

## 工事作業直後の軌道状態を再現した軌道変状防止対策の効果確認試験

○ [土] 櫻井 一樹 [土] 山田 啓介 [土] 柳沼 謙一 (東日本旅客鉄道株式会社)

## The confirmation examination of the effect for preventive measures

## against the track buckling on the track condition just after the track work

○Kazuki Sakurai, Keisuke Yamada, Kenichi Yaginuma (East Japan Railway Company)

As for the track proximity work and the track work, there are limitations for execution in the summer for prevention of track irregularity such as the track buckling accident. We confirmed that the night rail temperature was low enough so that the buckling accident didn't occur. Therefore, for the track proximity work in the summer, it is important to prevent the buckling accident in the day just after the night work. Then we inspected the effect of existing preventive measures against the buckling accident quantitatively on the track condition just after the work. As a result of examination, the measure that was effective on the track condition just after the work was sprinkling the ballast-stabilizing-agent.

キーワード：作業直後，軌道変状，変状防止，レール張出し事故防止，道床横抵抗力

Key Words：just after the track work, track irregularity, track buckling, lateral resistance of ballast

## 1. はじめに

夏期もしくは夏期にむけた時期において，線路近接工事のうち特に軌道に影響を与えるおそれのある作業や軌道工事作業に対しては，レール張出し事故等の軌道変状防止のため，軌道変状の防止対策を施工したり，作業そのものの制限がある。

このたび，レール温度の変動について調査し，作業直後の昼間に対して軌道変状を防止することが重要であることを確認した。さらに，最適な軌道変状の防止対策を選定するための基礎資料を得ることを目的として，作業直後の軌道状態を再現し，既存の軌道変状防止の各種対策の効果を定量的に比較検証したので報告する。

## 2. 夏期施工の制限と軌道変状の防止対策

各種ルールのもと，レール張出し事故が生じないように，線路は管理されている。特に，道床を緩める作業を施工すると，道床横抵抗力は低下する。よって，夏期もしくは夏期にむけた時期での作業では，軌道変状の防止対策を施工したり，作業そのものの制限がある。軌道変状の防止対策には，道床安定剤散布，座屈防止板設置，座屈防止杭設置などがあり，このうち，作業が容易で，安価である道床安定剤散布が最も一般的である。

## 3. レール温度の推移と軌道変状の防止対策の要求性能

レール張出しを発生させる重要な条件であるレール温度について調査した。その結果，夜間のレール温度の最高値は概ね  $25^{\circ}\text{C}$ ~ $30^{\circ}\text{C}$  であり，夜間作業時のレール温度は，レール張出しが発生することはないほど十分に低いことが確認できた。図1に，レール温度の年間変化と時間変化の一例を示す。

このことから，軌道変状の防止対策に求められる性能は，作業直後の昼間の高温時に軌道変状を防止することである。

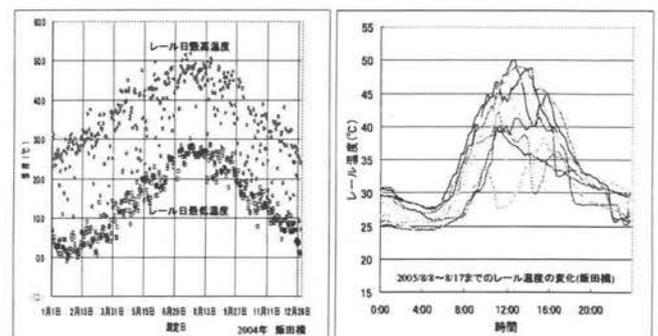


図1 レール温度の年間変化と時間変化の一例

表 1 比較試験をした車両センター試運転線の軌道条件

- ・ 直線
- ・ 50N レール
- ・ 定尺
- ・ PC パンドロールマクラギ
- ・ 碎石
- ・ 2005 年 8 月 新設線 (移設)

しかし、既存の軌道変状の防止対策の効果に対しては、作業直後の軌道状態を想定した技術的検討や資料は少ない。また、個別に評価されているものが多く、同一の条件での測定・比較評価した技術資料はとぼしい(座屈防止板の複数形態による比較の例としては、参考文献 1) や 2) がある)。そこで、次の述べる比較試験を実施した。

