

バラスト軌道における浮きまくらぎの検出と線路保守実務への応用に関する研究

楠田, 将之

<https://hdl.handle.net/2324/4110582>

出版情報 : Kyushu University, 2020, 博士 (工学), 論文博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 楠田 将之

論 文 名 : バラスト軌道における浮きまくらぎの検出と線路保守実務への
応用に関する研究

区 分 : 乙

論 文 内 容 の 要 旨

バラスト軌道は、まくらぎに伝達された車両からの荷重を、バラスト道床により路盤、路床へと分散し伝達する構造物である。そのため、まくらぎとバラストが常時均一に接触しているのが理想である。しかし、実態として、自重のみ作用する無負荷時に、まくらぎ下面がバラストに接触せずレールにぶら下がっている浮きまくらぎが散見される。浮きまくらぎは、車両走行時に路盤面からの噴泥を誘発し軌道状態を急速に悪化させる一因となる。また、軌道の座屈に抵抗する道床横抵抗力のうち約 1/3 を占めるまくらぎ底面負担分を喪失させ、主に夏季期間のレール高温時に対する軌道の座屈安定性を低下させる。バラスト軌道では、車両通過に伴い支持面であるバラスト道床が塑性変形していくため、浮きまくらぎは構造上必然的に存在するものと考えられる。

一方、バラスト軌道の設計・照査では、まくらぎは均一なバラスト道床面に支持されている前提としており、浮きまくらぎを適切に考慮していない。そのため、軌道を構成する各部材の負担力や、軌道の安定性の実態を精度良く把握することができず、長年の経験に依存している部分も多い。なお、浮きまくらぎの検出に関する各先行研究は、いずれも検出精度が不明な点や、測定やデータ処理に労力を要する点で課題があり、浮きまくらぎの実態やその具体的影響は不明であった。

そこで本研究では、浮きまくらぎを簡易かつ高精度に把握する手法を開発し、営業線における支持状態の実態把握と、軌道の座屈および軌道沈下に与える影響について検証した。加えて、線路保守への実務適用を目的とした簡易手法の検討を行った。

第1章では、研究の背景として、浮きまくらぎに関する課題認識、および既往の浮きまくらぎ検出手法に関する研究の概略を示すと共に、研究の目的について述べた。

第2章では、本論文において用いた鉄道の軌道分野の専門用語について技術的背景を含めて概説した。

第3章では、軌道の諸元と軌道検測車で測定された高低変位の復元データを用いて、数値計算により自重による軌きょうのたわみを算出し、浮きまくらぎを把握する手法を提案した。計算精度について、3~50 mの波長帯域で復元された高低変位データを用いて算出したまくらぎの浮き量および無負荷時の高低変位の計算値と、現地で測定した実測値とを比較し、PCまくらぎが敷設されたロングレール区間において良好に一致することを確認した。なお、本手法では、レール継目部において精度が低下すること、高低変位の復元波長帯域が精度に影響することを示した。また、本手法を用いてロングレール区間のまくらぎ支持状態の実態について調査し、高低変位の標準偏差が大きいほど浮きまくらぎの存在率が高くなり、連続浮きまくらぎの本数も多くなる傾向が見られることを明らかにした。

第4章では、不均一支持状態がレール温度上昇時における軌道の座屈発生温度に与える影響につ

いて検討した。軌道の座屈に抵抗する道床横抵抗力は、道床バラスト上面とまくらぎ下面間の摩擦力の影響を受ける。そこで、第3章で提案した手法を用いて、まくらぎ別に道床バラスト上面の死荷重の大きさを算出し、それに基づき道床横抵抗力を定義して、既往の研究で用いられている軌道座屈解析ツールを用いて軌道座屈の発生温度への影響を調査した。結果、連続浮きまくらぎ箇所では座屈発生温度の低下傾向が見られるものの、前後のまくらぎ支持状態の影響を受け大きくばらつくことがわかった。そこで、パラメータスタディにより、座屈直前時点における温度上昇量と、道床ばねに蓄えられるひずみエネルギーに一定の相関が見られる条件を明らかにし、個々のまくらぎの支持状態から、座屈発生温度が低下する座屈発生リスク箇所を抽出できる可能性を示した。

第5章では、浮きまくらぎ箇所を車両が走行する際のレール圧力が小さくなることを実測により確認し、これを数値計算により概ね再現可能であることを示した。さらに、営業線において、高低変位の経時変化とレール圧力との関係を調査し、浮きまくらぎ箇所において周囲を上回る沈下が生じ、浮きまくらぎ量が進行する箇所が多いこと、100mロットで整理すると、レール圧力の標準偏差が大きいほど高低変位標準偏差の進みが大きくなる傾向が見られることを確認した。また、レール圧力のばらつきを100mロットの変動係数で整理すると、この値はまくらぎ間隔が大きくなるほど小さくなる傾向が見られることを確認した。

第6章では、営業線に存在するまくらぎの間隔や質量および支持剛性のばらつきが、浮きまくらぎ検出の精度に与える影響について感度分析を行い、これらを適正に設定すれば影響は小さいことを明らかにした。それを踏まえて、浮きまくらぎの検出を線路保守現場で容易に行うことができるプログラムを開発し、その概要と適正な使用方法について示した。

第7章では、本研究で得られた結論を記し、今後の展望について述べ、本論文の結論とした。

〔作成要領〕

1. 用紙はA4判上質紙を使用すること。
2. 原則として、文字サイズ10.5ポイントとする。
3. 左右2センチ，上下2.5センチ程度をあげ，ページ数は記入しないこと。
4. 要旨は2,000字程度にまとめること。
(英文の場合は，2ページ以内にまとめること。)
5. 図表・図式等は随意に使用のこと。
6. ワードプロ浄書すること（手書きする場合は楷書体）。
この様式で提出された書類は，「九州大学博士学位論文内容の要旨及び審査結果の要旨」
の原稿として写真印刷するので，鮮明な原稿をクリップ止めで提出すること。