

Ⅳ－ 3 直結軌道レール締結間隔に対する一考察（仙石線鳴瀬川橋梁）

J R 東日本 東北工事事務所 正会員 ○花川和彦
 J R 東日本 東北工事事務所 正会員 高木芳光
 J R 東日本 東北工事事務所 佐山 悟

1. はじめに

当社では、軌道のメンテナンスフリー化および騒音・振動の低減を図るため、レール直下部のみに弾性材を貼り付けたコンクリートマクラギを、高さ調整コンクリートにより固定した弾性マクラギ直結軌道（以下、弾性バラスト軌道という）を開発し、東北本線赤羽駅付近高架化工事、仙石線鳴瀬川橋梁改築工事などに敷設してきた。

弾性バラスト軌道の開発経緯において着目されてきたことは、敷設コスト及び騒音の低減であり、レール締結間隔は、当社の軌道整備心得における直結軌道（833mm 以下）およびスラブ軌道（625mm 以下）の締結間隔を参考に、直線区間では間隔 670mm、曲線区間では 625mm としていた。このような状況に対し、平成 12 年 6 月に供用開始した仙石線鳴瀬川橋梁改築工事では、レール締結間隔に着目し、締結装置間隔を拡大した 4 タイプの試験敷設を行った。本稿では、供用開始後に実施した実車による現地確認試験とシミュレーション解析について、結果と考察を述べる。

2. 現地確認試験

本試験では、レール締結間隔の拡大が表-1 に示す各試験項目について及ぼす影響を確認した。試験における各測定項目の最大値一覧を表-2 および 3（最大値及び平均値）に示す。

表-1 試験項目

	従来間隔	試験間隔	線形	試験項目
試験 A	625	670	R=400（定尺）	輪重、横圧、クリップ 応力、レール小返り
試験 B	670	670	直線（ロング）	輪重、レール圧力、クリップ 応力、レール上下変位
試験 C	670	700	直線（ロング）	輪重、レール圧力、クリップ 応力、レール上下変位
試験 D	670	800	直線（ロング）	クリップ 応力
試験 E	670	833	直線（ロング）	輪重、レール圧力、クリップ 応力、レール上下変位

表-2 曲線部試験結果最大値

試験 A	外軌
輪重 (kN)	71.2
横圧 (kN)	27.0
レール小返り角 (rad)	4.45×10^{-3}

表-3 直線部試験結果

	試験 B		試験 C		試験 D		試験 E	
	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値
輪重 (kN)	63.5	57.1	68.1	57.6	—	—	64.6	57.7
レール圧力 (kN)	30.5	25.7	30.9	28.0	—	—	37.9	30.1
レール上下変位 (mm)	0.75	0.67	0.66	0.62	0.79	0.68	0.83	0.69

表-3 の平均値から、締結間隔の拡大により軌道に作用する荷重、変位は増大するが顕著ではないことが分かる。表-2 および 3 の最大値より、輪重および横圧は、締結装置の設計荷重である B 荷重（しばしば発生する最大荷重で輪重は 86kN、横圧は 30kN）以下である。またレール小返り角は目安とされる $0.04\text{rad}^{1)}$ 以下、レール圧力は設計圧力 80kN 以下、レール上下変位は目安とされる 2.0mm 以下²⁾である。さらにクリップ応力の測定結果から、バンドロールクリップに対して鉄道総合技術研究所が提唱している耐久限度線図により耐久性の評価を行ったが、いずれの値も第一へたり限度、第一破壊限度^{*)3)}以下であった。以上のことからレール締結間隔を拡大した本試験敷設区間においては、問題となるような異常値は発生していないことが確認された。

3. シミュレーション解析

シミュレーション解析では、レール締結間隔の拡大が、①マクラギ直上と中間におけるレール変位の相違とこれに基づく輪重変動、②レール応力および締結作用力、③横圧による軌道変形という 3 項目に及ぼす影響について検討した。

上記①、②は図-1 に示す軌道動力学モデル⁴⁾により、車両走行時の軌道応答解析を行い、レール締結間隔

の変更に伴う各応答値への影響について検討した。③については図-2 に示すモデルによりレール小返り角とレール締結間隔の関係を算出した。また表-4 に解析条件を示す。解析結果の一例として図-3 に車輪の上下動に伴う輪重変動を、図-4 にレール小返り角とレール締結間隔の関係を示す。