4. 作業直後の軌道状態を再現した軌道での比較試験

4.1 比較試験の軌道条件と実施場所

作業直後の道床が緩んだ軌道状態を再現し、軌道変状防止の各種既存対策の効果をも同一の条件で測定し、その効果の比較試験をした。

比較試験は、軌道の材料・状態がほぼ同一条件の区間を、相当延長確保することができることから、車両センター構内の新設から年月を経ていない試運転線(点検・整備した車両が試運転走行するための線路)で、2007 年に実施した。比較試験をした車両センター試運転線の諸元を、表 1 に示す。

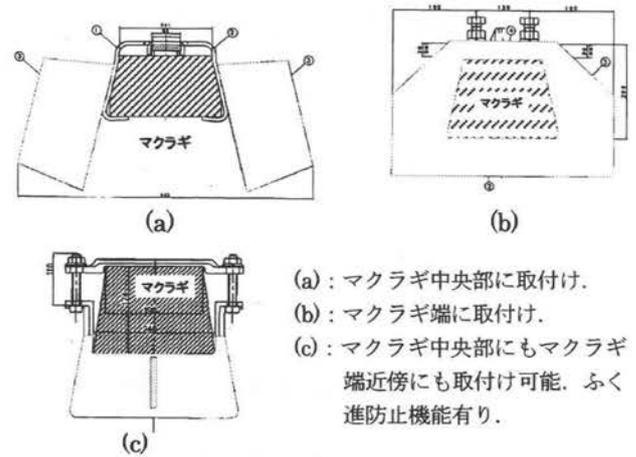


図 2 比較試験をした座屈防止板

4.2 比較した軌道変状の防止対策

既存の軌道変状の防止対策及びその比較として、表 2 に示す次の 5 つの分類で道床横抵抗力測定を行った。表 2 の模式図の下方向の道床横抵抗力を測定した。

基本データとしては、道床を緩めたままの状態のもの(以下、「無対策」という)のほか、道床安定剤散布や道床肩部大盛りなどを実施した。道床安定剤は、経時分解型のものを用いた。座屈防止板は、図 2 に示す 3 種類で行った。このうち、図 2(a)は、マクラギ中央部に取り付ける形態である。図 2(b)は、マクラギ端に取り付ける形態である。図 2(c)は、ふく進防止機能もあり、マクラギ中央部にもマクラギ端近傍にも取り付けられる。大判マクラギ化は、マクラギ

表 2 比較した軌道変状の防止対策

試験分類	番号	図	概要	試験分類	番号	図	概要	試験分類	番号	図	概要
①基本データの収集	1		無対策	②座屈防止板の効果確認	1		図2(a)の座屈防止板をマクラギ中央に取付け	③座屈防止板と道床安定剤との結合せ効果の確認	1		図2(a)の座屈防止板をマクラギ中央に取付け 道床安定剤散布
	2		道床肩部に道床安定剤散布		2		図2(b)の座屈防止板をマクラギ高端部に取付け		2		図2(c)の座屈防止板をマクラギ端部(抵抗側)に取付け 道床安定剤散布
	3		道床肩部バラスト形状大盛り(道床締め固め無し)		3		図2(c)の座屈防止板をマクラギ中央に取付け		1		大判マクラギ化
【道床横抵抗の測定方向】 道床横抵抗力の測定は、模式図の下方にマクラギを押し出す方向で行った。 					4		図2(c)の座屈防止板をマクラギ端部(非抵抗側)に取付け	④大判マクラギの評価	2		大判マクラギ化 道床安定剤散布
					5		図2(c)の座屈防止板をマクラギ端部(抵抗側)に取付け	⑤アングル材の評価	1		アングル材設置
					6		図2(c)の座屈防止板をマクラギ高端部に取付け		2		アングル材設置 道床安定剤散布
					7		図2(c)の座屈防止板をマクラギ高端部・中央部に取付け				

