

保守管理水準を考慮した小型つき固め機械による軌道保守計画モデルの検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○鈴木 惇平
 鉄道総合技術研究所 正会員 昆野 修平
 東日本旅客鉄道 正会員 須藤 雅人

1. はじめに

軌道変位に対しては、道床つき固めによる保守を行うことが一般的であり、道床つき固めの工種は、主に MTT、4 頭 TT 等の小型つき固め機械、人力 TT の 3 種に分けられる。近年では作業労力の軽減や保守効率の向上を目的として、人力による保守の機械化を推進する機運が高まりつつあり、人力 TT によらない保守計画の作成が求められている。特に 4 頭 TT 等をはじめとする小型つき固め機械の導入により、継目部や溶接部等スポット的な保守を機械化することが可能となり、今後は MTT による保守に加えて、4 頭 TT 等による保守も想定した効率的な保守計画を作成することが求められている。そこで、既存の保守計画モデル¹⁾を拡張した、小型つき固め機械保守計画モデルを構築し、MTT から小型つき固め機械までを 1 つの保守計画として作成するモデルを開発した²⁾。

一方で、開発したモデルは、後述 2. (2) 節で示すように、軌道変位の保守管理水準が異なる線区を対象として計画を作成した場合、相対的に軌道状態が悪い線区に多くの保守が割り当てられてしまう恐れがある。そこで、本研究では、保守管理水準を考慮した小型つき固め機械による軌道の保守計画モデルの検討を行う。

2. 小型つき固め機械保守計画モデルの概要

(1) 既存の小型つき固め機械保守計画モデル

既存の小型つき固め機械保守計画モデルは、既存の MTT 保守計画モデルで保守計画を作成した後に、MTT 保守が割り当てられなかったロットの中から、小型つき固め機械による保守計画箇所を割り当てるものである。表 1 に小型つき固め機械保守計画モデルの入力データを示す。ここで、期は、月や週等に相当する。保守対象ロット集合 L は、対象とする線区内のすべての保守可能ロットから、MTT 計画が割り当てられたロットを除いたロットの集合である。保守エリアは、小型つき固め機械を留置しておく保守基地等に対応する。本モデルは、1 つの期に対して 1 つのエリアが割り当てられ、 k 期、エリア a に小型つき固め機械が配備される場合、保守可能延長 $M_{a,k}$ を制約条件として、エリア a に属するロット集合 L_a の中から、ロットの軌道劣化指標 f_i がなるべく大きくなるようにロットを選択する。

(2) 既存の保守計画モデルの課題

ここで、既存のモデルは、保守の優先度を定める軌

表 1 小型つき固め機械保守計画モデルの入力データ

名称	変数
期集合 K	$K=\{1,2,\dots,N_K\}$
保守対象ロット集合 L	$L=\{1,2,\dots,N_L\}$
保守エリア集合 A	$A=\{1,2,\dots,N_A\}$
k 期の保守可能エリア集合 A_k	$A_k \subseteq A, \forall k \in K$
エリア a に属するロット集合 L_a	$L_a \subset L, \forall a \in A,$ $(\cup_{a \in A} L_a = L)$
エリア a における k 期の保守可能延長 $M_{a,k}$	$M_{a,k}, \forall a \in A,$ $\forall k \in K$
ロット i の延長 n_i	$n_i, \forall i \in L$
ロット i の軌道劣化指標 f_i	$f_i, \forall i \in L$

道劣化指標として、高低変位の標準偏差 σ の計画期間末予測値を用いており、これが大きいロットを優先して保守を計画する。そのため、軌道変位の保守管理水準が異なる複数の線区を対象とした場合、高低変位の標準偏差の計画期間末予測値が大きいロットが多く分布する線区を優先して保守が割り当てられることになり、相対的に軌道状態が悪い線区に保守が集中し、保守管理水準が高く、本来は優先的に保守計画が割り当てられるべき線区に保守が割り当てられない計画を作成してしまう可能性がある。

