室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

凍上に対するコンクリート舗装の設計法に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-06-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 上野, 千草 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15118/00010858

氏　　名	上野　千草
学位論文題目	凍上に対するコンクリート舗装の設計法に関する研究
論文審査委員	主査　教　授　木幡　行宏
	教　授　川村　志麻
	准教授　菅田　紀之

論文内容の要旨

本研究は，道路舗装における高耐久化，長寿命化による維持管理頻度の抑制，ライフサイクルコストの縮減に資するため，積雪寒冷地のコンクリート舗装における新たな路床設計法の提案を目指したものである．本研究の検討対象は路床の凍上対策であり，既存設計法の評価を行うため既設舗装の損傷調査，FEM 解析・疲労度計算を用いた舗装寿命評価を実施した．さらに，新たな設計法の提案を行うため最大凍結深さの実測技術および推定手法について，試験舗装および供用中の道路を用いて検討した．

「コンクリート舗装では微量凍上でもクラックが発生する」との指摘がある（北海道舗装史，1985.）．しかしながら，我が国の設計法（舗装設計便覧，2006.）は凍上を許容しており，設計期間内における凍結深さの 70 %までを非凍上性の材料で置き換える設計法を採用している．本研究では，現在の設計法の妥当性を評価するためコンクリート舗装の現地調査を実施した．この結果，凍結深さより浅い位置に凍上性の路床土が存在する調査箇所において，コンクリート舗装版の構造的な損傷が多いことが明らかとなった．次に，FEM 解析および疲労度計算を用いた舗装寿命評価手法を用いて凍上が舗装寿命に及ぼす影響を検討した．この結果，路床に凍結が入りわずかでも凍上が発生すると，舗装寿命が大幅に低下することが明らかとなった．

また，現在道路設計に用いられている凍結深さの推定手法（舗装設計便覧，2006.）についてコンクリート舗装に対する適用性を評価するため，この推定値と実測値との比較を行った．凍結深さの実測にあたり，舗装体温度と電気抵抗を自動計測し凍結・不凍結・融解を判定する手法を開発し，精度の高い凍結深さ計測を可能とした．比較の結果，推定手値と実測値の間に乖離が確認された．このため，明色舗装であるコンクリート舗装の特徴を加味することが可能な熱収支解析・熱伝導解析を用いた新たな推定手法を検討し，実際の凍結深さとの比較を行い，±50 ㎜程度の精度で推定が可能であることを明らかにした．以上の成果に基づき，コンクリート舗装の置換厚を設定するための新らたな手法と，舗装体の凍結深度を自動計測する技術を提案した．

本研究は，近年の社会的要請を踏まえ，舗装構造設計における社会問題解決型研究と理論的設計を連携させた取り組みに位置づけられる．また，コンクリート舗装における凍結深さの推定手法と凍上を考慮した設計条件を提案した研究成果は，その連携に大いに寄与するも

のであると考えられる.

ABSTRACT

The purpose of this study is to propose a new subgrade design method for concrete pavement in cold snowy regions in order to contribute to the reduction of maintenance frequency and the reduction of life cycle cost by increasing the durability and life of road pavement. The subject of this study was measures against frost heaving of subgrade, and in order to evaluate the existing design method, damage investigation of the existing pavement, FEM analysis and pavement life evaluation using fatigue degree calculation were carried out. Furthermore, in order to propose a new design method, the measurement technique and estimation method of the maximum freezing depth were examined using the test pavement and the road in service.

It has been pointed out that "cracks occur in concrete pavement even on slight frost heaving" (Hokkaido Pavement History, 1985.). However, Japan's design method (Pavement Design Handbook, 2006.) allows frost heaving, and adopts the design method in which up to 70% of the freezing depth within the design period is replaced with non-frost heaving material. In this study, field surveys of concrete pavement was conducted to evaluate the validity of the current design method. As a result, it was clarified that many structural damages of the concrete pavement slab occurred at the survey location where the frost heaving subgrade soil was present at a position shallower than the freezing depth. Next, the effect of frost heaving on pavement life was examined using a pavement life evaluation method using FEM analysis and fatigue calculation. As a result, it was clarified that if the subgrade freezes and even a slight frost heaving occurs, the pavement life will be significantly reduced.

In addition, in order to evaluate the applicability of the maximum freezing depth estimation method (Pavement Design Handbook, 2006.) currently used for road design to concrete pavement, comparison with the actual freezing depth was performed. In order to obtain the freezing depth, the method has been developed that automatically measures the pavement temperature and electrical resistance to determine freezing, non-freezing, and thawing. This enables highly accurate automatic measurement. As a result of comparison, a discrepancy was confirmed between the currently used estimation method and the actual freezing depth. Therefore, a new estimation method using heat balance analysis and heat conduction analysis that can take into account the characteristics of concrete pavement, which is light-colored pavement, was investigated. It was clarified that the difference between the new estimated value and the actual

freezing depth is about ± 50 mm, which proves to be highly accurate. Based on the above results, new method for setting the replacement thickness of concrete pavement, and technique for automatically measuring the freezing depth of the pavement was proposed. Based on recent social demands, this research is positioned as an initiative that links social problem-solving research in pavement structure design with theoretical pavement design. The research results that propose a method for estimating the freezing depth in concrete pavement and design conditions that take frost heaving into consideration are considered to greatly contribute to the cooperation.

論文審査結果の要旨

本研究は，道路舗装における高耐久化，長寿命化による維持管理頻度の抑制，ライフサイクルコストの縮減に資するため，積雪寒冷地のコンクリート舗装における新たな路床設計法の提案を目指したものである．

本研究の検討対象は路床の凍上対策であり，既存設計法の評価を行うため既設舗装の損傷調査，FEM解析・疲労度計算を用いた舗装寿命評価を実施した．さらに，新たな設計法の提案を行うため最大凍結深さの実測技術および推定手法について，試験舗装および供用中の道路を用いて検討した．我が国の設計法は，凍上を許容しており，設計期間内における凍結深さの70 %までを非凍上性の材料で置き換える設計法を採用している．本研究では，現在の設計法の妥当性を評価するためコンクリート舗装の現地調査を実施した．この結果，凍結深さより浅い位置に凍上性の路床土が存在する調査箇所において，コンクリート舗装版の構造的な損傷が多いことが明らかとなった．次に，FEM解析および疲労度計算を用いた舗装寿命評価手法を用いて凍上が舗装寿命に及ぼす影響を検討した．この結果，路床に凍結が入りわずかでも凍上が発生すると，舗装寿命が大幅に低下することが明らかとなった．

また，現在道路設計に用いられている凍結深さの推定手法（舗装設計便覧，2006.）についてコンクリート舗装に対する適用性を評価するため，この推定値と実測値との比較を行った．さらに，凍結深さの実測にあたり，舗装体温度と電気抵抗を自動計測し凍結・不凍結・融解を判定する手法を開発し，精度の高い凍結深さ計測を可能とした．比較の結果，推定手値と実測値の間に乖離が確認された．このため，明色舗装であるコンクリート舗装の特徴を加味することが可能な熱収支解析・熱伝導解析を用いた新たな推定手法を検討し，実際の凍結深さとの比較を行い，±50 mm程度の精度で推定が可能であることを明らかにした．

以上の成果に基づき，コンクリート舗装の置換厚を設定するための新らたな手法と，舗装体の凍結深度を自動計測する技術を提案した．

これらの成果から，本論文は，凍上に対するコンクリート舗装の設計法に関する研究に大いに貢献するものである。よって，博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める．