

列車荷重による軌道支持剛性の経時変化に関する基礎的検討

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 伊藤孝記 中村貴久 村本勝己
株式会社 東京測器研究所 非会員 佐野禎

1. はじめに

鉄道のバラスト軌道は、列車の繰返し荷重によって沈下が生じるため、定期的に線形を検測し、必要に応じてタイタンパーやマルチプルタイタンパー（以下、MTT）等によって軌道補修が行われている。軌道補修後の品質管理は、施工後のレールの仕上り線形によって行われており、バラストの強度や締固め密度等の力学的な管理は行われておらず、バラストの締固め具合は作業者の技量に依存しているのが現状である。そこで、鉄道総研では、軌道補修の高品質化を目的とし、小型 FWD^{1), 2)} (図 1) (以下、FWD) を用いた軌道補修後の力学的な施工管理方法 (以下、軌道支持剛性評価方法) の開発を進めている³⁾。

本報では、FWD を用いて測定した営業線における軌道補修前後の軌道支持剛性の経時変化について報告する。

2. 軌道支持剛性評価法の概要

本評価法に用いる評価指標は、図 2 に示す位置にて、FWD を用いた試験から得られる荷重-変位曲線 (図 3) より、最大荷重 P_{max} を最大変位 D_{max} で除したまくらぎの支持ばね係数 (以下、 K_s) を用いることとした。本評価法では、軌道補修前後の各まくらぎの K_s の分布と経時変化を評価するものである。なお、この K_s は、軌きょう状態での測定であることから、バラストの剛性だけでなく、路盤剛性、レールの曲げ剛性、締結装置等の影響が含まれており、その内訳については、現在、分析を進めている。

本評価法に FWD を選定した理由は、既往の研究^{3) ~ 5)} より、まくらぎの支持状態 (つき固め状態含む) によって、 K_s が異なるという事前検討の結果が得られたためである。

例えば、図 3 に示すように、まくらぎの支持状態が良い場合は荷重-変位曲線は弾性的な応答を示し、 K_s は大きくなる。これに対して、浮まくらぎ状態やバラスト・路盤剛性が不十分である等、まくらぎの支持状態が悪い場合には、荷重-変位曲線のヒステリシスが大きくなり、 K_s が小さくなる。

また、図 4 に示す応答変位遅延時間 (以下、 T_D) によって、現在のまくらぎの支持状態を把握することができる。すなわち、 T_D が小さい場合は、まくらぎの支持状態が良く、逆に、 T_D が大きい場合は、まくらぎの支持状態が悪いと考えられる。

3. 営業線における軌道支持剛性測定試験

測定を行う箇所は、60kg レールの複線ロングレール区間で、試験を行ったのは盛土区間から無道床区間に向かって列車が走行する構造物境界部である。測定は、盛土区間の PC まくらぎ 35 本、無道床区間の合成まくらぎ 1 本の計 36 本とし、補修前、補修直後、補修後 1 週間、1 ヶ月、4 ヶ月の各時期に、軌道支持剛性測定試験および検測車両による軌道検測を行った。本試験結果において、まくらぎ両端部ともに概ね一致する結果が得られたことから、本報ではまくらぎ左端部の結果を示す。



図 1 FWD を用いた軌道支持剛性測定試験の状況

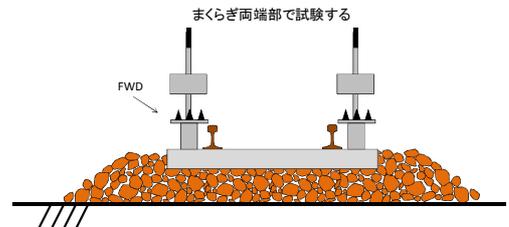


図 2 試験位置の概要

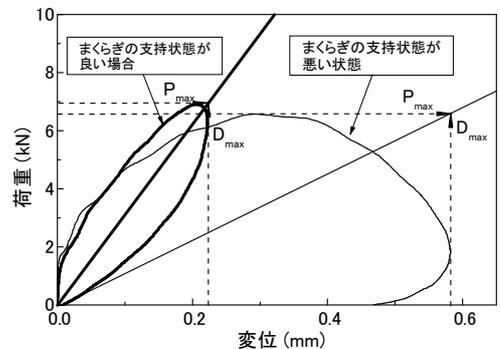


図 3 まくらぎ支持ばね係数 K_s (一例)

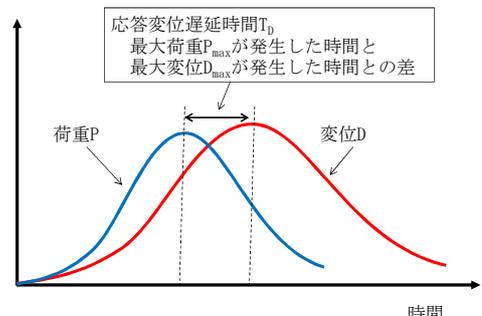


図 4 応答変位遅延時間 T_D (一例)

キーワード：小型 FWD、軌道支持剛性、まくらぎ支持ばね係数、応答変位遅延時間

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 軌道・路盤 tel 042-573-7276

図5に、 K_s の分布および軌道高低変位を示す。補修前と補修直後の K_s の分布を比較すると、全体的に補修前よりも補修直後の K_s は増加する傾向がみられる。その後の経時変化に着目すると、補修後4ヶ月経過しても軌道変位は大きな変化が無いにも関わらず、 K_s は全体的に減少する傾向を示し、補修前の分布形状に概ね近づく傾向が確認された。特に、位置0m~12mの盛土一般部においては、軌道変位がほとんど変化していないにも関わらず、 K_s の分布形状は時々刻々と変化していることがわかる。

