

スタビライザー搭載 MTT による加振作業が軌道に与える影響確認試験

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○吉川 秀平 高尾 賢一
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 伊藤 壱記 早川 容平

1. はじめに

JR西日本では、主にマルチプルタイタンパー（以下、MTT）による軌道整備を実施しているが、MTT作業は道床横抵抗力を低下させ、レール張出しリスクが生じるために夏期作業を原則禁止している。JR西日本ではスタビライザーを搭載し、機械本体フレームに対しサテライトフレーム（タンピングユニット、リフティング・ライニングユニット等が搭載）が独立して動く新型MTTを導入し、夏期作業実現による工事平準化、MTT稼働率向上による配備台数見直しを計画している。MTT作業後のスタビライザーによる軌道強制加振作業（以下、スタビ作業）は、基準粒度のバラスト条件においてMTT作業後に低下した道床横抵抗力の初期剛性を高め、最終道床横抵抗力が約5%向上するため、直線区間では十分な軌道座屈安定性が確保でき、夏期作業が可能であることを確認している¹⁾。一方で、未検証であった①MTT施工手順が道床横抵抗力の回復効果に与える影響、②スタビ作業後の軌道支持状態変化、③スタビ作業が軌道仕上がり線形に与える影響に対し、営業線で新型MTTを用いた検証試験結果を報告する。

2. 試験概要

営業線の検証箇所は複線区間の外側線、直線、盛土、年間通トン45.4百万t、まくらぎは3号PC、まくらぎ間隔581mm(43本/25m)、碎石、道床肩500mm以上、余盛100mm以上である。検証試験に先立ち、検証箇所のバラストを道床肩部およびまくらぎ間のまくらぎ下面付近で採取し、締固め試験（JIS A 1210、E-b法、乾燥法、非繰返し法）、粒度試験（JIS A 1204）を行った。締固め試験結果より最大乾燥密度1.86~1.89g/cm³、最適含水比0.8~0.9%、粒度分布は図1であり、検証①、②の道床状態は概ね同一条件であった。検証試験概要は表1のとおりで、検証①、②の違いはスタビ作業のタイミングと作業速度であり、その違いが道床横抵抗力の回復効果に与える影響を確認した。検証①はMTT作業後にスタビ作業をするのに対し、検証②は新型MTTの特徴を活かし、機械本体は連続して一定速度で走行、サテライトフレームを独立した形で周期的に可動させMTT作業を行い、同時でスタビ作業をする手順（サテライト方式）とした。スタビ作業条件を表2に示す。作業速度はサテライト方式で作業する検証②の方が速い。道床横抵抗力試験はMTT作業区間において3~5本毎にデジタル式簡易まくらぎ抵抗測定器を用

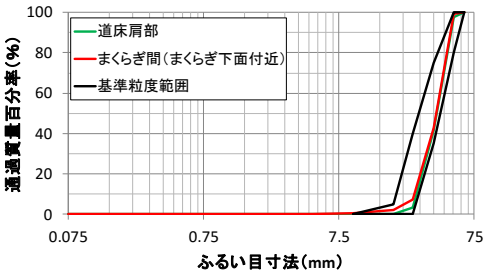


図1 粒度分布(検証①区間)

表1 検証試験概要

検証	作業条件	跡作業
①	MTT 作業前道床横抵抗力測定→MTT 作業（軌道検測）→RFWD 測定→道床横抵抗力測定→スタビ作業（軌道検測）→RFWD 測定→道床横抵抗力測定 MTT 施工：539k670m～722m（L=52m）	ブレー トラン マーに よる軌 間内外 締固め
②	MTT 作業前道床横抵抗力測定→サテライト方式による MTT+スタビ同時作業（軌道検測）→道床横抵抗力測定 MTT 施工：539k745m～805m（L=60m）	

表2 スタビ作業条件

検証	共通	手順	速度
①	・周波数 35Hz ・垂直プレロード圧 4MPa	MTT 作業後、作業始点に戻り、スタビ作業	0.4 km/h
②		MTT 作業と同時にスタビ作業（サテライト方式）	0.5 km/h



図2 道床横抵抗力試験の状況

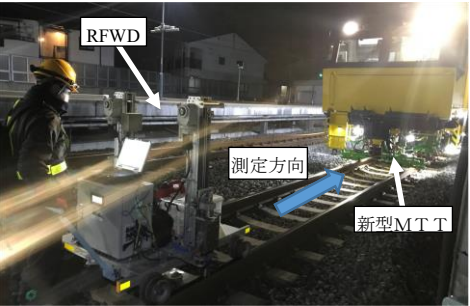


図3 RFWD 測定の状況

キーワード マルチプルタイタンパー、スタビライザー、道床横抵抗力、軌道支持剛性測定装置、軌道支持状態連絡先 〒530-8341 大阪府大阪市北区柴田 2-4-24 Tel 06-6375-2296 Fax 06-6375-8915

いて通路側にまくらぎを引抜き、まくらぎ変位 0.5mm 毎に抵抗力を自動収録し、まくらぎ変位 10mm まで試験した (図 2)。本検証では、同一区間で表 1 とは別に MTT 作業前 10 本、MTT 作業後 10 本の道床横抵抗試験を行った。軌道支持状態変化は、検証①で MTT 作業後およびスタビ作業後に軌道支持剛性測定装置 (RFWD) により作業区間をまくらぎ 1 本毎に測定した (図 3)。本装置は簡易かつ迅速につき固め後の仕上がり状態や浮きまくらぎによる支持状態の不良箇所を力学的に評価ができる²⁾。スタビ作業が軌道の仕上がりにも与える影響は、軌道検測車データによる整備計画時の仕上がり予測と MTT に搭載された検測装置で実測した仕上がり線形を比較した。

