

低温下における軌道パッド緩衝性能の検討

○ [土] 鈴木 実 [機] 佐藤 大吾

[機] 間々田 祥吾 [機] 半坂 征則 (鉄道総研)

A study on the buffering performance of resilient rail pads at low temperatures

○ Minoru Suzuki, Daigo Sato

Shogo Mamada, Masanori Hansaka (RTRI)

The buffering performance of resilient rail pads is not well-known especially at low temperatures, although it has attracted attention as one of the countermeasures of noise and vibration on railways. An impact load test was carried out on resilient rail pads using a test apparatus equipped with a cooling system for rail fasteners. The results show that the buffering performance of rail pads decreases with lower temperatures. The influence of the temperature on the impact load is highly dependent on the material and shape of the rail pads.

キーワード：軌道パッド、低ばね、緩衝性能、温度影響、衝撃荷重、低温特性

Key Words : resilient rail pad, buffering performance, temperature dependence, impact load, cold property

1. はじめに

鉄道の高速化と多頻度運行は利用者の利便性を高める一方、騒音振動レベルを一定水準以下に維持することが課題となり、多くの対策が講じられている。その中の一つに軌道パッドの低ばね定数化による振動低減対策がある。スラブ軌道などの既設の直結系軌道では、比較的施工が容易な低ばね定数軌道パッドによる対策があり、レール・車輪間に発生する鉛直方向の衝撃的な接触力を抑制する効果により、構造物振動や固体振動音を低減する効果が期待される。しかしながら、合成ゴムなどの高分子素材から構成される軌道パッドは、非線形性、荷重・速度依存性、温度依存性などの無機系素材にはみられない特徴も加わり、緩衝材料としての性能評価が難しい部材といえる。

これまでに、非線形性、荷重・速度依存性に関しては衝撃実験装置を用いて、これらの特性を加味した緩衝性能評価を行ってきたが、温度依存性に関しては考慮していなかった¹⁾。そこで、本報では、衝撃実験装置を改良し、特に衝撃応答に不利であることが予想される低温下での緩衝性能を調べたのでその結果について報告する。

2. 軌道パッドの圧縮特性

2.1 非線形性

軌道パッドの性能を示す代表的な物性値として静的ばね定数がある。一般にこの定数は静的圧縮変形試験により得られる圧縮変形曲線の往路 10~50kN 区間の傾きから求め

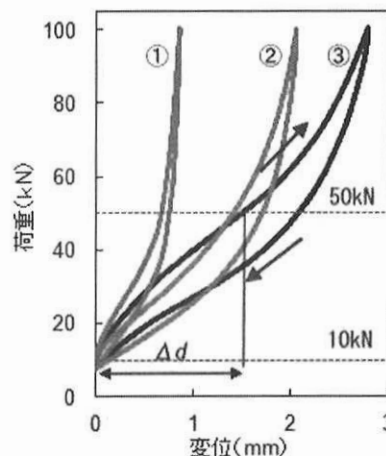


図1 軌道パッドの静的圧縮変形特性

られる。図1の例では、静的ばね定数は①~③の順に小さい。しかしながら、約30kN以下の領域では②と③の傾きは逆転し、10~50kN区間のばね定数が最も小さい③の剛性は②よりも大きくなるこ

とがわかる。このように、非線形性を有する軌道パッドでは、評価する荷重区間によって剛性が変わる性質がある。一方、実際の軌道では、荷重分散や列車速度などの要因も加わり、軌道パッドに作用する力（レール圧力）も変化するため、軌道パッドの緩衝性能をより的確に評価するためには、荷重条件も考慮する必要がある。

2.2 温度依存性

高分子系素材では、-30~70℃付近に弾性率が指数関数的に大きく変化するガラス転移点があり、この近傍では温度に対して静的ばね定数も大きく変化する。図2は、異なる二つの素材、SBR（スチレンブタジエンゴム）と発泡

PUR (ポリウレタンゴム) から構成された軌道パッドの静的ばね定数の温度特性である。図の例に示すように、低温ではいずれの材質もばね定数が高くなる傾向が見られるが、PUR の温度依存性は SBR よりも高く、0℃以下の低温の領域ではばね定数が顕著に増加することがわかる。

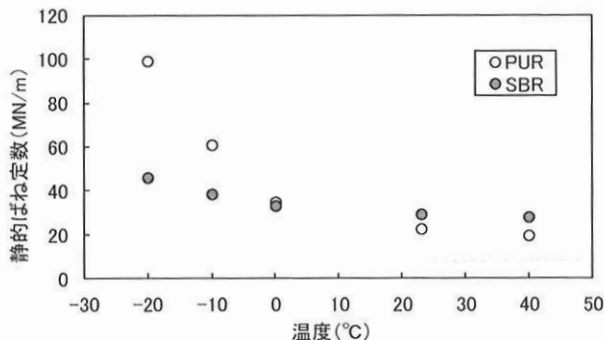


図 2 低ばね軌道パッド静的ばね定数の温度特性

3. 低温下における緩衝性能評価

3.1 評価方法

衝撃実験装置^{1,2)}の直結 8 形締結装置内の 2 枚のアルミニウム合金製冷却プレート間に供試軌道パッドを挿入し、全体を直結 8 形締結装置の規定トルク 60N・m で締め付けた。この状態で冷却プレート内部にエチレングリコールの冷媒を循環させた。軌道パッドが内部まで恒温となるよう一定時間静置した後、重錘 500kg を高さ 10mm から落下させることにより衝撃加振し、締結装置下部に設置した荷重計で衝撃的なレール圧力を計測した。このレール圧力が低いものほど緩衝性能は高いものと評価した。また、このときのレール圧力と軌道パッド変位の各最大値から衝撃応答時のばね定数を算出した。

