

学位論文内容の要旨

申請者氏名 川端 伸一郎

土の凍上抑制工法と火山灰土の凍上特性に関する研究

寒冷地において冬期に地盤が隆起する凍上現象は、道路構造物をはじめ各種の構造物に機能低下や損傷・破壊などの甚大な被害を生じさせる。このような凍上被害に対しては、既に構造物の重要度に応じ、幾つかの凍上対策工法が提案されており、中でも凍上性の土を非凍上性の土に置き換える置換工法は、高い信頼性と適用範囲の広さから多くの構造物に利用されている。しかし、置換工法は近年の建設コストの削減や環境問題から様々な問題点も取り上げられてきている。これは、置換工法が常に置換対象となった土の処分地確保や大量の粗粒材料を必要とするためであり、処分地や土取場周辺的环境保全の面から時代と共に注目され始めたものである。これに伴い、凍上抑制工法に関する研究は、新たな展開を見せはじめ、置換厚さの見直しや天然の粗粒材料に代わる代替材料の開発、置換工法以外の凍上抑制工法の試行が積極的に行なわれるようになってきている。

本論文は、凍上抑制工法に関わる問題として、材料の凍上性評価手法や置換対象土の削減を目的とした石灰による安定処理の凍上抑制効果の検討、ならびに構造物の種類に応じた凍上対策工法の提案などを行い、各種凍上対策工法の効果と道内に多く存在する火山灰土の凍上特性を明らかにすることを目的とした。

本論文は、全7章で構成されている。

第1章では、凍上抑制工法の現状と問題点を述べ、本研究の目的を示した。また、既往の研究と本研究の関連性を示し、本研究が扱う問題を明確にした。

第2章では、凍上発生のメカニズムや現状の凍上対策工法、凍上性の判定方法などについて述べた。さらに、凍上抑制工法として期待される土質安定処理について、主に石灰安定処理を取り上げ、その基本的な反応メカニズムについて解説した。

第3章では、各種火山灰土を対象に凍上特性および凍結融解作用を受けた場合の材料性状の変化について述べ、次のような結果を得た。

- 1)従来型の細粒分含有率と強熱減量による凍上性判定では、規定値外に多くの非凍上性の火山灰土が存在することを示した。
- 2)自然含水比と土粒子の密度による火山灰分類を用いると、自然含水比が低いVs1とVs2に非凍上性材料が分布することを明らかにした。
- 3)自然含水比(ω_n)と最適含水比(ω_{opt})の関係より非凍上性火山灰土は $\omega_n \cong \omega_{opt}$ 、凍上性は $\omega_n > \omega_{opt}$ の関係になることを明らかにし、自然含水比と最適含水比の関係を用いることにより凍上性の分類が可能であることを示した。
- 4)火山灰土の凍上性判定法として、 ω_n と ω_n/ω_{opt} の関係による4つの分類領域を設定し、簡易凍上性評価法を提案した。
- 5)凍結・融解履歴を与えた火山灰土は、Marsalの破碎率および細粒分の増加から微小ではあるが、全ての火山灰土で粒子破碎が確認された。しかし、破碎は1サイクル目の凍結・融解作用で生じており、サイクル数の増大は破碎性の増加には繋がらないことを示した。
- 6)Marsalの破碎率は、自然含水比および土粒子の密度と相関が見られ、自然含水比が高いほど、ま

た土粒子の密度が小さなものほど破碎が顕著であった。ただし、両指標を単一で使用するには例外的な火山灰土もあり、Vs分類のような座標上で破碎性を捕らえることが有効であった。

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、凍上抑制効果に関わる材料性状を取りまとめた。また、第5章では原位置における石灰安定処理の凍上抑制効果を検証し、以下のような結果を得た。

- 1) 安定処理土の凍上性は強度と相関が高く、CBRを100程度まで改良すると凍上率を5%以下にすることが可能であることを示した。
- 2) 意識的に粒子間結合力を減少させた混合養生が一般的な締固め養生よりも顕著に凍上抑制効果が現れた。このことから、従来安定処理土の凍上抑制因子の一つと考えられていた固化効果は凍上抑制に直接寄与していないことが確認された。さらに、安定処理による透水性の減少傾向が短期間に一定値に収束することから、透水性の変化も固化効果と併せて凍上抑制因子としては関連が薄いことを示した。
- 3) 吸着水量と凍上量は高い相関関係にあり、吸着水量の減少が凍上抑制に寄与していることを示した。また、これらの関係は養生方法や試料によって異なった関係になっており、毛管力や透水性の違いを理由として挙げた。
- 4) 原位置でも石灰安定処理に凍上抑制効果があり、凍上量は添加率10%で凍上抑制層として砂を用いたタイプと同値程度に抑えられることを確認した。
- 5) 原位置で実測された凍結深さは砂と比較すると現状土を用いたタイプが20cm程度浅い位置に存在し、凍上性の土を石灰安定処理することにより凍上抑制層の層厚を減ずることが可能であることを示した。

第6章では、特殊な凍結環境にある農業用施設に対する凍上対策工法の提案を目的に、各種農業用施設の原位置観測データから凍結環境と断熱工法の有効性を検証し、次のような結果を得た。

- 1) 畜舎に対して基礎断熱併用スカート断熱工法を施工した結果、凍結深さの抑制に効果があることを確認した。しかし、一般建築物に比べると施設内部からの熱供給条件の違いによって、畜舎の凍結深度が深部まで達することを明らかにした。
- 2) 施設区分により内部の凍結環境が異なることを明確にした。また、施設の使用方法によっても凍結環境が大きく異なることを示し、その要因として敷き藁の断熱効果を挙げた。
- 3) 規制緩和の対象となる施設区分Iの畜舎に対して、畜舎特有の使用方法などを考慮に入れた独自の凍上対策工法を提案した。

第7章では、凍結環境下での材料特性や各種凍上対策工法の効果について総括し、今後さらに多様化すると考えられる凍上対策工法の課題を提起した。