

## バラスト軌道における保守多投入箇所 の効率的な管理方法の検討

下野 勇希\* 山口 義信 (西日本旅客鉄道株式会社)

田中 博文 木村 寛淳 (鉄道総合技術研究所)

Examination of efficient management method for high frequency maintenance part on the ballasted track

Yuuki Shimono\*, Yoshinobu Yamaguchi, (West Japan Railway Company)

Hirofumi Tanaka, Hiroatsu Kimura, (Railway Technical Research Institute)

On the ballasted track, the frequency of the track maintenance has partially increased because of sudden progress of the track irregularity. To specify this cause, we examined the detection technique for using a measured data on the track inspection car, for example the asymmetrical chord offset data and axle-box acceleration. In this study, we compared with the on-board measured data and the track deterioration on the site. As a result, the loose sleeper in the structure boundary and the influence of the track maintenance caused the rapid advancement of the track irregularity. In addition, the track irregularity has progressed to the running direction of the train.

キーワード: バラスト軌道, 軌道狂い進み, 浮きまくらぎ, 復元原波形, 偏心矢, 軸箱加速度

(Keywords: ballasted track, track irregularity advancement, loose sleeper, restored track irregularity, asymmetrical chord offset, axle-box acceleration)

## 1. はじめに

山陽新幹線における線路つき固め作業は、大型機械のマルチプルタイタンパ (以下、「MTT」とする) による計画的な修繕とタイタンパー (以下、「HTT」とする) による発生修繕のコストの合計が、ある軌道状態 ( $\sigma$  値) を維持する場合に最小となるよう、MTT 投入する箇所 (ロット) を統計的な軌道状態別の発生修繕頻度や軌道復元効果等の特性を用いて選定している。軌道狂い進みが標準的なロットと比較して特に早く、線路保守が多くなる箇所 (以下、「保守多投入箇所」とする) は、この手法が適用できず、非効率的な保守とならざるを得ない。

そこで、保守多投入箇所となっている要因を効率的に把握し、必要な対策を施すことが出来れば、前述した手法が適用でき、更なる線路保守の効率化や保守コストの削減が実現できることになる。

この発生要因を効率的に把握する手法として、電気・軌道総合試験車 (以下、「試験車」とする) により測定している軌道狂い偏心矢データ及び軸箱加速度を用いて抽出することを検討している。

本稿では、保守多投入箇所での軌道狂い偏心矢データ及び軸箱加速度と現場状態を対比し、その発生傾向の分析を行っているのでその内容の一部を報告する。

## 2. 分析に用いるデータ

## 2-1. 軌道狂い偏心矢データ

現在、試験車による軌道狂いの測定は、偏心矢法による測定が行われており、10m 弦正矢法では捉えることのできない波長 5m 等の短い波長の軌道狂いの検出が可能である。既往の研究<sup>3)</sup>によると、軌道 (高低) 狂い進み急進箇所の予兆管理は、5m 弦高低狂いを用いることが有効である可能性を明らかにしており、本検討において 10m 弦高低狂いの指標に加え、5m 弦高低狂いも活用する。また、高低狂い形状の特性を把握することを目的として、復元原波形を用いることとし、復元波長域は 3~25m とした。

一方、高低狂い進みに影響を与えられ、浮きまくらぎ箇所の検出方法<sup>2)</sup>として、高低検測差を用いた。

## 2-2. 軸箱加速度

軸箱加速度では、前述した 5m 弦高低狂いよりも短い波長の高低狂い (短波長高低狂い) を評価することを目的とする。また、既往の研究<sup>3,4)</sup>から、軸箱加速度により、浮きまくらぎや道床の状態を評価できる可能性があることが示されており、今回の分析では、表-1 に示す波長 (空間周波数) 帯域において分析を行うこととした。

