

# 凍結作用を受けた火山灰質粘性土の工学的特性に関する研究

名久井 保

## 要 旨

青森県は季節凍土の地域に区分され各種構造物に凍結凍上による被害が見られる。特に、宅地造成におけるローム土盛土材を使用したプレキャストL型擁壁が変状する凍害がおきている。そこで、高館ロームの工学的特性である圧密・せん断特性を把握し、ローム盛土材の凍結現象を解明することを行った。火山灰質粘性土の合理的な施工管理方法を確立させることは、今後の当地域での工事に不可欠と考えられたため、当研究を実施した。

第1章では、序論として当研究に関連する従来の研究を整理するとともに、当研究の目的について述べている。青森県南部地方より岩手県北部地方にかけて、火山灰質粘性土が広く分布している。ローム土(火山灰質粘性土)は、施工性の悪さがこれまでの物理化学的研究により報告されている。盛土工事・構造物の基礎地盤工事等では、工学的性質である圧密特性、せん断特性が重要な問題となる。また、冬季の凍結がローム土の性質に及ぼす影響も問題となる。これらの特性を解明することがローム土

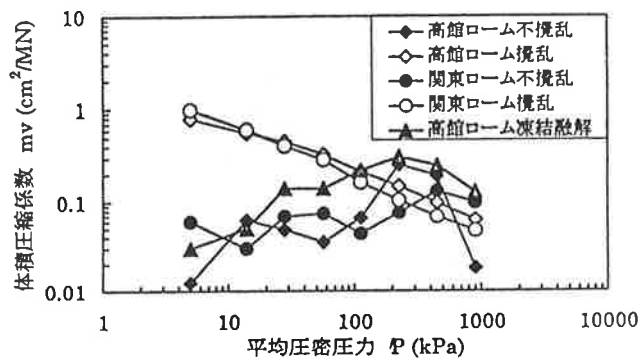


図1 体積圧縮係数(mv)と平均圧密圧力(P)関係図

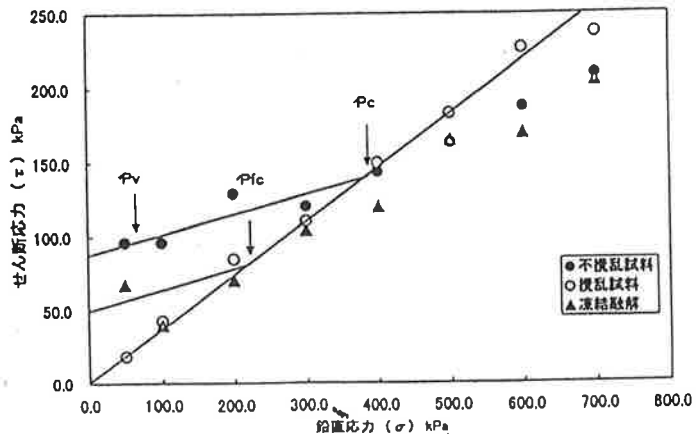


図2 高館ローム 鉛直応力とピーク時のせん断応力関係図

学位と学位記番号：博士（工学），博第4号

授与年月日：平成12年9月15日

授与時の所属：八戸工業大学大学院工学研究科土木工学専攻博士後期課程・(株)田中組土木部

を材料として設計施工するときの効率化に有益と考え研究を行った。

第2章では、火山灰質粘性土の凍結融解時の圧密特性把握のため、土の圧密試験方法(JFS T411-1990)により試験を行った結果とその考察について述べている。試験の結果は、各ロームとも物理的性質および初期の状態が異なっているにもかかわらず、一様に圧密降伏応力( $p_c$ )が土被り圧( $p_v$ )より大きな値となっており、セメンテーション効果(こう結作用)による結合力を保持していることがわかった。

セメンテーションは、 $e \sim \log p$  曲線および体積圧縮係数( $mv$ )と平均圧密圧力( $p$ )の関係図(図-1)から、圧密圧力が過圧密領域においては、 $p$ の増加によっても間隙比( $e$ )および $mv$ を大きな変化のないように保ち、収縮することを防いでいる。

また、寒冷地特有な条件の凍結融解にさらされた試料は、凍結膨張により土粒子構造が破壊されセメンテーションがその分弱まっていると考えられ、不攪乱試料(セメンテーション保有試料)と攪乱試料の中間的性質を表すことが解った。