と道床碎石との接触面を広くすることの評価のために実施したものであり、マクラギはTC型省力化軌道用PCマクラギ(高20cm×幅40cm×長200cm)<sup>3)</sup>を使用した。座屈防止杭の一形態として、マクラギ端部の碎石に等辺山形鋼(75mm)のアングル材を路盤まで打ち込んだ条件でも実施した。

4.3 比較試験の手順

作業直後の軌道状態の再現は、軌きょうをジャッキアップし、4頭式タイタンパーで道床つき固めをして道床を均一に緩め、マクラギと道床との縁切りをすることにより行った。また、道床は緩めたままとし、道床締め固めは施工しなかった(ただし、道床安定剤は、道床締め固めを実施した後に散布した)。この作業直後の軌道状態において、軌道変状防止の各種対策の道床横抵抗力を測定した。さらに、時間経過した後の道床横抵抗力の推移をあわせて測定した。この際、試験場所が試運転線であり、通過トン数が少ないことから、列車荷重を補うために軌道地固め機を繰り返して走行させた。図3に、試験の流れを示す。

4.4 道床横抵抗力の測定結果

道床横抵抗力は、軌道変状の防止対策ごとに3本のマクラギで測定した。図4は、軌道変状の防止対策ごとの道床横抵抗力(マクラギ移動量2mm時)の平均値の時間経過

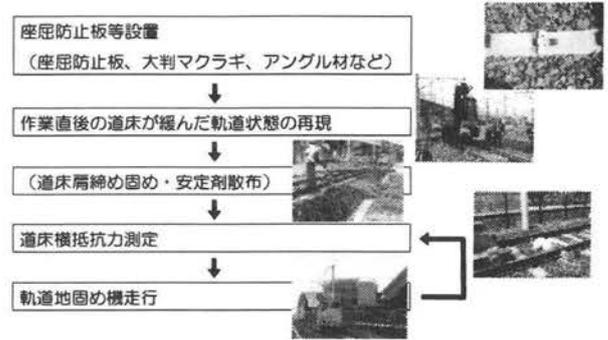
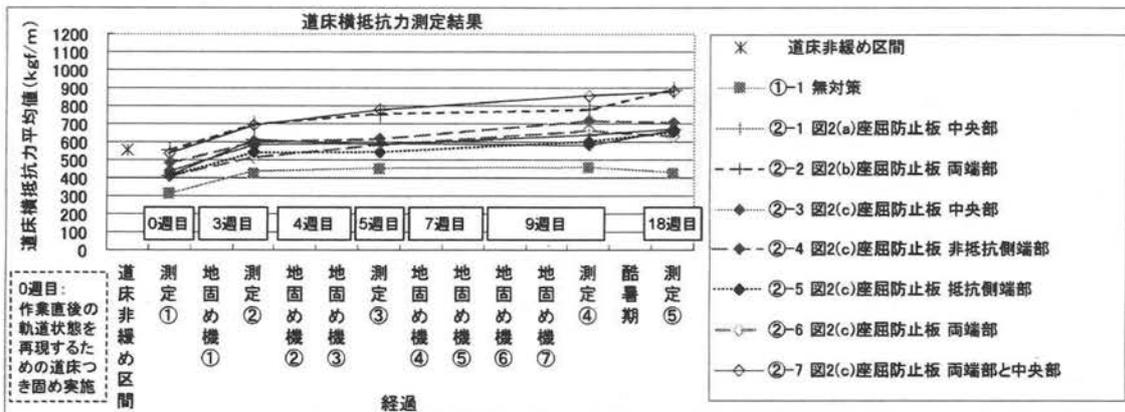


