

マルタイの品質向上による保守周期延伸効果について

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○村越 雄太
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 伊藤 大介
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 小林 靖典
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 河村 永

1. はじめに

山陽新幹線では、バラスト区間におけるマルチプルタイタンパー（以下、マルタイ）を用いた線形整備において、平成9年度から施工後の残留狂いに応じて施工延長を換算するとともに、施工品質によって施工単価にインセンティブを付与する検収制度（以下、マルタイ検収制度）を導入し、施工品質の向上を図ってきた。その後、復元原波形を用いた施工の実施や新型マルタイの導入等により、マルタイの施工品質は向上し、山陽新幹線の軌道状態は良化してきた。しかしながら、軌道状態の向上により従来のマルタイ検収制度が実態にそぐわなくなってきたことから、マルタイの施工品質と保守周期延伸をマルタイ施工後の10m弦高低狂いの標準偏差（以下、10σ値）に着目し、一定の関連性が確認できたため、その内容を報告する。

2. 軌道状態およびマルタイ施工の推移

山陽新幹線では、10σ値を指標として、マルタイの施工品質の評価を行っている。図-1に、マルタイ検収制度を導入した平成9年度以降のマルタイ及びむら直しの施工数量の推移を平成9年度の実績に対する割合で表したものを、図-2に上記期間のバラスト区間における10σ値の推移を示す。これらの図から、マルタイ検収制度導入以降、マルタイ及びむら直しの施工数量は減少しつつ、バラスト区間の10σ値は年々良化しており、コスト削減と軌道状態の良化を同時に実現してきたことが確認できる。

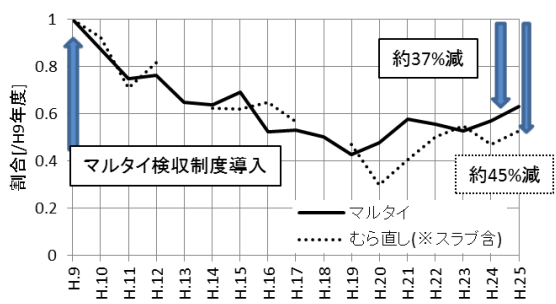


図-1 マルタイ及びむら直しの施工数量推移

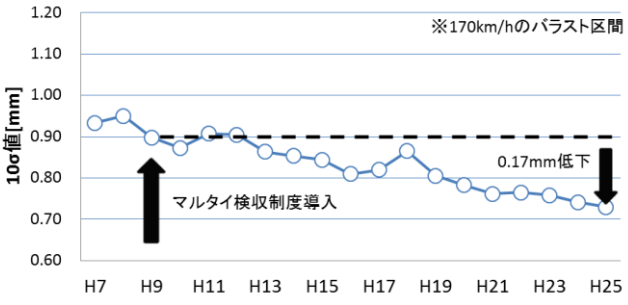


図-2 山陽新幹線における10σ値の推移

3. マルタイの施工品質が10σ値の狂い進みに及ぼす影響

バラスト区間では、列車走行時の繰り返し荷重の載荷に伴って、高低狂いが徐々に進行する。マルタイ施工からの10σ値の狂い進み量は、道床沈下モデルを用いて次式で表すことができる²⁾。

$$\Delta\tau(t) = \gamma\{1 - \exp(-\alpha t)\} + \beta t \tag{1}$$

t : マルタイ施工からの経過日数 (日)
Δτ(t) : t日経過後の10σ値の狂い進み量[mm]
α, β, γ : 係数

図-3に、平成9年度及び平成24年度のマルタイ施工後の10σ値の狂い進み量について、最小二乗法を用いて式(1)で近似したものを示す。平成9年度と比較して、平成24年度のマルタイ施工後の10σ値の狂い進み量は抑制されていることが確認できる。これは、マルタイの施工品質の向上など様々な要因が考えられるが、図-1および図-2の結果も踏まえて、本研究ではマルタイの施工品質の向上が主たる要因であると仮定して検証を行った。

検証の方法として、マルタイの施工品質の向上に伴ってその後の10σ値の狂い進み量が抑制されることを確認するために、平成25年度のマルタイ施工結果を、施工後10σ値の値別に4つのパターンに分類して道床沈下モデルに当てはめ、その後の10σ値の狂い進み量を確認した。

平成25年度のマルタイの施工実績を図-4に示す。施工箇所毎に若干のばらつきはあるものの、施工前の10σ

値に関らず施工後の 10σ 値はある程度一定の値が期待できる。図-4 の施工実績から、施工後 10σ 値を 0.1mm 刻みで分類した 4 つのパターン毎に、最小二乗法を用いて 10σ 値の進み量を式(1)で近似したものを図-5 に示す。マルタイ施工後の 10σ 値が小さいほど、その後の 10σ 値の進み量が抑制されることが確認できた。