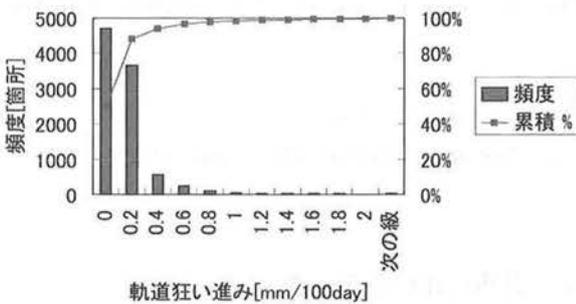
3. 現場調査箇所を選定

保守多投入箇所での現場調査を実施するにあたり、山陽新幹線バラスト区間全線における、100日あたりの高低狂い進み(ロット別)を算出し、2σ発生確率超過箇所を「保守多投入箇所」とまず定義した。図-1に100日あたりの高低狂い進みのヒストグラムを示す。2σ発生確率は0.761mm/100日で、ロット数300箇所であった。なお、保守実績の回数等を考慮し、保守多投入箇所を定めることも検討できるが、各線区における保守投入の考え方の相違から、今回の方法とした。

また、分岐器やEJ区間等を含む駅構内については、分析対象からは除外した。

表-1 軸箱加速度の用いる波長帯域

フィルタ名称	遮断周波数[1/m]	
BPF1-2m	0.500	1.000
BPF2-5m	2.000	0.500



※100日あたりの軌道狂い進みは、2009年6月～2009年9月のデータにより算出した。

図-1 100日あたりの軌道狂い進みヒストグラム



図-2 軌道狂い進みを早める要因の割合

4. 分析結果

4-1.全体の傾向

現場調査は、2009年10～11月に実施し、前述した保守多投入箇所のうち、無作為に抽出した26箇所の現場調査を実施した。なお、抽出した26箇所は全て2σ発生確率を超過している。調査結果と軌道狂い偏心矢データ及び軸箱加速度との対比を行った結果、高低狂い進みが早まる要因は図-2に示す、「保守作業との関連」「構造物境の影響」「道床不良の影響」により発生していることを確認した。

以下、確認した具体的な傾向について記す。

4-2.保守作業との関連

図-3に、保守作業に関連し高低狂い進みが早まった箇所における10m弦高低狂いの推移を示す。この箇所では、約30ヶ月の間、MTTを2回投入し、HTTによるむら直しを1回投入している。各々の作業後の高低狂い波形を図-4に示す。作業後の仕上がり確認は10m弦高低狂い値により実施し仕上がり基準値内であるが、MTT②の作業後は、波長5m程度の高低狂いが残存していた。図-5の復元原波形において、波長5m程度の高低狂いが、列車の通過に従い、列車進行方向に波長が拡大し、高低狂いの振幅値が進展している傾向が確認できる。

現在、当社ではMTTの仕上がり品質の更なる向上を目的とし、復元原波形を用いた整備手法の確立等の検討を進めている。このような高低狂いを残存させないような施工方法を確立させることも対策の一つと考える。