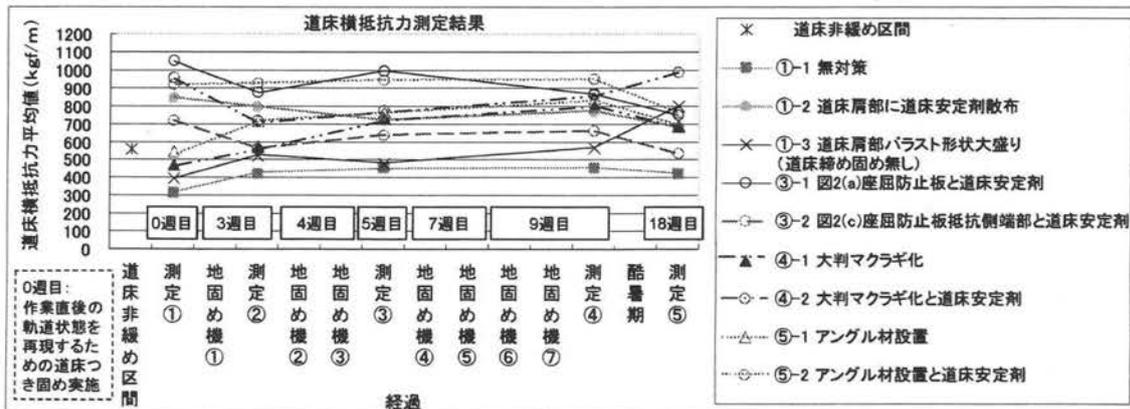
図3 比較試験の流れ

を示したものである。ここで、「道床非緩め区間」の値は、4頭式タイタンパーでの道床つき固め作業を実施していない区間での道床横抵抗力の測定結果であり、道床つき固め前の道床が緩んでいない状態での道床横抵抗力と考えてよい。測定①は、4頭式タイタンパーでの道床つき固め作業直後の道床横抵抗力の測定結果(道床安定剤散布箇所は、道床つき固め・道床安定剤散布後の結果)である。地固め機①~⑦は、軌道地固め機の走行日を示し、各走行日とも同一回数往復(30往復)した。

表3は、4頭式タイタンパーでの道床つき固め作業直後の道床横抵抗力の測定結果(図4の「測定①」)についての比較を示したものである。



(a) 座屈防止板の測定結果



(b) 座屈防止板以外の測定結果

図4 道床横抵抗力の測定結果

4.5 道床横抵抗力の測定結果の考察

道床横抵抗力の測定結果について考察すると、次のとおりとなる。なお、実務では、道床横抵抗力を実測した値に安全率 0.7 掛けをして実効値としているので、そのことを考慮して考察した。

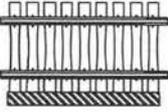
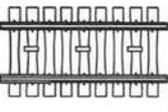
- ① 作業直後の軌道状態 (道床を緩めた直後) で、安全率 0.7 掛け後も道床横抵抗力を確保できたのは、道床安定剤散布のみであった。(図 4(b)の丸印 (●と○の印) が道床安定剤散布に関するもの)
  - ② 列車の通過トン数を補うため、軌道地固め機を振動走行させた。軌道地固め機の振動のために、道床碎石の粒子間の道床安定剤による接着が解消 (もしくは弱体化) された。この結果、道床安定剤散布箇所において、軌道地固め機走行後の道床横抵抗力が減少した。この点において、営業線での条件と異なった。
  - ③ 作業直後の軌道状態において、アングル材設置は、「道床非緩め区間」の道床横抵抗力程度の値を確保できた。しかし、安全率 0.7 掛けをすると、十分な道床横抵抗力を確保できない。これは、アングル材とマクラギ端部との十分な接触が難しく、道床横抵抗力測定時の 2mm というマクラギ移動量を抑えることが困難であるためである。
  - ④ アングル材と道床安定剤散布との組合せは、十分に道床横抵抗力を確保できた。これは、道床安定剤の効果によるところと、道床安定剤を介したマクラギ端部とアングル材との確実な接触の効果によるものと考えられる。
  - ⑤ 作業直後の軌道状態において、座屈防止板設置は、安全率 0.7 掛けをすると、十分な道床横抵抗力を確保できない。これは、座屈防止板設置の際に碎石が乱されたことにより、道床横抵抗力が減少したためである。時間の経過とともに、座屈防止板の効果は増加した。なお、試験条件として、道床締め固めをしていないことを重ねて記述する。
  - ⑥ 大判マクラギ化は、時間が経過した後では、道床横抵抗力の効果が発揮されたが、作業直後の軌道状態 (マクラギ交換直後) では、道床横抵抗力を確保できない。
- 表 4 は、この試験結果を踏まえて、作業直後の軌道状態でのレール張出し事故防止の要点をまとめたものである。

