

軌道状態推移予測モデルを活用した長期軌道保守施策の経済性評価

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○吉田 尚史, 矢坂 健太, 三和 雅史

1. はじめに

長期的に経済的な軌道保守のため、筆者らはこれまで、軌道変位と材料状態を考慮した軌道状態推移予測モデルを構築した¹⁾。本研究では、本モデルを用いて、線区全体の保守施策の経済性を評価した。

2. 軌道状態推移予測モデル

レール凹凸や道床劣化が進むと輪重変動が増加して、軌道変位進みが増加し、かつ道床劣化は軌道変位保守効果を低下させるため、こうした材料の劣化は軌道変位保守頻度を増加させる要因となり得る。よって軌道保守施策の経済性を検討するためには、軌道変位と材料状態の推移を予測する必要がある。

以上のことから、図1に示す軌道状態推移の予測モデルを構築した¹⁾。本モデルは、 t 期における軌道、道床、レール状態を考慮して推定した輪重により、 $t+1$ 期の軌道状態の劣化を予測するモデルである。ここで、道床、レール状態を表す指標としては軸箱(上下)振動加速度(各々波長域 2~5m, 0.075~0.25m に対応)(以下、軸箱加速度(道床)、軸箱加速度(レール)とする)を用いる。これらの各波長は、それぞれ道床劣化とレール凹凸の程度に対応する。

本モデルにおける輪重は静的輪重と変動輪重から成り、変動輪重はレール凹凸や道床劣化による不均一な軌道支持状態、軌道変位によって増減すると考える。推定した t 期の輪重と、 $t+1$ 期の軌道変位進みの実測値との間には相関があり¹⁾、この関係を用いた次式を軌道変位進みの予測の基本式とする。

$$\Delta \sigma_t = mP^n \quad (\text{式1})$$

$\Delta \sigma_t$: 軌道変位進み, P : 輪重, m, n : 係数

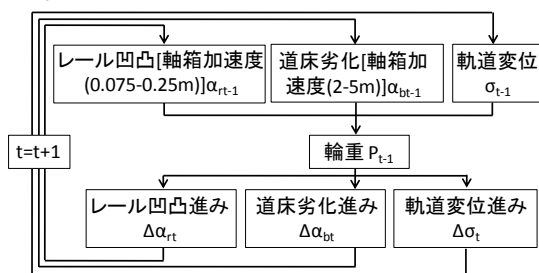


図1 軌道状態推移予測モデル

キーワード 軌道保守, 高低変位, 軌道状態推移予測, 材料状態

連絡先

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 公益財団法人鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7278

同様に、輪重と各軸箱加速度進みとの間にも相関があることから、本式と同じモデルにより予測する。ここで、式1の係数 n は一般に弾力性と呼ばれるものであり、ここでは P が1%変化すると $\Delta \sigma$ が $n\%$ 変化することを表している。本研究では、各ロットの劣化量、進みの初期値を与え、本モデルにより軌道状態及び材料状態に応じて進みを補正する。

3. 軌道状態推移予測

3.1 設定条件

本モデルにより、ある線区(全1723ロット(1ロットは25m))における30年間の軌道状態推移を以下の条件で予測する。

・軌道条件(初期値)

軌道変位標準偏差と進み、軸箱加速度(レール)標準偏差と進み、軸箱加速度(道床)標準偏差と進み: 履歴データから各ロットの初期値を設定

レール交換、削正後累積通過トン数: 各ロットの最新のレール交換、レール削正の実績と年間通トンから初期値を設定

・車両条件

静止輪重: 56.6kN, ばね下質量: 0.994tf, 速度: 各ロットの平均走行速度, 年間通トン: 2300~3090万トン/年

・保守条件(保守投入の目安値)

軌道変位標準偏差: 2mm, 軸箱加速度(レール)標準偏差: 30, 10m/s²(レール交換, 削正), レール交換, 削正後累積通過トン: 10億トン, 1億トン

・保守費用の比

MTT: レール削正: レール交換: 道床交換 = 1: 3: 20: 50

3.2 保守シナリオ別予測結果

①基本条件

まず、MTTつき固めと、通トンによる定期的なレール削正・交換のみによる保守を考慮した軌道変位

推移を予測した。図 2 に、各年度での各ロットの軌道変位標準偏差の出現度数を示す。この図より、時間の経過とともに軌道変位が 2mm を超過するロットが増加することがわかる。これは、道床劣化に起因する軌道変位進みの大きさに対し、MTT 保守のみによる改善では良好な状態を維持できないロットが年々増加したためと考えられる。よって、適切な時期に道床を交換する必要があるといえる。

