

小型機械の運用を考慮した軌道保守計画法の検討

05000761 公益財団法人鉄道総合技術研究所 *昆野 修平 KONNO Shuhei
公益財団法人鉄道総合技術研究所 鈴木 惇平 SUZUKI Jumpei
02602780 公益財団法人鉄道総合技術研究所 三和 雅史 MIWA Masashi

1. はじめに

鉄道線路（軌道）は、列車が繰り返し通過することにより、軌道の不整（軌道変位）が進展し、車両の走行安全性や乗り心地が悪化する。したがって、鉄道事業者は、定期的に測定する軌道変位の測定データに基づいて、軌道状態を補修する保守作業が必要である。我が国で一般的なバラスト軌道での軌道変位保守は、図1に示すマルチプルタイタンパ（MTT; Multiple Tie Tamper）と呼ばれる大型機械により行われることが多いが、MTTは高価であり、また、作業可能な日数・時間は限られている。そこで、筆者らはこれまでに、効率的な軌道変位保守の計画作成のための研究開発に取り組み、実用に供してきた[1]。

一方で、最近では、保線従事員の減少や、アフターコロナ社会で予想される鉄道旅客需要の変化に対応するため、鉄道設備の維持管理体系に大幅な効率化が求められている。そこで、近年、MTTよりも小型な軌道変位保守のための機械が導入され、これによれば、1日あたりの施工可能延長はMTTと比べて短いものの、機動性が高く、また、人力による保守よりも効果的であるため、地方路線を中心にこのような小型機械が運用されはじめている。

そこで、本稿では、既存のMTTの保守計画法を拡張する形で、小型機械による保守計画法を検討する。



マルチプルタイタンパ
(MTT)

小型機械

図1. 保守用機械

2. 小型機械による保守の考え方

小型機械の1日あたりの施工延長はMTTよりも短いことから、軌道変位保守を計画する際には、MTTの保守箇所を先に決定し、余った箇所の中から軌道変位

が局所的に大きな箇所を小型機械の保守箇所とする流れで全体の計画を策定する。

また、既存のMTTの保守計画法は、100m前後を最小単位とするロットにより、軌道変位の推移予測や劣化状態評価、および保守計画の割当てを行っている。新たに開発する小型機械の保守計画法においても、上記ロットの軌道変位の推移予測等に基づいて、計画を作成することとした。

上記の方法によれば、既存のMTTのロット別の軌道変位の推移予測の計算結果等を流用できる。

3. 小型機械の保守計画法

小型機械の保守計画法を以下に示す。本方法は、既存のMTTの保守計画法で保守計画を作成したあとに、MTT保守が割り当てられなかった箇所（ロット）の中から、小型機械による保守計画箇所を割り当てる。

3.1. 入力

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

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、小型機械を留置しておく保守基地等に対応する。本方法は、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。

軌道劣化指標 f_i は、既存の MTT の保守計画法で一般的に用いられる、高低変位の標準偏差の、計画期間末予測値を用いることを想定する。

3.2. 計画作成手順

Step 1: $k = 1$ 期とする。保守候補ロット集合 $L' := L$ とする。

Step 2: k 期の保守可能エリア集合 A_k に含まれるそれぞれのエリア a で、保守候補ロット集合 L' かつエリア a に属するロット集合 L_a の中から、ロットの延長 n_i の和がエリア a における k 期の保守可能延長 $m_{a,k}$ を満たすまで、 f_i が大きい順にロットを選択する。選択したロット集合をエリア a の「保守計画候補」とする。

Step 3: k 期の保守可能エリア集合 A_k に含まれるエリアの中から、「保守計画候補」に含まれるロットの軌道劣化指標 f_i の平均が最も大きくなるエリアを、 k 期の保守エリアに決定する。決定したエリアの「保守計画候補」を k 期の保守計画箇所として割り当てる。保守計画箇所に割り当てたロットを、保守候補ロット集合 L' から除く。

Step 4: $k = N_K$ であれば計算終了。そうでなければ、 $k = k + 1$ とし、Step 2 に戻る。

4. 提案法の試算結果

4.1. 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 および小型機械の年間計画を試算した。図2に、線区およびエリアの条件を示す。また、1期は1月とした。

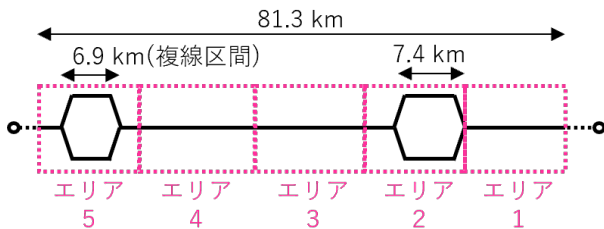


図2. 試算エリア

4.2. 試算結果

図3に、試算で得られた小型機械の年間計画を示す。出力される保守計画は、同図のように、小型機械を配備するエリアの計画と、期(月)内の保守計画により構成される。

表1に、MTTと小型機械の計画割当延長および軌道劣化指標を、エリア別に示す。同表より、提案方法を適用することによって、軌道状態が悪い(エリア1方に近い)箇所は、MTTを重点的に割り当てて保守延長

を延ばし、軌道状態が良い(エリア5方に近い)箇所は、MTTの保守延長を抑えて、小型機械によって局所的な軌道状態の悪化箇所を保守する計画が得られたと考えられる。

小型機械の配備計画

	4月	5月	6月	...
エリア1				
エリア2			●	
エリア3	■	■		
...				

ロット番号	ロット延長 [m]	軌道劣化指標 [mm]
308	72.2	4.69
919	100.0	4.43
304	100.0	4.37
301	124.0	4.09
274	100.0	3.90
266	85.1	3.79
275	100.0	3.53
303	62.0	3.51
271	90.2	3.44

図3. 試算結果1

表1. 試算結果2

エリア	1	2	3	4	5
軌道劣化指標の中央値[mm]	3.65	3.37	3.36	3.37	2.86
軌道劣化指標の平均値[mm]	3.67	3.86	3.41	3.38	3.00
軌道延長[km]	17.1	17.7	19.7	19.8	20.2
MTT計画割当延長[km]	13.0	10.9	6.8	5.0	1.6
小型機械計画割当延長[km]	0.0	1.3	3.0	2.6	2.6

5. おわりに

既存の MTT の保守計画法を拡張する形で、小型機械の保守計画法を検討した。今後は、提案方法を、保線現場において試験的に使用することで、実用のための課題を把握して、鉄道事業者での実用を目指していく。

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 (2001), pp. 51-65.