表 3 道床つき固め作業直後の道床横抵抗力の比較

試験の実施形態	道床つき固め作業前 (「道床非緩め区間」)に対する比較		道床つき固めをしたのみの状態 (①-1「無対策」)に対する比較	
	増減量 (kg/m)	比率	増減量 (kg/m)	比率
①-1 無対策	-246	0.56	-	-
①-2 道床肩部に道床安定剤散布	+282	1.51	+529	2.69
①-3 道床肩部(ラスト形状大盛り) (道床締め固め無し)	-161	0.71	+85	1.27
②-1 図2(a)座屈防止板 中央部	-146	0.74	+100	1.32
②-2 図2(b)座屈防止板 両端部	-2	1.00	+244	1.78
②-3 図2(c)座屈防止板 中央部	-123	0.78	+123	1.39
②-4 図2(c)座屈防止板 非抵抗側端部	-74	0.87	+172	1.55
②-5 図2(c)座屈防止板 抵抗側端部	-147	0.74	+99	1.32
②-6 図2(c)座屈防止板 両端部	-138	0.75	+108	1.34
②-7 図2(c)座屈防止板 両端部と中央部	-21	0.96	+225	1.72
③-1 図2(a)座屈防止板と道床安定剤	+489	1.88	+735	3.35
③-2 図2(c)座屈防止板抵抗側端部と道床安定剤	+155	1.28	+401	2.28
④-1 大判マクラギ化	-84	0.85	+162	1.52
④-2 大判マクラギ化と道床安定剤	+398	1.71	+644	3.06
⑤-1 アングル材設置	-15	0.97	+231	1.74
⑤-2 アングル材設置と道床安定剤	+356	1.64	+602	2.92

注) 今回の試験場所・試験条件での結果である。

表 4 作業直後のレール張出し事故防止の要点

軌道変状の防止対策の種類	図	作業直後のレール張出し事故防止の要点
道床安定剤散布		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作業直後の軌道状態において、<u>道床横抵抗力を確実に確保できる。</u></li> <li>・ 道床安定剤散布とアングル材設置、あるいは道床安定剤散布と座屈防止板設置という組合せをする必要はなく、<u>道床安定剤散布のみで道床横抵抗力は十分に確保できる。</u></li> </ul>
アングル材設置 (座屈防止杭の二形態)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>マクラギ端部とアングル材とを確実に接触させる工夫が必要である。</u></li> </ul>
座屈防止板設置		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 道床を緩める作業にあわせて設置するのではなく、<u>道床横抵抗力を発揮できる期間が得られるように、あらかじめ設置しておく必要がある。</u></li> </ul>

5. おわりに

今回、作業直後の軌道状態を再現し、同一条件で、既存の軌道変状防止の各種対策の効果を定量的に比較検証した。その結果、作業直後の軌道状態においては、道床安定剤散布の効果が高いことが確認された。この比較検証の結果が、工事作業時のレール張出し事故等の防止の参考となれば幸いである。

なお、道床安定剤散布には、雨天時には散布できない (製品によっては可能)、排水に悪影響を及ぼすおそれがある、MTT・BR 作業に支障する、発生碎石は産業廃棄物処理が必要となる、次工程で碎石除去作業等がある場合に労力を要する、といった側面もある。よって、道床安定剤の使用にあたっては、工事箇所、工事時期、次工程を含めた工事内容、散布後の影響などを考慮する必要があることを付記する。

参考文献

- 1) 軌道構造と材料 - 軌道・材料の設計と維持管理 -, pp.483-484, 交通新聞社, 2001
- 2) 坂東茂巳: 在来線におけるロングレールの拡大, 日本鉄道施設協会誌, 第 31 巻, 第 4 号, pp.16-18, 1993.4
- 3) 村尾和彦, 相原宏任: 省力化軌道の開発, JR EAST Technical Review, No.10-Winter, pp.14-19, 2005.3