図6に、 T_D の分布および軌道変位を示す。補修前における軌道変位と T_D の分布形状は、傾向が概ね一致していることがわかる。補修直後の T_D の分布に着目すると、軌道補修を行うことで、全てのまくらぎにおいて T_D は小さくなり、1.5msec程度に均一化している。これは、MTTの補修によって、まくらぎの支持状態が改善し、均一化していることを示している。

その後の経時変化に着目すると、 K_s の分布形状と同様に、補修前の T_D の分布形状に近づく傾向がみられる。ただし、構造物境界部付近だけでなく、5m付近の位置においても T_D は徐々に大きくなっており、今後の軌道変位の変化と相関するかどうか検証を進める必要がある。

4. まとめ

MTTによる軌道補修の直後は、 K_s は基本的に増加することがわかった。また、軌道変位進みに関わらず、 K_s の分布は刻々と変化し、最終的には補修前の K_s の分布形状に近づくことがわかった。

T_D については、軌道変位が大きい箇所で大いなる値を示し、補修前の T_D の分布形状に近づく傾向があることがわかった。ただし、軌道変位がそれほど大きくない箇所でも T_D が大きくなる箇所がみられることから、追跡調査を継続する予定である。

今後、本評価法について、様々な線区や軌道補修条件下でデータを収集・分析し、バラスト軌道補修の品質管理に適用する予定である。

謝辞

本試験を行なうにあたり、東日本旅客鉄道株式会社テクニカルセンターにご協力いただいた。ここに感謝の意を表す。

<参考文献>

- 1) 舗装工学委員会編：FWDおよび小型FWD運用の手引き，土木学会，2002.
- 2) (財)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，2007.1
- 3) 伊藤，中村，村本，佐野：FWDを用いた軌道支持剛性に関する基礎的検討，第48回地盤工学会研究発表会，2013.7
- 4) 武井，三枝，河村，阿部：鉄まくらぎの突き固め効果について，土木学会第52回年次学術講演会，1997.9
- 5) 宮本，上浦，三枝，阿部：新設軌道におけるバラスト道床強度の変化の推移，土木学会第53回年次学術講演会，1998.10

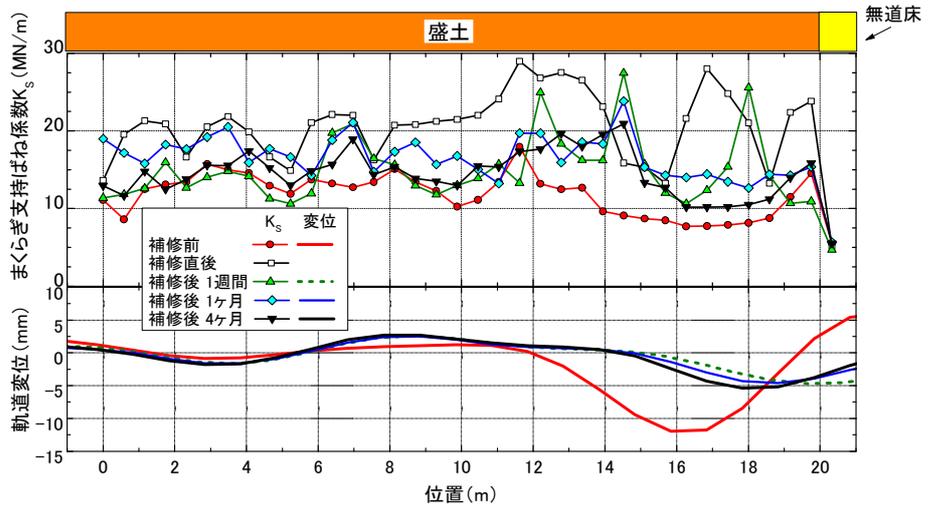


図5 K_s の分布の経時変化(まくらぎ左端部)

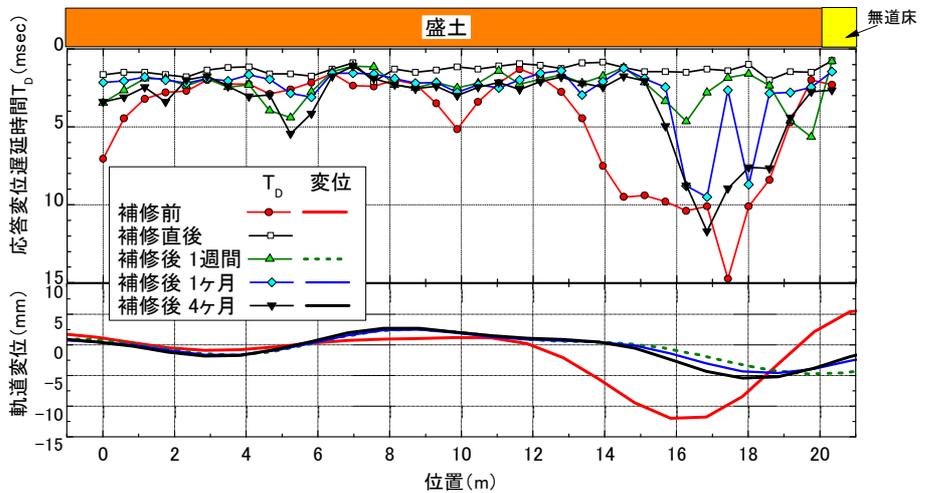


図6 T_D の分布の経時変化(まくらぎ左端部)