(3) 小型つき固め機械保守計画モデルの改良

本研究では、軌道変位の保守管理水準が異なる複数の線区に対して、適切に小型つき固め機械の保守箇所を選定できるように、軌道劣化指標 f_i に保守管理水準に応じた重みを付けた指標を新たに軌道変位劣化指標として用いる。具体的には、高低変位の標準偏差の計画期間末予測値を、線区・区間ごとに定める線区目標 σ で除して重み付けをする。例えば、線区目標 σ を 2mm と設定した線区 A と、線区目標 σ を 4mm と設定した線区 B があったとする。このとき、両線区において同じ標準偏差 3mm のロットが存在した場合、重み付き高低変位は次のようになる。

$$\text{線区 A : 重み付き高低変位標準偏差} = 3 \div 2 = 1.5$$

$$\text{線区 B : 重み付き高低変位標準偏差} = 3 \div 4 = 0.75$$

3. 提案モデルの試算結果

(1) 試算条件

上記の方法により、実際の線区データおよび軌道変位データを用いて、MTT および小型つき固め機械によ

キーワード 軌道変位保守計画, 小型つき固め機械, MTT

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 TEL 042-573-7277

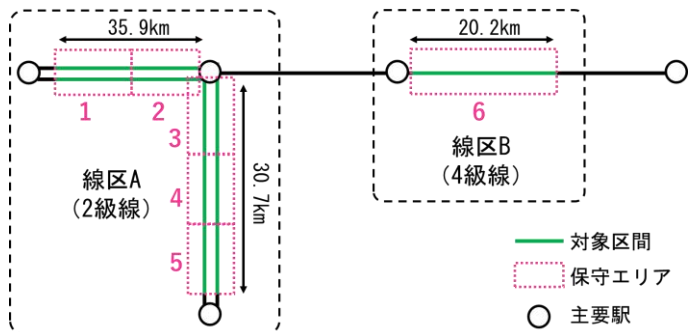


図1 対象線区およびエリア条件

る軌道の保守計画を試算した。図1に線区およびエリアの条件を示す。ここでは、管理水準が異なる2つの線区A(2級線)とB(4級線)を有するエリアを対象とする。

(2) 小型つき固め機械保守計画モデルの試算結果

図2に対象線区各保守エリアにおける高低変位 σ の計画期間末予測値の相対度数分布を示す。同図より、線区Aに属するエリア1~5においては、無保守終了時の高低変位 σ の中央値が2.26~2.88mmの範囲の水準であるのに対して、線区Bに属するエリア6では、5.06mmとなっており、線区Aに対して線区Bは相対的に軌道状態が悪いことがわかる。

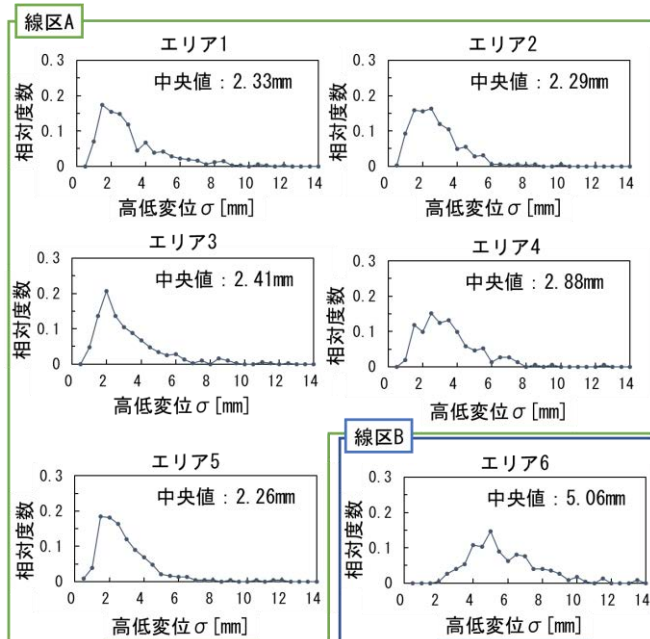
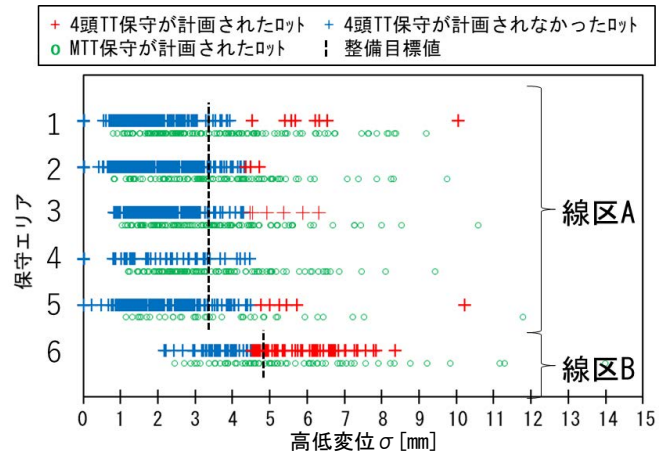