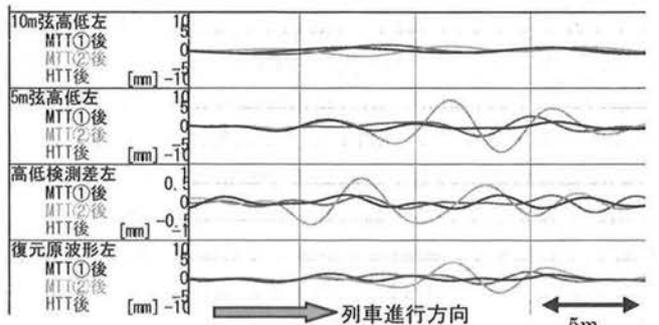


図-4 保守作業後の高低狂い比較

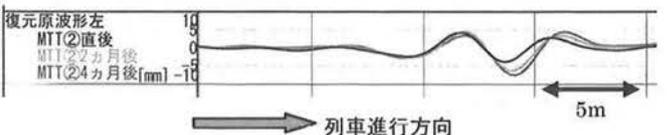


図-5 高低狂いの進展

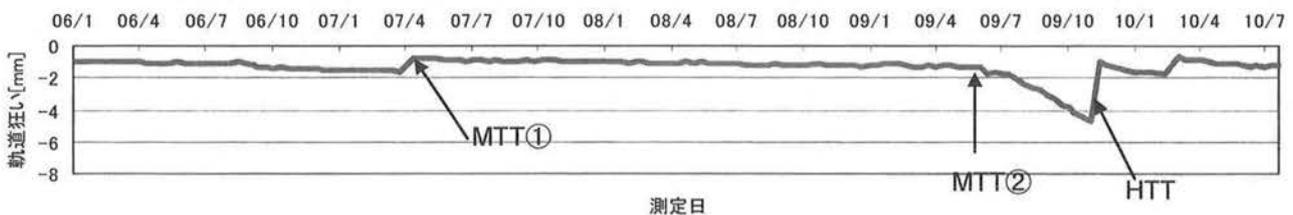


図-3 保守作業に伴う10m弦軌道狂い推移の一例

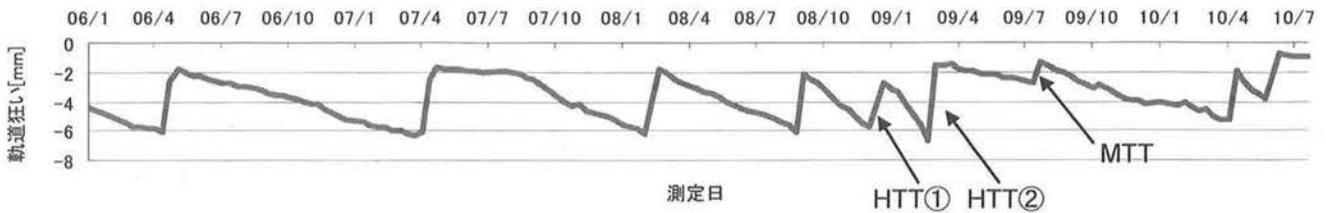


図-6 構造物境における10m弦高低狂い推移の一例(構造物境①)

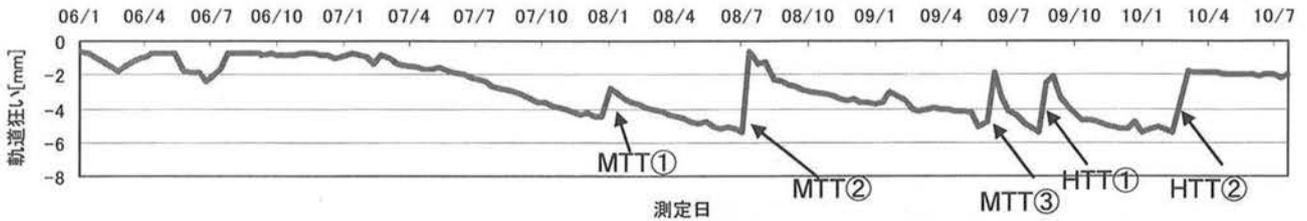


図-8 構造物境における10m弦高低狂い推移の一例(構造物境②)

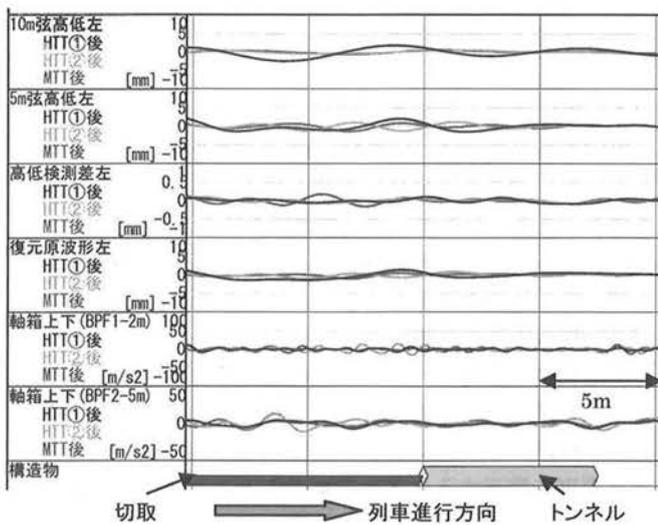


図-7 保守作業後の高低狂い及び軸箱加速度の比較 (構造物境①)

