

浮きまくらぎの検出方法に関する基礎的考察

九州大学大学院
九州大学大学院
(公財)鉄道総合技術研究所

学生会員
フェロー会員
正会員

○張順智
園田佳巨
楠田将之

1. 目的

鉄道におけるバラスト軌道では、列車荷重は弾性支持されたレールの梁の効果によって分散され(図-1 参照)、下部のまくらぎ、バラストおよび路盤へと伝達されることから、全てのまくらぎとバラストが常時接触している状態が理想とされている。しかし、実際には図-2 のように、道床バラスト面の不陸にレールのたわみ が追従できず、浮きまくらぎ(無載荷時にまくらぎと支持面間に隙間がある状態)が存在している場合がある。

浮きまくらぎが存在すると、車両の走行時にまくらぎに大きな上下変位が発生し、バラストとまくらぎの衝突によるバラストの破碎や噴泥現象が誘発されることで軌道の状態が悪化するなどの悪影響が生じる。さらに、浮きまくらぎの影響で各まくらぎの荷重分担が変化し、軌道を構成する各部材の分担力にも大きな変化をもたらすことになる。そのため、まくらぎの支持状態を正確に把握することは、バラスト軌道の適切な維持管理やバラスト軌道の挙動解明を進めていく上で極めて重要である。なお、通常バラスト軌道の設計は、浮きまくらぎの存在・影響については考慮していない。本研究では、不均一な支持状態におけるバラスト軌道の挙動を力学的に把握することを目的とし、浮きまくらぎの分布を簡潔に精度よく検出する手法について検討した。

2. 内容

2.1 解析概要

バラスト軌道は、軌きょうが、表面に不整がある道床上に載っている状態とみなすことができ、浮きまくらぎは、無載荷時と車両荷重載荷時のレール変形形状の差を求めることにより検出が可能と考えられる。具体的には、無載荷時に、軌きょうは表面に不整があるバラスト道床上に載っている状態とみなし、浮きまくらぎが無い場合には、レールの変形形状はバラスト道床上面形状と一致することを前提とした解析を行う。

2.2 解析モデル

解析の対象とする軌道区間は、レール、まくらぎ、バラスト、路盤からなる。解析対象は、図-3 のように車両進行方向と鉛直方向の二次元自由度を有する梁要素を用いて、片側レールだけを対象に有限要素モデルで構築した。その上で、所定の軌道区間に対し、軌きょうの起点のまくらぎとその直下の道床上面間に座標原点を設け、車両進行方向をx軸、鉛直方向をy軸とした。

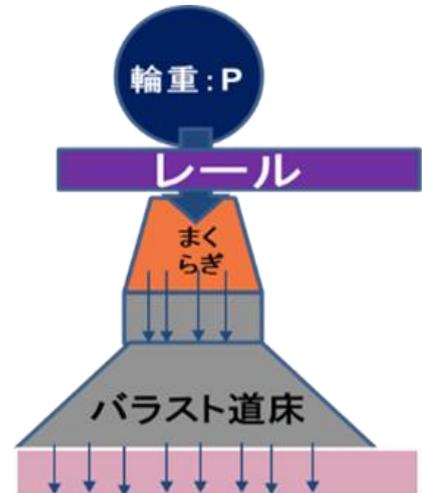


図-1 バラスト軌道における荷重の伝達

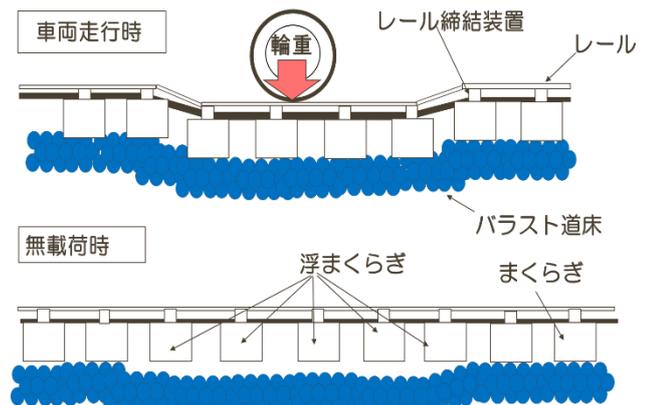


図-2 浮きまくらぎの概念図

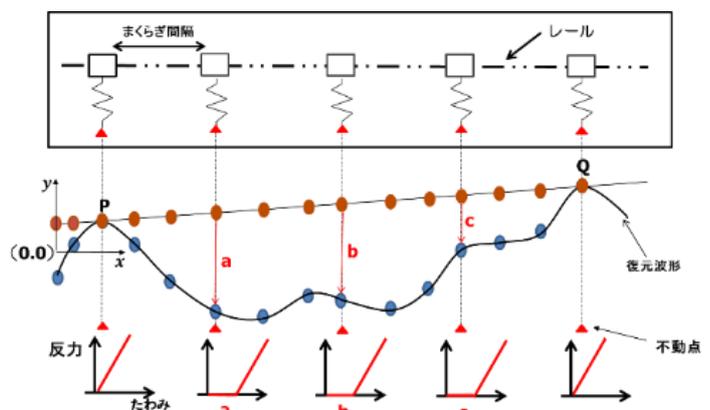


図-3 解析モデル

キーワード バラスト軌道、浮きまくらぎ、FEM、バネ特性

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 W2-1102 TEL 092-802-3370 FAX 092-802-3371

