

新幹線スラブ・バラスト境における軌道パッド劣化の影響

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○小木曾 清高
 東日本旅客鉄道(株) 村上 敏明
 東日本旅客鉄道(株) 沼倉 明夫

1. はじめに

近年、当社の新幹線バラスト区間では特定区間で繰返し軌道整備が実施され、軌道管理上の弱点となっている。整備回数はスラブ・バラスト境・分岐器・EJ で顕著であり、解消のため道床交換等を進めているが、東北新幹線新青森開業時の高速化を目前に控え、他の材料も経年劣化による交換が必要と考えられる。そこで本検討では、新幹線のスラブ・バラスト境を対象に、繰返し整備箇所材料劣化に伴う軌道状態について、主に軌道変位進みとレール支点支持ばね係数との関係に着目した。中でも、軌道パッドは軌道のばね系を変化させる材料ながら交換基準等が確立されていないことから、交換前後の軌道状態変化を把握することで、経年劣化に伴う計画交換の有効性について検討を行った。

2. 軌道パッドの効果と低弾性パッド化

(1)高低変位抑制への活用について: 軌道パッドは、ゴムの振動減衰特性によってレール支点支持ばね係数を変化させる性質がある。これを計算すると、図-1 に示すようにパッドばね係数の変化で軌道のばね系全体が硬化するため、経年劣化したパッドは計画的に交換する必要がある。軌道パッドの硬化は一般に、15年程度で新品の約2倍となることがわかっている¹⁾が、最近では一部で低弾性軌道パッドを採用している。特に、図-2 のようにスラブ・バラスト境前後の各25m間で通常(60MN/m)よりも低弾性の軌道パッド(スラブ 30MN/m, バラスト 40MN/m)を敷設し、スラブ区間とバラスト区間のレール支点支持ばね係数の差を低減させる手法は、これまで約10年の使用実績がある。軌道変位抑制効果がある²⁾ため、整備回数が多い箇所を導入してきたが、今後パッド交換の必要性が生じるため、検討対象とした。

(2)低弾性軌道パッドの劣化状況: 低弾性パッドは比較的最近の材料であるため、過去に発生品の劣化状況を調査した例が殆どなかった。そこで最初に、管内敷設箇所のパッドについて劣化状況を調査した。発生品は、明かりおよびトンネル区間のスラブ・バラスト境から、それぞれスラブ側とバラスト側の低弾性パッドを採取した。まず、外観からへたりを判断可能なパッド厚を測定したところ、おおむね新品(10mm)より±0.5mmの範囲であった。次に、軌道パッドばね定数の測定結果を図-3に示す。ばね定数はスラブ用ではいずれも35~38MN/m程度に留まり、なお低弾性を維持しているが、バラスト用では明かり区間・敷設7年で68MN/mで新品の約1.7倍に硬化し、低弾性効果が失われていることがわかった。

(3)軸箱振動加速度による効果の確認: 軌道状態を把握する手法として、East-iで年4回測定されている軸箱振動加速度(低周波:30Hzローパス)を活用した。この低周波チャートは、主にマクラギの不陸・スラブのあおり等、軌道状態悪化のタマゴの把握に用いられている指標である。これを用いて通常パッドから低弾性化したスラブ・バラスト境2箇所について、硬化し

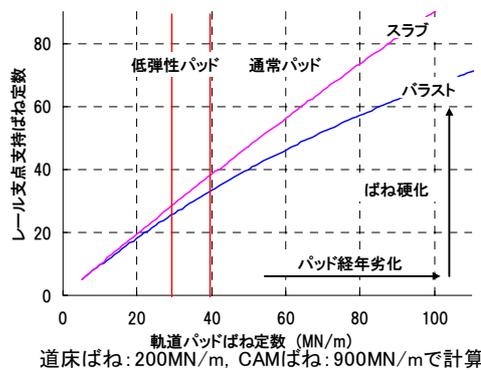


図-1 軌道パッド硬化によるレール支点支持ばね係数の変化

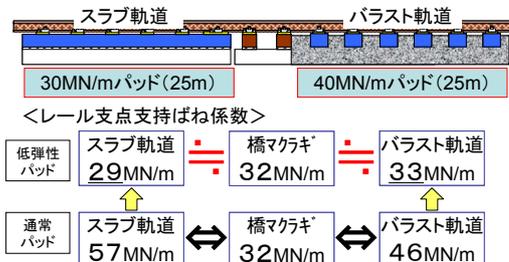


図-2 低弾性パッドの敷設位置とばね係数変化(パッド新品時)

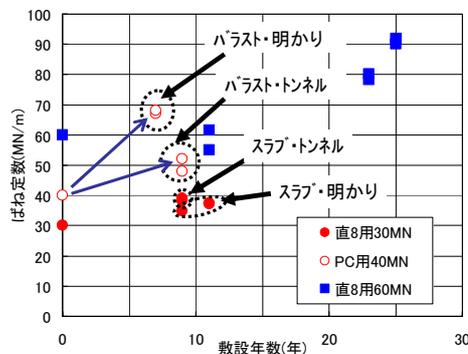


図-3 軌道パッド経年劣化試験結果(寒冷地、年間通トン約700wt)

キーワード 新幹線, スラブ・バラスト境, 軌道パッド, 軸箱振動加速度, 輪重測定

連絡先 〒020-0034 岩手県盛岡市盛岡駅前通1-41 東日本旅客鉄道(株)盛岡支社設備部施設課 TEL019-625-4063

た低弾性パッドを交換したと想定し、交換前後各 2 年間の低周波(g)最大値と軌道変位の関係を図-4 のようにプロットして比較したところ、低周波(g) はどちらも徐々に大きくなるものの、低弾性化後はつき固め後の軌道変位進みが抑制された。また、低周波(g)が当社における暫定整備目標値 2.0g に達した場合でも、10m 弦高低変位を 2mm 以内に抑制していることがわかった。このことより、低弾性化はマクラギの不陸が生じた場合でも、ある程度道床沈下への影響が軽減されていると推測される。