第3章では、高館ロームのせん断特性について、セメンテーション効果による影響について述べている。せん断応力( $\tau$ )のピーク値と鉛直応力( $\sigma$ )の関係図(図-2)では、過圧密領域と正規圧密領域では相反する動向を見せている。過圧密領域においては、不攪乱試料の $\tau$ が攪乱試料の応力より大きな値となっている。正規圧密領域では逆に、不攪乱試料の $\tau$ は攪乱試料の値に近い形で、かつ小さい値で推移している。これは、過圧密領域ではセメンテーション効果による結合力でせん断力に应付するため、摩擦力のみの攪乱試料より $\tau$ は大きくなると考えられる。

また、凍結融解を行った試料では、せん断特性も凍結膨張によるセメンテーションの一部破壊で、不攪乱試料と攪乱試料の中間的特性をあらわす。

同時に行った一軸圧縮試験より求めた非排水せん断強さ( $c_u$ )と定体積一面せん断試験のせん断強さ( $\tau_{a0}$ )は、ほぼ同じ値であることが解かり、どちらか一方の値より推定できることが解った。

第4章では、実際に発生したプレキャストL型擁壁の変状について、土の凍上現象を支配している温度・水分・土質の3つの要因を検討し凍上の要因があることを確認した。

第5章では、凍害の調査として室内凍上試験、屋外凍上試験、プレキャストL型擁壁の載荷試験を行った。室内凍上試験は一定の凍結温度で凍上させる方法と、自然に近い温度勾配で凍結融解を繰返し凍上させる方法により凍上量と供試体内部、表面温度を測定した。

屋外凍上試験は、凍害発生場所に、凍害の発生したローム盛土による擁壁の断面と、擁壁背面と基礎地盤を砕石や砂で置換えた断面で冬季間土圧、外気・地中温度を計測した。

プレキャストL型擁壁の載荷試験は、擁壁の背面上部に連続で荷重を載荷する方法と、繰返し載荷する方法で耐力の確認を行った。

第6章では室内凍上試験より、ローム土は盛土材が地山材より凍結膨張量が多い。凍結融解が繰返されることで凍結膨張量が大きくなる。自由水を失った110°Cの炉乾燥試料であっても、微小ではあるが凍結膨張が見られ非自由水も凍結膨張をすることが判った。

屋外凍上試験から、擁壁に作用する凍上圧力は、1日の気温の変化に応じた繰返し圧力であり、マイナスの温度が続くことで増加する。ローム盛土材の擁壁背面に作用する土圧分布は上部が大きい台形( )の土圧であり、砕石・砂で置換えた擁壁の背面土圧は三角形( )の小さな土圧であった。含水比は凍結期に上昇することも確認された。

プレキャストL型擁壁の載荷試験より、作用する荷重が設計耐力に満たなくても荷重が繰返し作用することで耐力が低下することが判った。

第7章では、地山材にセメンテーションが作用することで凍結膨張が拘束され、作用しない盛土材が拘束されないことより凍結膨張量が多いこと、非晶質物質量が多いと凍結膨張量も大きい関係に近似式が示され、非晶質物質量から凍結膨張量が推定できる可能性を示した。凍害のメカニズムは、含水比、非晶質量の

大きなローム盛土材が、凍結時に地下水、吸着水から水分の供給を受け台形形の大きな膨張圧を発生させる。この凍結土圧が大きく成長しながら繰返され、長い時間を経て擁壁が破壊したと考えられる。

擁壁背面は砂、碎石で置換えることにより、置換土の奥のローム盛土に寒気を通さず、凍結膨張が小さくなるとともに、置換土が凍結膨張のクッション材となり凍結土圧を弱めることとなる。

第8章は、プレキャストL型擁壁の凍害調査のまとめとして、ローム盛土材は凍結のしやすさ、含水比、非晶質物質量の多さ、気象条件等により凍結膨張が発生し凍結土圧となる。発生した凍結土圧が繰返され大きくなりながらプレキャストL型擁壁に載荷し、数年を経て凍害に至ったことが説明できた。

ローム盛土材を使用したプレキャスト製品のような小規模な擁壁を施工する場合は、凍害を防止するため擁壁背面に碎石、砂を配置し凍結土圧を弱め基礎底面下に遮断層を設けることで、水分の凍結面への移動を断つことが効果的である。