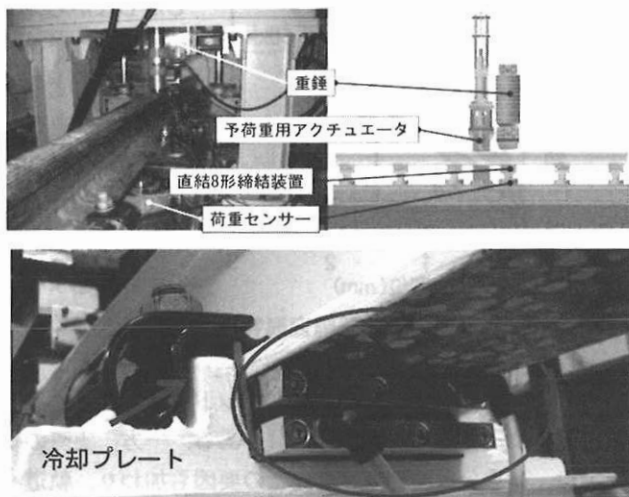


図 3 衝撃実験装置 (図上) と内部に冷却プレートを組み込んだ直結 8 形締結装置 (図下)

3.2 供試体

緩衝性能評価に用いた供試体は、図 2 に例示したものと同一現行材質の軌道パッドとした。

- ① SBR : SBR 製溝付形状 (ステンレス鋼板付), 公称ばね定数 28mm/m, 寸法 180×140×12mm

- ② PUR : 発泡 PUR 製平板形状 (ステンレス鋼板付), 公称ばね定数 30MN/m, 寸法 180×140×10mm

3.3 結果と考察

衝撃応答のレール圧力は、図 4 に示すようにいずれの供試体も図 2 の静的ばね定数と同じく温度依存性を示し、低温で増加する傾向がみられた。しかしながら、増加の度合いは SBR が PUR を上回り、先述の例とは異なる結果が得られた。次に、この関係を図 5 に示す衝撃応答のばね定数でみると、SBR は -20℃において公称ばね定数の 10 倍以上に相当する増加を示した。この要因としては、非線形性や荷重・速度依存性の影響に加えて、引張弾性率や反発弾性率などの物性の温度依存性も複合的に作用したことが推察される。このため、結果的に静的な応答に比べて、材質や構造の違いがより強く反映したことが考えられる。以上の結果等を踏まえると、現行材質の軌道パッドでは低温下において緩衝性能は大幅に低減する傾向が明らかとなった。

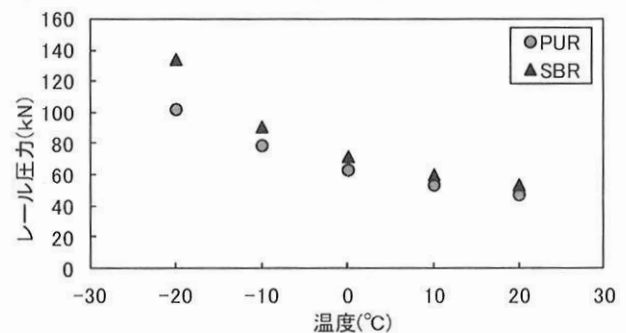


図 4 衝撃応答のレール圧力と温度の関係

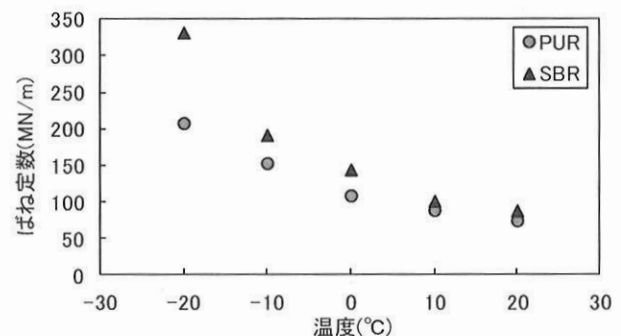


図 5 衝撃応答のばね定数と温度の関係

4. まとめ

冷却機能を付加した衝撃実験装置を用いた衝撃応答試験の結果、緩衝性能に対する温度依存性の影響が明確に示され、現行材質の軌道パッドでは低温時に緩衝性能が低減する傾向が示された。

参 考 文 献

- 1) 鈴木実, 半坂政則, 間々田祥吾, 矢口直行: 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
- 2) 鈴木実, 弟子丸将: 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, 素解析, IV-102, 2013.