

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PC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において着目されてきたことは、敷設コストおよび騒音の低減であり、レール締結間隔は、当社の基準における直結軌道（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において、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。この試験敷設した弾性バラスト軌道に対して表-1に示す試験を実施した。

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

本研究では、これまで供用開始後に実車による現地確認試験とシミュレーション解析を実施し、上記試験敷設について、その安全性を確認した¹⁾。しかしながら、現在、仙石線は車体重量の軽い電車のみでの運転であり、これまでの結果は、電車（103系）に対する評価である。本稿では、従来の結果に加え、他の列車荷重対応線区への適用を目的に、機関車荷重（EA-17）を考慮したシミュレーション解析を行ったので、その結果と考察を述べる。

2. シミュレーション解析

シミュレーション解析では、輪重などの鉛直荷重に対して、図-1に示す軌道動力学モデル²⁾により、車両走行時の軌道応答解析を行った。検討項目は、車輪上下動、輪重変動、レール曲げ応力、締結反力、マクラギ圧力である。また、横圧によるレールの小返りについては図-2に示すモデル³⁾により計算を行った。

表-2に解析条件を示す。なお、機関車としてはEA-17で最大のEF65を考慮した。またレール小返り角の計算において、今回の計算モデルでは、輪重の作用点とレール中心の偏心を考慮していないため、輪重による偏心モーメントは0となる。よって輪重は計算条件に入っていないため、103系とEF65では同様の計算結果となる。解析結果の一例として図-3にレール締結部と中間部のたわみ量の差により生じる輪重変動、図-4に締結反力、図-5にレール小返り角を示す。

図-3より輪重変動の値は、EF65とした場合でも103系とほとんど相違がなく、レール締結間隔を1,000mmとした場合でも2.5kN程度で、輪重変動率（輪重変動/静止輪重）の目安とされる0.13⁴⁾に対し、0.03程度

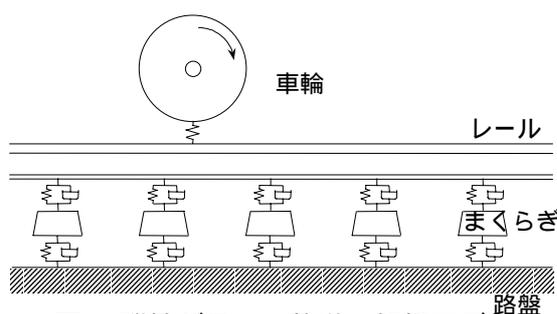


図-1 弾性バラスト軌道の解析モデル

キーワード 弾性バラスト軌道、レール締結間隔、軌道応答解析

連絡先（〒980-8580 仙台市青葉区五橋 1-1-1、TEL：022-266-9664、FAX：022-268-6489）

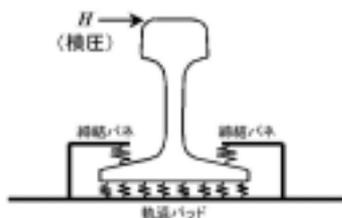


図-2 小返りモデル

表-2 解析条件

車両	103系	EF65
レール種別	50N	50N
締結装置	バンド・ロール(PRクリップ)	バンド・ロール(PRクリップ)
軌道パッド	60MN/m	60MN/m
防振体バネ係数	30MN/m/締結	30MN/m/締結
静止輪重	58.0kN	78.4kN
走行速度	110km/h	130km/h

であり、十分に小さい値であることが分かった。また図-4 より締結反力はEF65 では、103系よりも大きな値となるが、締結装置の設計時にしばしば発生する最大荷重として扱われる B 荷重が 86kN (輪重)であるのに対し、締結間隔を 1,000mm とした場合でも許容値を満足することが分かった。本解析では、図-3、4 の他にも車輪上下動、レール曲げ応力、マクラギ応力を算出したが、いずれも締結間隔を 1,000mm まで拡大しても許容値を満足することが分かった。

図-5 では、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 1,000mm においても、一般に小返り量の目安とされる 0.04rad^5 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。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-5 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。

4 . まとめ

今回、電車走行区間における現地確認試験およびシミュレーション解析に加え、EA-17 荷重を考慮した解析を行ったが、解析結果に大きな違いは見られなかった。以上のことから、EA-17 荷重の対応線区も含めて、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 まで拡大できる可能性が示された。

今後の課題として、繰返し荷重による締結装置の性能試験、高さ調整コンクリートの設計条件の確認等が挙げられ、安全性を確認した上で、適切な締結装置間隔を決定し、弾性バラスト軌道敷設のコストダウンを図っていきたいと考えている。

最後に、本研究を進めるにあたり、(株)日本線路技術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。

「参考文献」1) 花川和彦他：直結軌道レール締結間隔に対する一考察、平成12年度土木学会東北支部、2) 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、3) 須田征男他：新しい線路 軌道の構造と管理 pp197-202、平成9年3月、4) 名村明他：支持弾性遷移区間の軌道の挙動解析、鉄道総研報告 vol.11、No.2、平成9年2月、5) 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

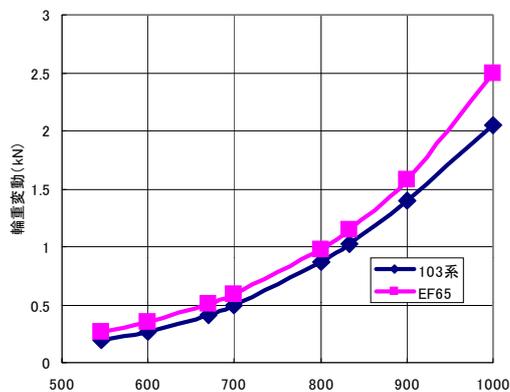


図-3 輪重変動

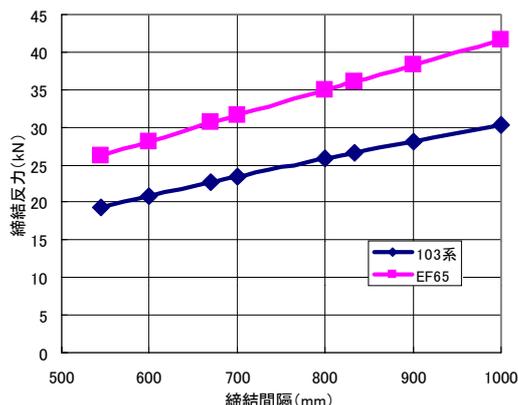


図-4 締結反力

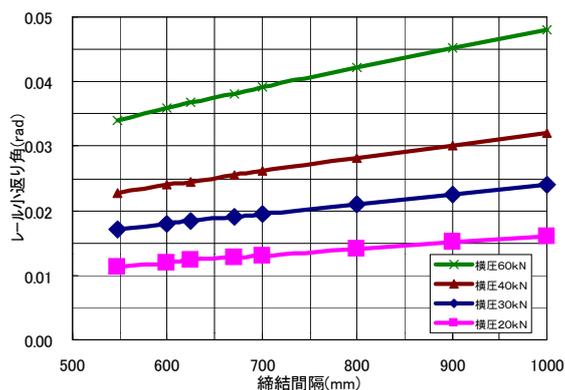


図-5 レール小返り角