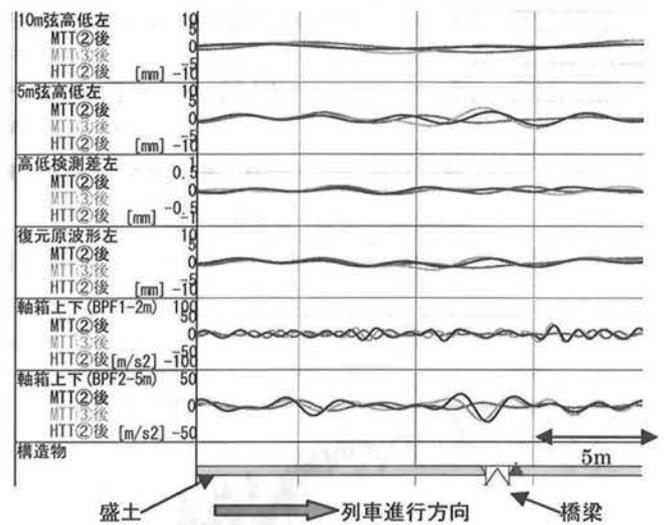


図-9 保守作業後の高低狂い及び軸箱加速度の比較 (構造物境②)

4.3. 構造物境の影響

今回の現場調査では、バラスト軌道とスラブ軌道の境や高架橋ジョイント箇所等において、高低狂い進みが早まる箇所も存在した。このような箇所の高低狂いの推移を図-6に示す。この箇所は、トンネルと切取の境であるが、1~3回/年の保守作業を行っている。図-7は、保守作業後の高低狂い及び軸箱加速度であるが、前述したような保守作業後の傾向は確認されない。このような構造物境では、軌道支持ばね状態が急激に変化することで、著大な輪重変動が発生し軌道沈下が促進されると考えられる。

一方、図-8は、土路盤と橋梁の境により保守多投入箇所となった箇所の高低狂いの推移を示す。図-9はその箇所における保守作業後の高低狂い及び軸箱加速度であり、MTT施工後は僅かながら残留狂いが認められ、HTT②によるむら直しによりそれが解消され、軸箱加速度(BPF2-5m)の良化と高低狂い進みが良化する傾向が確認された。

構造物境における対策としては、急変する軌道支持ばねを措置する方法の他、補修方法の工夫も効果がある可能性が考えられる。

4.4. 道床不良の影響

現場調査の際、現場の道床掘り返しにより、まくらぎ直下でのバラスト固結が確認された箇所の高低狂いの推移を図-10に示す。2008年7月にロットσ値が保守投入の基準に達しMTT施工を実施した。その結果、高低狂い進みが悪化し、2010年1月に道床部分修繕が行われ高低狂い進みが改善された。また、道床部分修繕前後の高低狂い及び軸箱加速度の波形を図-11に示す。道床部分修繕施工前の5m弦高低狂いや高低検測差、軸箱加速度(BPF1-2m)ともに、連続的に振幅が大きい傾向が確認できる。この傾向により道床不良をロット標準偏差により定量的に評価することも考えられるが、適正なロット長の決定、評価閾値の設定等、