3. 軌道パッドによる動的軌道状態への影響

(1)測定方法(輪重): パッド交換前後の動的状態の変化を検討するため、輪重測定を実施した。測定箇所は東北新幹線明かり区間のスラブ⇄バラスト境(H9 年 40MN/m 低弾性パッド敷設, 交換前のパッドばね係数 68MN/m)とし、図-5 のようにスラブ・バラスト境からバラスト側の 3 点に測点(No.1~No.3)を設けた。測定方法はせん断ひずみ法を用い、交換前後で計 2 回測定した。なお、純粋にパッドの影響を検証するため、つき固め等は実施していない。分析には、電車線および軌道回路等に起因する各種ノイズをカットするため、サンプリング周波数 2kHz のソースデータを 60~200Hz バンドパスフィルタ処理したものを用いた。

(2)輪重測定結果: 測定の結果、輪重変動はパッド交換前では No. 1 を 100 とすると No.2 で 133, No.3 では 102 となり、スラブ・バラスト境から 1m 付近となる No.2 で大きな輪重が発生していた。この位置は、スラブ・バラスト境近傍で 10m 弦高低変位が最大になる点とほぼ一致し、この点で列車荷重による衝撃が大きいことが軌道変位の原因と推測される。それが交換後は同様に No.1 を 100 とすると、No.2 で 110 まで変動幅が減少し、No.3 は 98 で殆ど変化しなかった。結果、図-6 のようになり、交換前と比較して No.2 のみ輪重が約 12%低減されていることがわかった。

(3) 輪重変動による軌道変位への影響: 軌道パッド交換箇所は長期間低弾性化されていたことで道床が安定している箇所であったため、4 ヶ月後においても高低変位は殆ど変化していない(施工前後とも-2mm 前後で推移)が、軌道破壊理論における沈下進み(β)および道床振動加速度(γ)式に当てはめると、 $\beta \propto Pt \cdot \ddot{y}$, $\ddot{y} = \alpha \cdot \Delta Pr / M$ (Pt:マクラギ下面圧力, Pr:レール圧力, M:支持体質量, α:係数)より、Pt, Pr は輪重に比例するため、βは輪重の 2 乗に比例すると推測される。これに今回の輪重変化を適用すると、No.2 では交換後に道床沈下を約 23%抑制させていることとなる。一方で、No.3 では全く変化しなかったため、交換後の輪重による道床沈下への影響は小さいと考えられる。

4. まとめ

本研究から、スラブ・バラスト境における軌道パッドの影響で明らかとなったことを以下に示す。

- ① 低弾性軌道パッドの硬化はスラブ区間では敷設環境(明かり・トンネル)に依存せず、バラスト区間では明かり区間の方が硬化が早い(敷設 7 年で約 1.7 倍)。
 - ② 軌道パッドの低弾性化により、軸箱加速度(低周波)が大きくなっても、高低変位を抑制する傾向がある。
 - ③ スラブ・バラスト境近傍では、劣化した軌道パッドの交換でバラスト端より直近1m程度の輪重変動を抑制できる。
- このうち、①については通常パッドでも同じゴム製品であるため同様の傾向があると考えられ、敷設環境を考慮して交換計画を策定する必要がある。また、③の結果から算出した計算上の軌道変位抑制効果は、引続き追跡調査を行っていく。

<参考文献>

1) 高原清介 著:新軌道材料, pp. 383
 2) 村上敏明, 出口真吾:低弾性パッドの効果の研究, 新線路, 第 53 巻, 第 1 号, pp. 45-48, 1999

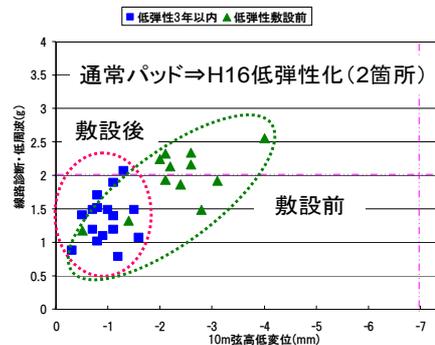


図-4 低弾性パッド化前後の

軸箱加速度(低周波)と高低変位の関係

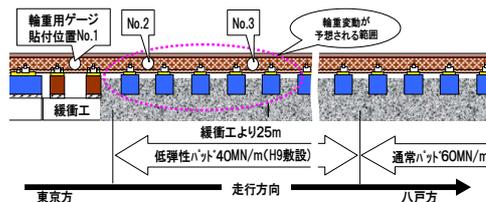


図-5 輪重測定位置

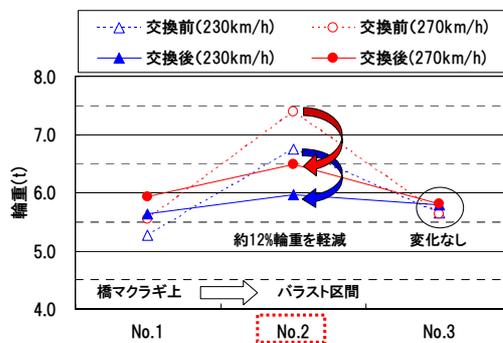


図-6 パッド交換前後の輪重変動

(E2 系, 各 2 列車平均)