a) レール

レールは梁要素と仮定し、断面・材料諸元に基づく曲げ剛性と質量を与えた。本研究では、JIS50kgN レールを想定し、ヤング率は 210000N/mm^2 、断面二次モーメントは 1968cm^4 とした。

b) バラスト道床および路盤

バラスト道床および路盤はレールと不動点を結合するバネ要素とし、バネ特性は軌きょうとバラスト道床面との接触の有無に応じて異なる二段階の特性を与えた。具体的には、バラスト道床と路盤の剛性を想定した接触時の剛性は 48.8kN/mm とし、非接触時は反力を生じないように 0 にすることで浮き状態を表現した。

バネ要素については、軌きょうとバラスト道床表面との接触を考慮した非線形特性を持たせ、現地のまくらぎ位置に対応して離散的な配置とした。

c) まくらぎ

まくらぎはバラスト道床に支えられる質点とし、解析対象区間のまくらぎ位置・種別に応じてレール要素を支えるバネ質点モデルとして対応する節点上に配置した。

d) 拘束条件

バラスト軌道モデル(まくらぎ、レール、バラスト道床で構成)の支持条件として、道床底面に設けた節点の全自由度を拘束した。また、まくらぎが道床に接地している点(今回は、図-3 の P, Q 点)で軌きょうが支えられていると仮定し、この2点 P, Q 上でレール要素の自由度を拘束(レールと道床が同一挙動すると仮定)した。以上の条件下で、梁の各節点にレール、まくらぎの自重に相当する荷重を 1000 分割し、増分解析を行うことでレールとまくらぎが徐々に下方に変位し、自重と釣り合う位置を求めた。

2.3 解析結果

検討対象箇所測定された軌道検測車のデータより復元波形を算出し、これと上記の解析により算出したレール鉛直変位の差を浮きまくらぎ量と推定した。浮きまくらぎ量と実測値とを比較した結果を図-4 に示す。この図より、今回の計算対象とした一般的な軌道構造では、浮きまくらぎ量の実測値と浮きまくらぎ量の推定値との差が小さく、概ね妥当な結果が得られることが確認された。

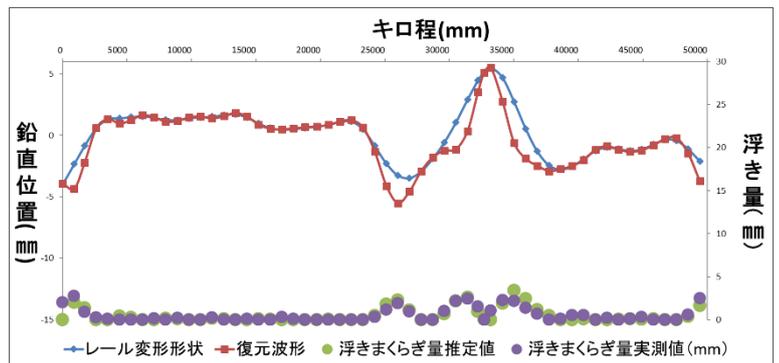


図-4 区間 A 左 実測値と解析結果の比較

3. 結論

今回の簡易な解析で、浮きまくらぎの位置と量について精度良く推定できることがわかった。図-5 は、同手法で求めた浮きまくらぎを有するモデルに、列車を 40km/h で走行させた場合のレール沈下量の時刻歴応答を示したものである。今後は、このような動的解析を行うことで、浮きまくらぎの力学的な影響について詳細に解析を行う予定である。

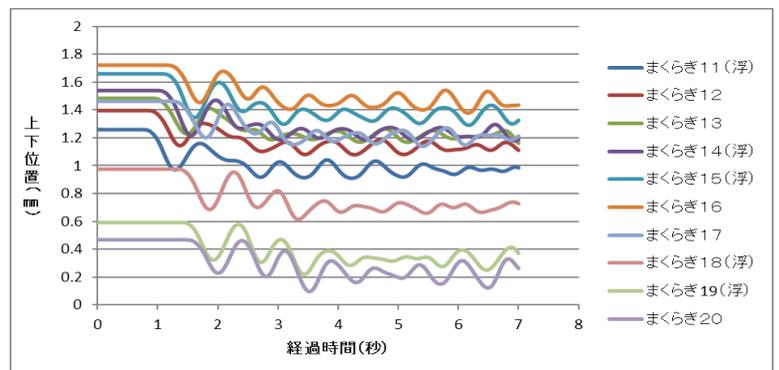


図-5 動的解析の結果

参考文献

- 1) 楠田将之, 松本麻美, 片岡宏夫: 軌道変位データに基づく浮きまくらぎ検出手法, 土木学会論文集 A2(応用力学) 74 巻(2018)2 号