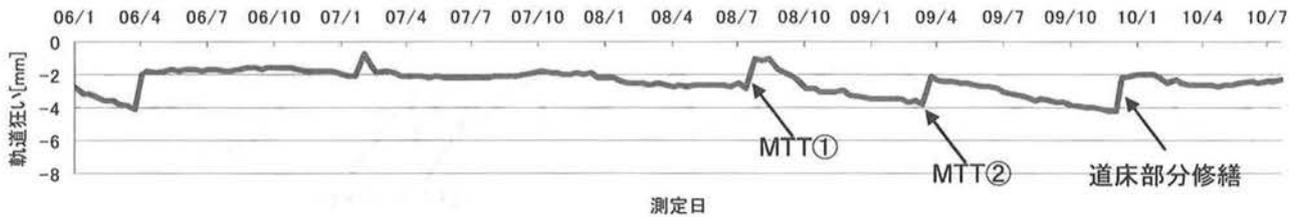


図-10 道床不良箇所における 10m 弦高低狂い推移の一例

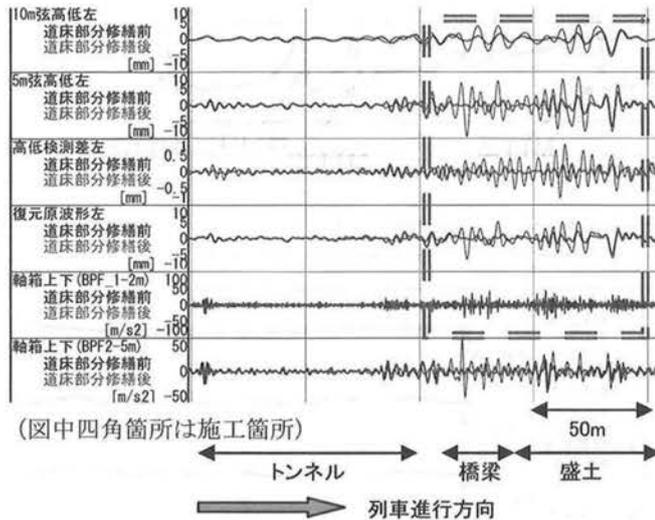


図-11 道床部分修繕前後の高低狂い及び軸箱加速度の比較

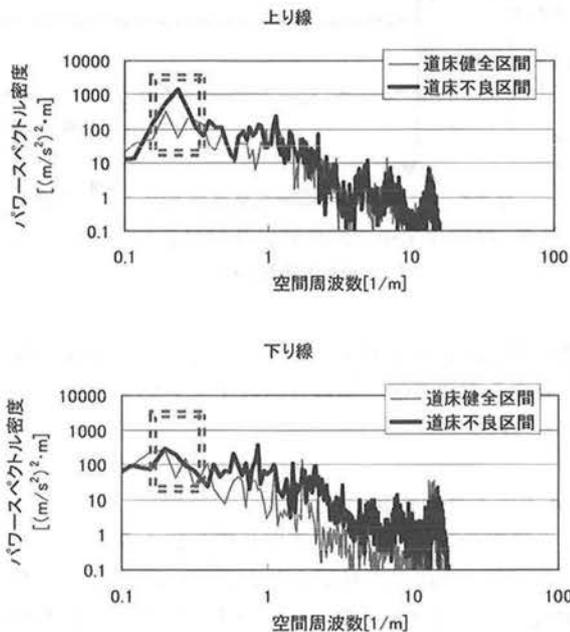


図-12 道床不良区間と健全区間における軸箱加速度のパワースペクトル

検討する内容は数多く、今後分析数を増やし、分析の深度化を図りたい。

また、今回確認した道床不良箇所と他区間（高低狂い進みが大きくない道床健全区間）の軸箱加速度のパワースペクトルを図-12に示す。道床不良箇所において、空間周波数

0.23-0.24[1/m]において周波数が卓越することが確認できる。なお、この傾向は上り線のみであり、下り線では同様の傾向を確認することができなかった。この周波数帯と道床不良の明確な関係は明らかになっておらず、更なる検討が必要であると考え。

### 5. まとめ

保守多投入箇所の要因として、概ね以下の三つに大別された。

#### (1) 保守作業との関連

保守作業の関連については、10m 弦高低狂いでは判別できない短い波長の高低狂いの残存により高低狂いが進展する可能性がある。したがって、作業後の仕上がり確認として、5m 弦高低狂い等、波長 10m より短い高低狂いの確認を行う等、施工品質を向上させることが必要であると考え。

#### (2) 構造物境の影響

構造物境の影響については、軌道支持ばね状態の急激な変化が軌道の沈下を促進させる。車上データにより明確な傾向を把握するには至らなかったが、波長 2-5m の高低狂い等を確実に整正することも必要であることが一部確認された。

#### (3) 道床不良の影響

道床不良の影響については、5m 弦高低狂いや高低検測差及び軸箱加速度のロット標準偏差大小により評価できる可能性が考えられる。また道床不良区間において、上下線で軸箱加速度のパワースペクトルの傾向の違いが確認された。今後、これらの事柄について引き続き検討を行う。

なお、今回の分析は、未だ初期の段階であり、その内容を更に充実することが必須であると考え。

### 文 献

- (1) 木村寛淳, 田中博文, 下野勇希:「バラスト軌道における高低変位進み急進箇所の検出手法」, 第 16 回鉄道技術連合シンポジウム (J-Rail2009), pp.277-288 (2009)
- (2) 下野勇希, 橘谷栄一, 山口義信:「高低検測差を活用した軌道状態把握手法の検証」, 第 64 回土木学会年次学術講演会概要集, IV-242 (2009)
- (3) 須永陽一, 井手寅三郎, 金尾稔:「軸箱加速度を活用した短波長軌道狂いの管理手法」, 鉄道総研報告, Vol.9, No.2 (1995)
- (4) 須永陽一, 佐野功, 井手寅三郎:「高速新幹線における短波長軌道狂いの検出手法」, 鉄道総研報告, Vol.13, No.5 (1999)