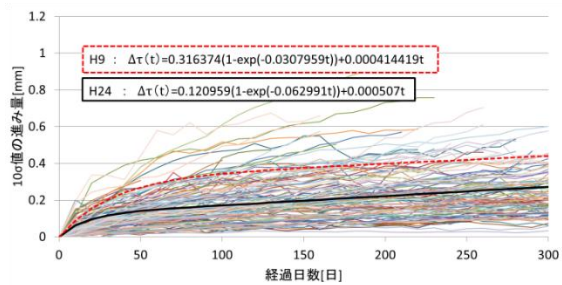


図-3 10σ の進み量の比較(平成9年度、平成24年度)

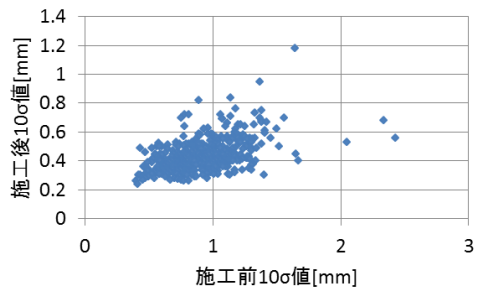


図-4 マルタイの施工結果(平成25年度)

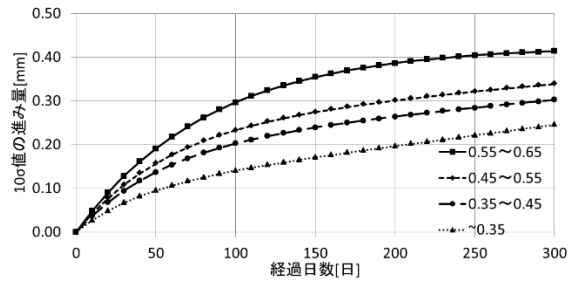


図-5 マルタイ施工後 10σ 値別の進み量

4. 保守周期の延伸効果

次に、マルタイの保守周期の延伸効果について検討する。マルタイの保守周期は、式(2)で表すこととする。

$$T = \frac{\sigma_b - \sigma_a}{s} \tag{2}$$

- T : 保守周期(日)

σ_b : マルタイの整備目標の 10σ 値(mm)

σ_a : マルタイ施工後の 10σ 値

s : 道床沈下モデルで算出した 10σ 値の進み(mm/日)

マルタイの整備目標の 10σ 値は、10m 弦高低狂いの保守目標値である 6mm に達したときにむら直しを投入すると仮定すると、発生確率が 1%となるので 10σ 値の整備目標値として 0.94 mm とした。表-1 に、マルタイ施

工後の 10σ 値別に、式(2)を用いて算出した保守周期を示す。なお、保守周期延伸効果とは、平成 25 年度の平均的な施工である「マルタイ施工後 10σ 値 0.45mm 以上 0.55mm 未満」を 1.00 とした場合における、施工後 10σ 値別の保守周期の延伸倍率である。

以上のことから、マルタイ施工後の 10σ 値が小さいほど、大幅な保守周期延伸効果が期待できることがわかる。図-6 で示す保守周期延伸のイメージ図のように、10σ 値の良化に伴って整備目標の 10σ 値に至るまでの余裕分が増加することに加え、その後の 10σ 値の狂い進み量が抑制されることによって、保守周期が延伸されるためである。

表-1 施工後 10σ 値別保守周期とその延伸効果

施工後 10σ 値	保守周期 (日)	保守周期 延伸効果
0.35mm 未満	1110	1.61
0.35mm 以上 0.45mm 未満	1040	1.51
0.45mm 以上 0.55mm 未満	690	1.00
0.55mm 以上 0.65mm 未満	160	0.23

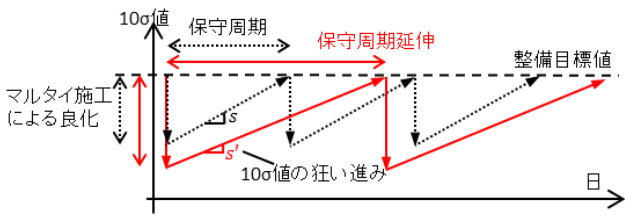


図-6 保守周期延伸イメージ図

5. まとめ

昨今のマルタイの施工実績および施工後の 10σ 値の狂い進み量を検証した結果、マルタイの施工品質が良いほど 10σ 値の狂いの進み量は抑制され、保守周期延伸が期待できることがわかった。従来のマルタイ検収制度では、マルタイ施工時の良化率を指標としてインセンティブを付与していたが、今回の検証でマルタイ施工後の 10σ 値によってその後の 10σ 値の狂い進み量に差が生じることが確認できたため、マルタイ施工後の 10σ 値を指標としたマルタイ検収制度に改正し、更なるマルタイの施工品質の向上と効率化、及び山陽新幹線の軌道状態の向上に向けて取り組む所存である。

参考文献

- 1) 白木一樹：復元原波形を用いたマルタイ整備効果の検証について、第 70 回土木学会年次学術講演会、2015
- 2) 佐藤吉彦、梅原利之：線路工学