3. 試験結果

片レールあたりの道床横抵抗試験結果を表 3 に示す。MTT 作業により道床横抵抗がまくらぎ変位 2mm 時-41%、5mm 時-32%、10mm 時-31%と低下した。一方、スタビ作業については、検証①が MTT 作業後から道床横抵抗がまくらぎ変位 2mm

時+37%、5mm 時+28%、10mm 時+23%、検証②がまくらぎ変位 2mm 時+12%、5mm 時+9%、10mm 時+9%といずれも回復した。検証②が検証①より回復度合いが小さい要因はスタビ作業速度や道床形状のばらつきが影響したと考えられる。

つぎに、片レールあたりのまくらぎ変位 2mm 時までの道床横抵抗力の比較を図 4 に示す。一般的に、まくらぎ変位 2mm となる時の抵抗力をまくらぎの道床横抵抗力とすることから³⁾、まくらぎ変位 2mm で評価する。片レールあたりの道床横抵抗力は、MTT 作業後では 4.9kN/m であり、60kg レールのロングレール区間に必要な道床横抵抗 5kN/m が確保できていない。一方で、MTT 作業前および検証①、②は 5kN/m 以上であり、両検証とも期待した道床横抵抗力の回復効果を確認した。5kN/m となったまくらぎ変位は、MTT 作業前 0.4mm、検証①0.5mm、検証②1.2mm とスタビ作業による効果で道床横抵抗力の初期剛性が高まったことが分かる。RFWD 測定結果を図 5 に示す。MTT 作業後はデータに一部欠測があった。スタビ作業によりまくらぎ下のバラストが締め固められることで軌道ばね係数が向上し、軌道が均一に沈下することで応答変位遅延時間 (最大荷重が発生した時刻と最大変位が発生した時刻との差) は小さくなり、軌道支持状態が改善した。軌道仕上がり状態の比較結果を図 6、図 7 に示す。両検証ともに、スタビ作業により MTT 作業後の仕上がりが改悪することなく、整備計画に近い仕上がり状態が確保されていた。

以上より、営業線でもスタビ作業の効果により道床横抵抗力が回復し、MTT 作業後より軌道支持剛性が向上し、軌道支持状態の変化はほとんどなかった。また、MTT 施工直後の仕上りを悪化させないことを確認した。

参考文献

- 1) 吉川秀平, 高尾賢一, 楠田将之: スタビライザーを用いた MTT 夏期施工の実現に向けた理論的および実験的検証, 日本鉄道施設協会誌, Vol.59, No.4, 2021 ;
- 2) 中村貴久, 桃谷尚嗣, 谷川光: 保守後の軌道の支持状態を診る, RRR, Vol.76, No.2, 2019 ;
- 3) 鉄道総合技術研究所: 軌道構造等設計標準・同解説 軌道構造, 丸善, 2012

表 3 道床横抵抗試験結果

単位: kN/m

軌道状態		試験 本数	2mm 変位		5mm 変位		10mm 変位	
			平均	1σ	平均	1σ	平均	1σ
共通	MTT 作業前	20 本	8.3	1.8	9.6	1.8	11.3	1.5
	MTT 作業後	20 本	4.9	1.2	6.5	1.2	8.0	1.6
検証①：スタビ作業後		10 本	6.7	1.4	8.3	1.3	9.8	1.2
検証②：スタビ作業後		10 本	5.5	1.5	7.1	1.5	8.7	1.9

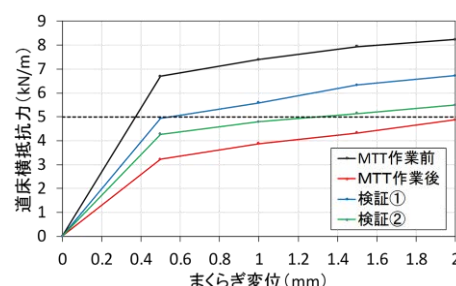


図 4 道床横抵抗力の比較

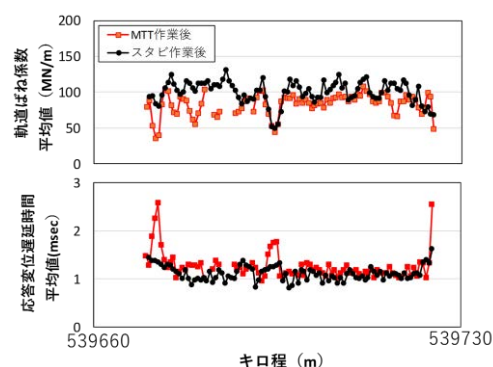


図 5 RFWD 測定結果 (検証①区間)

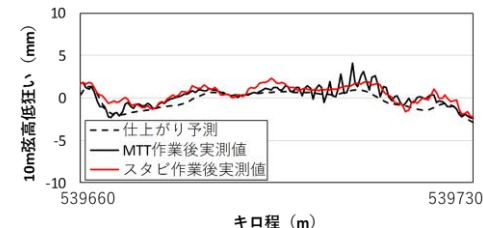


図 6 軌道仕上がり状態 (検証①区間)

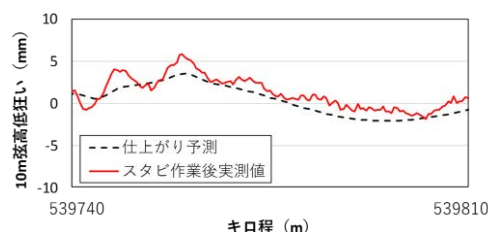


図 7 軌道仕上がり状態 (検証②区間)