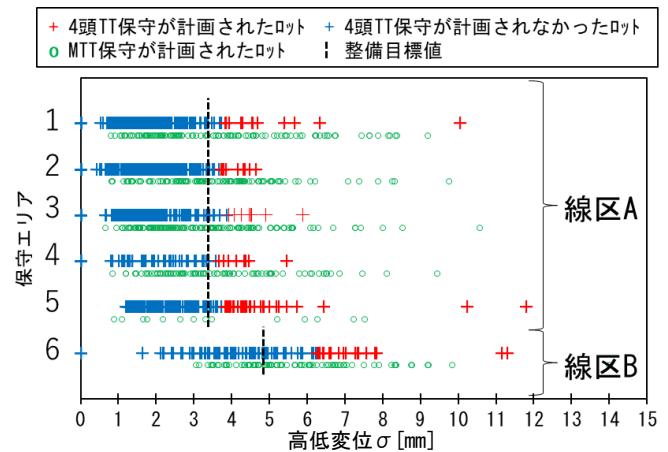
図2 高低変位 σ の計画期間末予測値

次に、図3にMTTから小型つき固め機械までの保守計画の作成結果を示す。なお、図3(a)は線区ごとに管理水準に応じて軌道劣化指標として用いる高低変位 σ の計画期間末予測値に重み付けを行わない場合の結果、図3(b)は線区ごとに管理水準に応じて軌道劣化指標に重みを付けた場合の結果を表す。図3(a)より、重み付けを行わない場合では、相対的に軌道状態が悪い線区B(エリア6)に小型つき固め機械の保守計画が集中しており、同線区の整備目標値未満のロットに対しても保守計画を割り当てていることがわかる。一方で、図3(b)

より、重み付けを行った場合は、線区B(エリア6)へ小型つき固め機械の保守計画が集中することなく、管理水準が高い線区A(エリア1~5)を優先して小型つき固め機械の保守が割り当てられることがわかった。



(a) 管理水準に応じた重み付けなし



(b) 管理水準に応じた重み付けあり

図3 MTTから小型つき固め機械までの保守計画結果

4. まとめ

本研究では、既存の小型つき固め機械による軌道の保守計画モデルに対して、軌道劣化指標に保守管理水準(線区目標 σ)に応じた重みを付けることで、保守管理水準を考慮した保守計画の策定を可能とした。今後は、対象線区を増やし、更なる検討を行う。

参考文献

- 1) 三和雅史, 石川達也, 大山達雄: 軌道状態推移予測モデルの構築と最適軌道保守計画作成のための全整数型数理計画モデル分析, 土木学会論文集, No. 681/IV-52, pp. 51-65, 2001.
- 2) 昆野修平, 鈴木惇平, 三和雅史: 小型機械の運用を考慮した軌道保守計画法の検討, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2022年春季研究発表会アブストラクト集, 1-C-7, 2022.