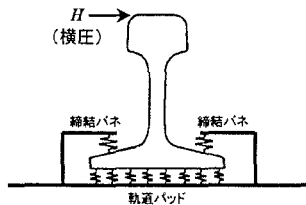
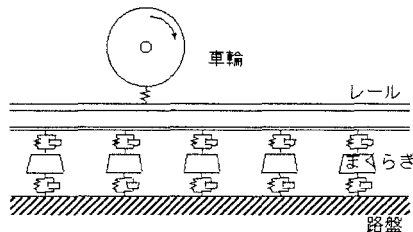


表-4 解析条件

レール種別	50N
締結装置	バンド・ロール(PRクリップ)
軌道バッド	60MN/m
防振体バネ係数	30MN/m/締結
車両	103系
静止輪重	58kN
走行速度	110km/h

図-1 弾性バラスト軌道の解析モデル

図-2 小返りモデル

図-3 より輪重変動の値は、レール締結間隔を 1,000mm とした場合でも 2.0kN 程度であり十分に小さい値である。また本解析では、図-3 の他にも車輪上下動、レール曲げ応力、締結反力およびマクラギ応力を算出したが、いずれも締結間隔を 1,000mm まで拡大しても特に問題となる値は算出されなかった。

図-4 においては、現地確認試験より横圧の最大値が 27kN であったため、横圧 20、30、40kN で計算したが締結間隔 670mm において、一般に小返り量の目安とされる 0.04rad を十分に満足することが分かった。なお、弾性バラスト軌道において横圧を測定したのは、本試験箇所が初めてである。したがって、横圧を締結装置の設計荷重 60kN (A 荷重) について計算したが、この場合においても、図-1 に示すように締結間隔 700mm までは、目安値 0.04rad を確保できることが分かった。

また実測値とシミュレーションの関係については、締結間隔 670mm と 833mm で、表-3 の輪重の平均値では 0.6kN の増加に対して図-3 の変動では同じく 0.6kN 増加していることから、同様の傾向を示していることが分かる。小返りについては、表-2 の実測値 (0.004rad) の方が図-4 の計算値より小さい値を示した。

4. まとめ

以上、現地確認試験およびシミュレーション解析により、本試験敷設について問題のないことを確認した。さらにこのシミュレーション結果より、従来の弾性バラスト軌道におけるレール締結間隔に対して、直線区間では間隔 1,000mm まで、曲線区間については締結装置の設計荷重 (A 荷重) で評価しても、間隔 700mm まで拡大可能と判断され、今後の同様な弾性バラスト軌道の敷設に際して、マクラギ本数の低減によるコストダウンが図られると思われる。

最後に、本研究を進めるにあたり、日本線路技術 (株) の関係者の皆様には多大なるご協力を頂きました。紙面を借りて謝意を表します。

＊) 第一へたり限度：ばね鋼材の繰返し荷重による疲れへたり限度線、第一破壊限度：さびを生じたばね鋼材の耐久限度線
「参考文献」1) 岩佐高吉他；弾性バラスト軌道における門型マクラギ、弾性材の疲労試験結果について、SED (JR 東日本構造技術センター監修) 第 15 号 pp36-41、平成 12 年 11 月、2) T606「省力化軌道の適用範囲」研究班；軌道関係走行判定標準の提案、鉄道技術研究所速報 NO.A-84-73、昭和 59 年 3 月、3) 須田征男他；新しい線路—軌道の構造と管理— p161、平成 9 年 3 月、4) 三浦重；軌道構造の動特性モデルの構築、鉄道総研報告 vol.9 No.12, pp7-12、平成 7 年 12 月

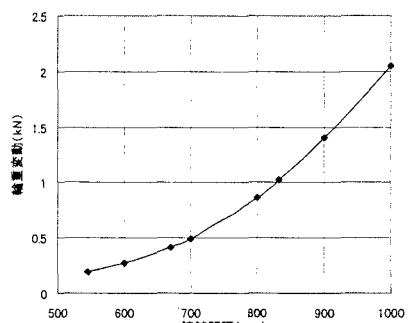


図-3 輪重変動

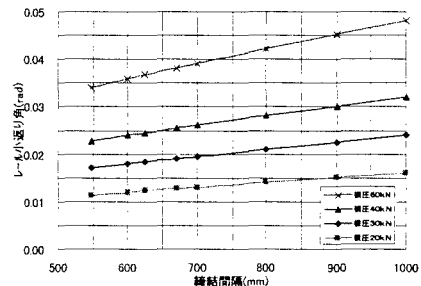


図-4 小返り角