



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Effects of freeze-thaw of ballasted track on railway train vibration in cold regions and its evaluation [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	ZHANG, Shoulong
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15186号
Issue Date	2022-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/87213
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	ZHANG_Shoulong_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士 (工学)	氏名	ZHANG Shoulong
審査担当者 主 査 教 授	石川 達也		
副 査 教 授	渡部 要一		
副 査 教 授	松本 高志		

学位論文題名

Effects of freeze-thaw of ballasted track on railway train vibration in cold regions and its evaluation

(凍結融解が有道床軌道の軌道狂いと車体動揺に及ぼす影響とその評価に関する研究)

北海道のような寒冷地域では、冬期から春期にかけて鉄道線路は繰返し凍結融解作用を受ける。凍上性路床を有する有道床軌道(バラスト軌道)では、軌道構造が凍結融解により大きく変形する結果、列車の走行安定性・安全性に大きく支障し、線路の保守作業が増加する。また、線路沿いの地盤条件(地下水位、土質、地下構造物の有無など)が異なるために、凍結融解が発生すると線路に縦断方向の不陸が生じる場合がある。例えば、カルバートや暗渠などが埋設されている地下構造物遷移区間では、複雑な温度境界条件を有するため空間的に不均一な凍上現象と融解沈下が発生し、地下構造物が無い区間と比較して、縦断方向の軌道走行面の変形、即ち軌道狂いを助長する。このような状況を踏まえ、本研究では、寒冷地における鉄道車両の運行管理の合理化と凍結融解による軌道狂い抑制のための効果的な対策を鉄道事業者に提示することを目的として、バラスト軌道の地下構造物(ボックスカルバート、パイプカルバートなど)遷移区間を研究対象とし、凍結融解がバラスト軌道の軌道狂いと車体動揺に及ぼす影響とその評価法について検討する。このため、本研究では、バラスト軌道の凍結融解解析と、それにより得られる凍結融解に因る軌道狂いを考慮して車両/軌道系振動解析を実施し、各種条件が凍結融解に因る軌道狂いに及ぼす影響と、その軌道変形が列車の車体動揺に及ぼす影響を、それぞれ定性的・定量的に検討する。具体的には、まず、バラスト軌道の凍結融解解析では、凍上性路床の凍上・融解沈下による軌道走行面の変形とそれに伴う軌道狂いへの温度境界条件と地盤条件の影響を検討する。なお、本研究では、軌道走行面の変形量と軌道狂い量の関係を定量的に評価するため、波長と振幅という二つの指標を用いており、計算された軌道走行面の変形量は、励振として車両/軌道系振動解析に入力される。続いて、車両/軌道系振動解析では、凍結・融解期のバラスト軌道における車両/軌道系の相互作用を検討するため、凍結融解に起因する軌道狂いの進展が車体動揺や動的輪重の変化に及ぼす影響を評価する。最後に、列車の走行安全性(最小輪重、最大輪重、輪重減少率)および走行安定性(車体加速度、スパーリング乗心地指数)の観点から、バラスト軌道の凍結融解が走行車両の車体動揺に及ぼす影響を評価する。

本論文は7つの章から構成されている。第1章では、この研究の背景、文献レビュー、研究目的、および研究の構成について紹介する。第2章では、本研究で使用するバラスト軌道の凍結融解解析モデルの概略、支配方程式、パラメーター、および境界条件について説明する。第3章では、本研究で使用する車両/軌道系振動解析モデル(車両モデル、車輪/レールの接触モデル、軌道構造モデル)の概略、モデル解析精度の検証、およびシミュレーション条件について説明する。第4章では、気温、地下水位、および埋設構造タイプの違いが路床の凍結融解によって生じるバラスト軌道の軌

道変形・軌道狂いに及ぼす影響を評価する。第5章では、凍結融解に因る軌道狂いが走行列車の車体動揺に及ぼす影響について検討し、走行安全性と走行安定性の観点から列車の運行速度や凍結融解に因る軌道狂いの整備基準について体系的に評価する。第6章では、凍結融解に因る軌道変形を考慮して、列車繰返し通過時のバラスト道床の沈下進みの傾向と軌道狂い進みが車体動揺に及ぼす影響について検討する。最後に、第7章では、この研究の結論を要約し、将来の研究のためのいくつかの研究課題を示す。

これを要するに、著者は、これまで工学的検討が充分なされていなかった寒冷地のバラスト軌道の凍上・融解沈下に伴う軌道狂いの発生機構と、凍結融解に因る軌道狂いが走行車両の車体動揺に及ぼす影響について数値解析的に検討し、凍結融解作用を受ける寒冷地の鉄道線路の保守管理や列車の運行管理に対して貴重な知見を得たものであり、寒冷地特有の実務問題の一つである凍上被害を合理的に解決し、寒冷地に存する交通基盤施設の設計施工・維持管理の高度化と信頼性の向上を図る上で、寒冷地地盤工学および鉄道工学の発展に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。