



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Laboratory and in-situ studies on mechanical properties of volcanic soil embankment in cold region [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	松村, 聡
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11454号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55535
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Satoshi_Matsumura_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 松村 聡

学 位 論 文 題 名

Laboratory and in-situ studies on mechanical properties of volcanic soil embankment in cold region
(寒冷地火山灰盛土の力学特性に関する室内および原位置研究)

近年の巨大地震、豪雨によって地盤構造物の被害が顕在化している。地震由来のものでは、埋立地盤での大規模な液状化現象や、道路盛土、河川堤防および造成宅地といった盛土構造物における崩壊の被害が顕著である。また、豪雨による地盤災害の中には、土石流や大規模な斜面崩壊現象も見られ、人命や社会機能を著しく脅かす事例も少なくない。さらに、豪雨後に発生する地震や、地震後の津波による（その被害規模によらず、時間的な）二次災害、連続的に発生する極めて強い余震等、複合的な外力作用に起因する地盤災害といった新たな問題に直面している。それに伴って、地盤構造物の詳細な力学性能評価に加えて、既設構造物の耐災害性強化および、前述のような災害形態を想定した設計、施工および崩壊危険度予知を含めた維持管理手法の確立が求められている。

一方、積雪寒冷地である北海道には、未風化の火山灰質土が広範囲に堆積しており、地盤工学的観点から極めて厳しい条件にあると考えられる。一般に、火山灰質土は、構造体としての常時安定性、透水性に優れ、盛土材として幅広く用いられる。しかしながら、その構成粒子は極めて脆弱であり、有効応力の増加やせん断により、容易に細粒化し、著しい強度低下を引き起こすことが知られている。また、冬～春期に発生する地盤の凍結融解作用、および地盤に流入する融雪水が、北海道における地盤災害を助長していることは、融雪期に頻発する斜面崩壊や凍上現象による地盤の不同沈下事例から明らかである。このような背景から、北海道にある火山灰盛土が、所定の工学的要求性能を維持するためには、前述のような地質的、気候的条件に起因する力学特性の変化を把握することが重要である。

そこで本研究では、北海道に堆積する代表的な粗粒火山灰質土を用いて、各種の室内要素試験および原位置に構築した実物大盛土の計測・崩壊実験を実施した。各試験は以下の項目を明らかにすることを目的としている。まず、室内要素試験では、1) 盛土構築時の締固め含水比および締固め度といった締固め条件の違いが、繰返しおよび圧縮時の強度変形特性、微小ひずみ剛性および透水性に及ぼす影響、2) 地盤の凍結融解作用が締固め土の繰返し強度変形特性に及ぼす影響、3) 繰返しせん断時に含まれる細粒分含有率の違いが、締固め土の液状化強度に与える影響、である。また、実物大盛土実験では、実物大スケールの火山灰盛土を屋外に建設後、盛土内の土壌水分、間隙圧、加速度および地温の変化について、凍結融解期を含む長期間にわたりモニタリング試験を実施した。さらに本実験では、融雪期に発生する盛土崩壊現象を想定して、盛土内部に連続的な給水を行い、崩壊に至るまでの計測を実施している。

本論文は、全 6 章で構成され、各章の概要は以下のようである。

第 1 章では、研究背景および本研究で実施した一連の試験の目的が、前述の室内および原位置試験に関する 4 項目に基づいて述べられている。

第 2 章では、1) 締固め土の力学特性、2) 主に北海道に堆積する火山灰質土とその力学特性、3) 地盤凍結の工学的利用と、積雪寒冷地における地盤工学問題、4) 地震および降雨に起因する地盤災害、に

基づいて、既往の研究成果を紹介するとともに、第 1 章における本研究の意義・目的がより明確となるよう記述した。1) から、既往研究の多くが粘性土を対象にしたものであったこと、締固め土の液状化挙動に関する知見がほぼ得られていないこと等が考えられ、それらは本研究で実施された一連の室内要素試験のモチベーションとなっている。4) では、日本における地震および降雨による地盤災害の形態およびその履歴が、また 2) では特に火山灰質土における地震被害が併せて紹介されている。

第 3 章には、本研究で用いた試料である、砂質シルトおよび粗粒火山灰質土（支筋系軽石流堆積物）の物理特性を示している。特に、砂質シルトは、締固め条件に起因する力学特性の変化に関する室内要素試験に用いられた。一方、粗粒火山灰質土は、前述の全ての試験項目において用いられている。なお、本章で得られた締固め試験結果に基づいて、各室内および原位置試験の締固め条件を決定した。

第 4 章では、室内要素試験装置、試験方法および盛土構築、計測機器埋設の過程が記されている。本研究では、凍結融解履歴を有する地盤の力学特性評価を目的として、新たに凍結融解履歴載荷型繰返し不飽和三軸試験機を開発した。本試験機の主な特徴は、三軸セル内に設置された供試体に対して、任意の温度、飽和度、および（応力制御された）載荷履歴を与えることができる点にある。その他、室内要素試験として、圧密非排水圧縮試験、三軸型ベンダーエレメント試験および変水位透水試験を実施した。また、実物大盛土試験では、事前の室内締固め試験および原位置試験施工に基づいて、6kN 級の小型転圧ローラ-により、最適含水比条件にある盛土材を、締固め度 85% 以上に締め固めた。本盛土は、高さ 5m、幅 4m、斜面角 45 度の片盛土である。その後、本盛土内に、土壌水分計 56 点、間隙圧計 4 点、加速度計 2 点、地温計 7 点を埋設し、所定の計測を実施した。さらに、融雪水の流入を想定して、盛土内に給水パイプを複数挿入し、盛土内含水比が上昇し、斜面崩壊に至るまで給水作業を実施している。

第 5 章では、一連の試験により得られた試験結果およびその考察が示されている。はじめに、室内要素試験により得られた主な知見は以下のようである。1) 一般的な施工管理基準値である締固め度 90% を超えて、さらに盛土材が密に締め固められると、強度、剛性および遮水性が著しく増加する。2) 等しい締固め度が得られた場合であっても、締固め時の含水比の違いによって、その力学特性に有意な差が確認される。3) 2) の知見に関して、繰返し強度に対する影響が、せん断時の細粒分含有率の違いによって全く異なり、細粒分含有率が 30% を超える条件において、締固め含水比の影響が顕在化する。4) 粒子破碎性に起因する力学特性変化の観点から、細粒分含有率が 30% 以下の範囲では、細粒化・密実化とともに液状化強度は増加するが、細粒分含有率が 30% を超えると液状化強度は減少傾向に転じる。5) 凍結融解作用が、火山灰盛土の膨張ひずみ、構成粒子の破碎および繰返し強度の低下を引き起こし、そのような影響は密に締め固められるほど顕著になる。以上の室内要素試験結果から、破碎性を有する火山灰質土を締め固めた盛土は、建設時の締固め条件に加えて、供用後寒冷気候に晒されることで、凍結融解作用および粒子破碎性に起因する力学特性の著しい劣化を引き起こすことが示唆される。一方、一連の実物大盛土試験から、凍結融解期、降雨および崩壊イベントにおける、盛土内の含水比および間隙圧の変化が示されている。特に、崩壊イベントでは、同定されたすべり面上での崩壊時含水比が、既往研究の室内模型試験結果から予測される崩壊時含水比にほぼ一致することから、斜面崩壊危険度予測のための重要なパラメータとなることが示されている。

第 6 章には、本研究によって得られた結論が述べられている。