第9章では、研究の結論を述べている。高館ロームを土工事等に使用する場合は、載荷される圧力が圧密降伏応力（ $p_c$ ）より大きい小さいかを事前に判断することと、その場所が凍結する場所かどうかにより、設計施工に使用する地耐力を考え工法の選択をする必要があることを示した。また、当地域では擁壁をローム盛土材で施工する場合は擁壁背面および基礎を、砂や碎石、新材料のジオシンセティクス等の凍上を起こさない材料で置き換えることが必要である。

# Engineering Properties of Volcanic Cohesive Soil and Frost Behaviour

## ABSTRACT

Frost damaged to various types of structure are seen in Aomori Prefecture, In particular, damaged to precast L-type retaining wall is took place due to frost action. When volcanic cohesive soils are selected as a backfill, for the retaining structure the damage was serious. The afore, the author started basic study using TAKADATE loam soil.

He used the consolidation and shear tests to clarify the engineering properties of the frozen soil. The study is one of the most important item in this region, The result is indispensable for establishment of rational method for execution management of volcanic cohesive soil in future.

The first chapter arranged past studies and the purpose of this study. The volcanic cohesive soil covers widely this region. From physical-chemical study, it has been made clear that the volcanic cohesive soils in this region present problematic feature in earth-moving works. Consolidation and shear characteristics are important for earthfill and construction of ground foundation. Then, frost action become a subject of important in winter season. Basic studies of loam soils bring efficiency for execution of the loam soils.

The second chapter explained freeze-thawing nature in the consolidation test of the loam soils, the test results show that regardless of physical properties and initial condition, the consolidation yield stress ( $p_c$ ) takes greater values than the over burden pressure ( $p_v$ ). This indicates that the loam soils have cementation. Fig.1 shows that the cementa-

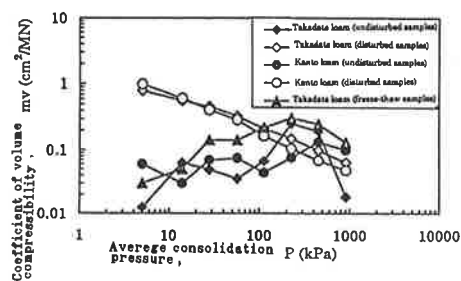


Fig.1 Average consolidation pressure and Coefficient of volume compressibility

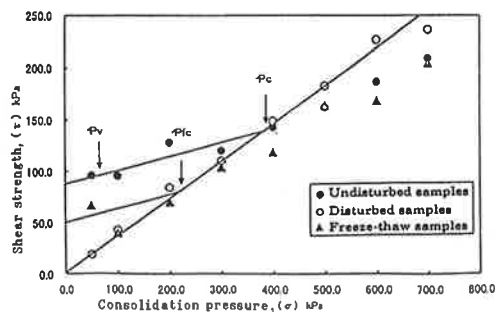


Fig.2 Consolidation pressure and Shear strength of TAKADATE loam

tion prevents from greater deformation with consolidation pressure in over consolidation region. The sample suffered from freeze-thaw action destroy cementation partly.

Froze-thawed sample indicate an intermediate strength between undisturbed and disturbed samples.

The third chapter explain the cementation effects for shear strength. As shown in Fig. 2 the shear strength of undisturbed samples have larger values in over- consolidated region than disturbed samples. But in normally consolidated region, the disturbed samples have greater values than the undisturbed case. The froze-thawed samples take somewhat lower values than undisturbed samples. To disturbed the cementation strength more, the consolidation stress must take more langer. The test results obtained by the unconfined compression  $C_u$  coincidences with the value which obtained by constant volume shear test.

The fourth chapter confirmed that the damaged to precast L-type retaining wall structure in the field was took place due to temperature, moisture and back fill soil.

The fifth chapter preformed indoor and outdoor heave test and load test against precast L-type retaining wall.

The sixth chapter showed that fill material presents large frost heave than undisturbed in-situ sample. When the volcanic cohesive soil was used as a backfill material, resulting greater frost heave was seen than the case of gravel and sand.

The seventh chapter present that frost earth pressure for retaining wall with rich moisture content and rich amorphous material greater than the case of gravel and sand.

The eighth chapter is summarized the frost damage to the precast L-type retaining wall. The repetition of load due to change of seasons magnified the frost heave pressure.

The ninth chapter was the conclusion. When we use TAKADATE loam ground for construction, we must consider the design load being smaller or larger than consolidation yield stress. In addition, if the TAKADATE loam site is suffer from frost damage, back fill material must be replaced by sand, gravel and geosynthetics.