

## 学位論文審査結果の要旨

専攻主任



博士（工学） 申請者 川端伸一郎

### 審査委員

主査 教授 神谷 光彦  
副査 教授 土岐 祥介  
副査 教授 笠原 篤  
副査 教授 苫米地 司

### 土の凍上抑制工法と火山灰土の凍上特性に関する研究

土の凍結・凍上に関する研究は寒冷地では古くから行われてきている研究であるが、近年、建設コストの削減や環境保全の観点から、新たに検討を要する問題が生じてきている。

凍上抑制に関する研究は道路舗装の進展や除雪路線の拡大でその重要性が認識されるようになり、道路の設計・施工の分野で精力的な研究がなされ、多くの対策工法が提案されている。中でも、凍結深さの一定割合まで砂や碎石などの非凍上性の材料で置き換える置換工法は広範囲に利用されその信頼性も高い。しかし、非凍上性材料の枯渇、採取による環境への影響や発生土の処理・処分の問題が顕在化してきている。

また、構造物についてみると、その基礎が凍結深より深い場合は凍上に関する問題は生じないが、一般住宅のような浅い基礎では対策が必要となる。一般住宅の凍上対策は指針として整備されて来ているが、畜舎のような住宅とは温度環境の異なる場合には経済性も考慮に入れた対策工法が求められている。

このような背景を基に、本論文は、凍上抑制層としての粗粒火山灰土の凍上性評価法、石灰安定処理による凍上抑制工法および畜舎の凍上対策工法を主題として研究し、7章より構成されている。

第1章は、凍上抑制工法の現状と問題点を整理し、本論文の研究目的を述べている。

第2章では、凍上発生メカニズムや現状の凍上対策工法、凍上性の判定方法ならびに石灰安定処理の基本的な反応メカニズムについて説明している。

第3章では、粗粒火山灰土の簡易な凍上性判定法を提案している。北海道の粗粒火山灰土は安価で入手しやすい材料として広く利用されてきたが、火山灰土の工学的性質を簡易な指標から判定することは難しく、特に凍上性は一般的な粗粒土のような細粒分含有率による判定が困難である。そのため、火山灰土の凍上抑制層への利用に当たって、凍上試験が義務付けられるようになってきてから、その利用は少なくなっている。本論文では北海道内の噴出源の異なる種々の火山灰土を採取し、物理試験および凍上試験を行い、自然含水比と自然含水比/最適含水比を指標として4つの分類領域を設定し、簡易な凍上性の評価法を提案している。

第4章では、置換工法に代わる凍上抑制工法として石灰安定処理に着目し、その凍上効果

を検証している。凍上抑制の効果は石灰添加率や養生日数によって変化し、特に養生日数による影響が大きいこと、および強度との関係ではCBRを100程度まで改良することにより凍上の抑制が可能であることを示している。しかし、CBRを100程度まで改良するには、多大な費用を要し、再掘削の支障にもなることから、石灰添加後、締固めをせずに養生する混合養生による試験を行い、低強度でかつ凍上抑制効果が石灰添加後直ちに締固める締固め養生よりも顕著であることを実証する結果を得ている。このことから、石灰混合から締固めまでの養生時間は凍上抑制効果に影響しないため、凍上性材料をプラント混合で改良することにより、広範囲の発生土の利用が可能であることを示唆している。また、従来石灰安定処理土の凍上抑制効果は粒子間結合力の増加と透水性の減少に起因するものと考えられていたが、これらは、凍上抑制因子としては関連が薄いことを確認している。さらに、pF試験の結果から石灰添加により、土粒子が団粒化して骨格構造が変化するため、毛管力が低下し、吸着水膜の減少が凍上を抑制することを示し、石灰安定処理による凍上抑制の原理を明確にした。

第5章では、これまで凍上抑制を目的とした実施例がほとんどなかった原位置での石灰安定処理工法を行い、凍上抑制効果を検証している。この施工例では石灰添加率を10%にすると砂と同様の凍上抑制効果が得られ、さらに、凍結深さは砂を用いた場合より20cm程度減少した。この成果は石灰安定処理工法では凍上抑制層の層厚を減ずることが可能であることを示唆している。

第6章では、畜舎を対象とした原位置観測データから凍結環境の調査と断熱工法の有効性の検証を行っている。その結果は、一般住宅等に用いられる基礎断熱併用スカート断熱工法は外部の地盤の凍結抑制には効果があるが、畜舎では一般住宅等と異なり施設内部からの熱供給がないため、内部の凍結深度が深くまで達することを明かにした。さらに、人が作業するミルクパーラー、家畜が居住し敷き藁のある畜舎と給飼舎の計測結果をもとに、施設区分により、凍結深さを分類し、家畜の居住や敷き藁の断熱効果を報告している。これらの結果に基づき、積雪の多寡、凍上の許容性および家畜の居住を指標として6種の凍上対策工法を提案している。

第7章では、本論文で得られた結果をまとめ、今後の凍上対策工法の課題を提起している。

以上のように、本論文は粗粒火山灰土の簡易な凍上判定法を示して、凍上抑制層としての利用の道を開き、石灰安定処理土の凍上抑制効果の原理を示すとともに、原位置の凍上性土の有効利用法の可能性を示唆し、さらに、畜舎などを積雪条件や使用環境毎の凍上対策工法を提案している。これらは、近年求められている建設コストの削減や環境保全に極めて有用であり、地盤工学の発展に寄与するものである。

よって、著者は北海道工業大学博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。