そこで、上記保守に加えて道床交換を想定して軌道変位推移を予測した。ここでは、30 年間で全ロットの 90% を道床交換するとして、交換時期を以下のシナリオ②、③、④のように変化させた際の軌道変位推移を予測した。

②軸箱加速度(道床)初期値の上位から 9% ずつ、初めの 10 年間で順に道床交換

③軸箱加速度(道床)初期値の上位から 3% ずつ、毎年道床交換

④軸箱加速度(道床)初期値の上位から 9% ずつ、3 年毎に道床交換

図 3～5 に、各条件の予測結果を示す。これより、②(図 3)における 30 年後の軌道状態は、③(図 4)、④

表 1 シナリオ別の総保守費用の比

シナリオ	①	②	③	④
総保守費用の割合	1	2.505	2.497	2.493

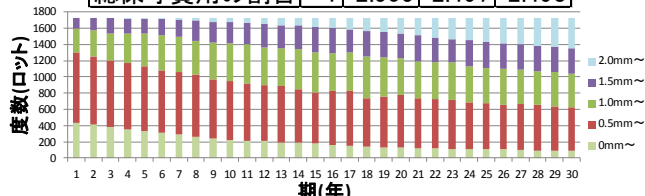


図 2 シナリオ①の軌道変位推移

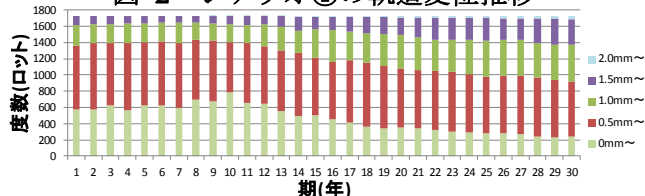


図 3 シナリオ②の軌道変位推移

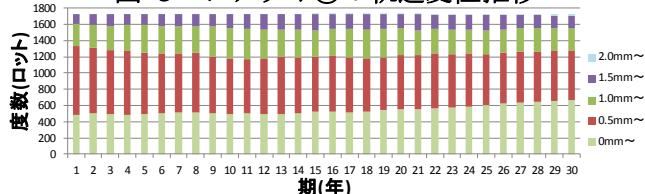


図 4 シナリオ③の軌道変位推移

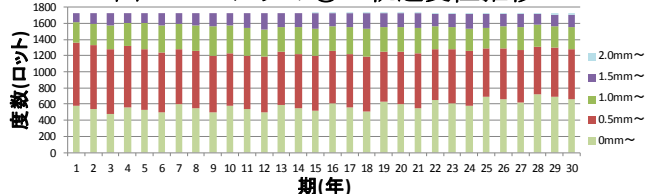


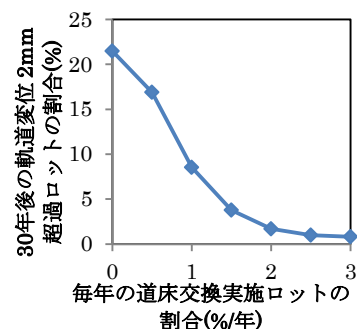
図 5 シナリオ④の軌道変位推移

(図 5)と比べて悪いことがわかる。これは、②では道床状態が比較的良好なロットに対しても早い時期に道床を交換してしまうために経済効果を十分に得られず、また、交換した箇所においても 30 年後には道床が劣化してしまうためと考えられる。よって、対象とした区間では、短期間で集中的に交換するよりも少しずつ交換する方が経済的であると考えられる。

また、表 1 に、シナリオ①の総保守費用を 1 とした時の、シナリオ②～④の総保守費用の比を示す。表より、シナリオ①の総費用が最も小さいが、軌道変位 2mm 超過ロットも多い。そのため、目安値超過による事故発生率や発生時の費用等をリスクとして表 1 の費用に加えて、総合的に評価することが今後の課題である。

3.3 道床交換実施ロット割合と軌道状態

図 6 は、3.2 のシナリオ③について、1 年あたりの道床交換実施ロットの割合を変化させた時の、30 年後の軌道状態を比較した結果である。



図より、道床交換実施ロットの割合が 2%(30 年間で 60% を道床交換)を超えると、軌道変位 2mm 超過ロットの割合の減少幅が小さくなることから、対象とした区間では 40% 程度のロットは道床状態が良く、毎年 2% 程度のロットの道床を交換するのが適当であると考えられる。

このように、本モデルを用いて長期的な観点に基づいて軌道保守施策を検討することができる。

4. まとめ

軌道状態推移予測モデルを活用し、線区全体での道床交換の実施時期や箇所数等の条件を変えて軌道状態推移を予測し、長期的な経済性を考慮した保守施策を検討した。

参考文献

- 1) 吉田他：「材料状態を考慮した軌道状態の長期推移予測モデルの構築」，土木学会第 68 回年次学術講演会，2013