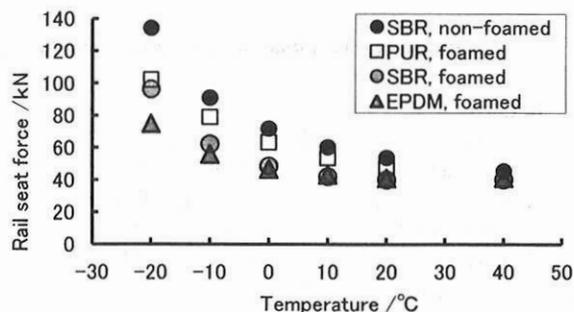


Fig.4 Temperature dependence of the rail seat force.

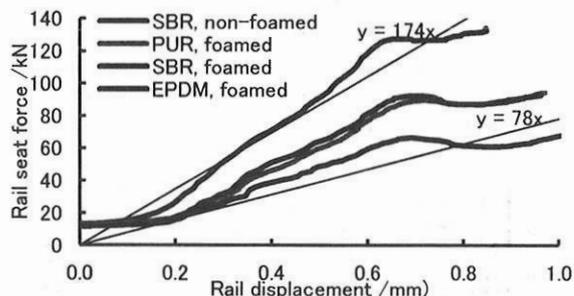


Fig.5 Rail seat force/rail displacement curve at -20°C.

4. まとめ

低ばね軌道パッドの低温時における緩衝性能を向上させる目的で、発泡SBR製および発泡EPDM製の2種の低ばね軌道パッドを試作した。低温時の緩衝性能を評価した結果、発泡EPDMでは-20°C、発泡SBRでは-10°Cまでの低温時の緩衝性能が向上することを確認した。

参考文献

- 横山秀史他：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
- 鈴木実他：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
- 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.
- 鈴木実他：重錘落下試験による軌道パッドの衝撃応答特性評価，鉄道総研報告，No.4，Vol.22，2008