

氏名	MD. ABDUL ALIM
授与した学位	博士
専攻分野の名称	学術
学位授与番号	博甲第4022号
学位授与の日付	平成21年 9月30日
学位授与の要件	環境学研究科 資源循環学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	Shear strength of unsaturated soils and its usefulness in embankment stability analysis (不飽和土のせん断応力とその堤防の安定解析の有効性)
論文審査委員	教授 西垣 誠 教授 河原 長美 准教授 鈴木 茂之

### 学位論文内容の要旨

Embankments which carry high-way or rail-way need firm foundations, for that reason they are generally constructed with compacted sandy soils for which shear strength plays a very important role in soil stabilization. However, there is limited available information in existing literature on shear strength behavior of unsaturated sandy soils. Generally the saturation conditions of soils of embankment during raining season are more than 70%. However, during heavy rains, the soils become more saturated thereby reducing shear strength and consequently failure occurs.

The purposes of this study are to observe the shear strength variation of unsaturated sandy soils with degree of saturation of more than 70% and to develop a numerical model for predicting shear strength with respect to degree of saturation, which could be used for stability analysis of embankment. Based on these purposes, the following experiments are conducted on 3 types of sandy soils (taken from Okayama and Hiroshima areas of Japan): (1) determination of the soil-water characteristics curve (SWCC) to estimate the soil suction (matric suction) with degree of saturation, and (2) a series of undrained triaxial shear strength tests with pore water pressure measurement using modified triaxial apparatus. An equation for predicting unsaturated cohesion of unsaturated soils has been proposed based on experimental results. A theoretical model to determine the suction strength of unsaturated soils has also been proposed.

Chapter 1 of this thesis describes the background and objectives of this study.

Chapter 2 of the thesis is subdivided into two main parts. The first part presents a review of the basic features of the mechanical behavior of unsaturated soils. Particular emphasis is given to the applicability of the effective stress principle and the appropriate stress state variables, the shear strength of unsaturated soils and equations for predicting cohesion of unsaturated soil. The second part reviews the methods of stability analyses.

Chapter 3 describes the material's properties and soil-water retention behaviors of used soils.

In Chapter 4, the experimental results on shear strength behavior of unsaturated sandy soils are presented and discussed. Finally an equation is proposed to determine cohesion of unsaturated soils.

Chapter 5 presents the theoretical model development of unsaturated soil to determine the suction strength of unsaturated soils.

In Chapter 6, the conclusions of this thesis and various recommendations for future studies are given.

## 論文審査結果の要旨

豪雨時の洪水に対して、地下水の堤体内への浸透に対しての堤防の安定評価のため、堤防材料を対象とした不飽和土のせん断特性が飽和度によってどのように変化するかについての研究は、極めて重要な課題である。

本研究では大きく2つの研究を行なっている。

### (1) 不飽和状態の土の水分保持特性の計測改良に関する研究

不飽和土の水分特性曲線を室内試験による手法として一般的に用いられている試験法は、加圧板法である。この手法では、不飽和土の飽和度の制御として空気圧を作用しているが、従来の素焼のセラミックディスクは、エアークリーパー（AEV）が2気圧程度であり、細粒土を含む粘性土の水分特性を求めることは極めて困難であった。このような現状に対して、プラスチック特性の薄膜であるセラミックディスクの代用品（TAIF）を用いる方法を開発した。しかし、このような薄膜と供試体の間に75 $\mu$ m程度のステンレスメッシュを挿入することにより、薄膜の破損を防ぐ方法を用いて、粘性土の水分特性の計測を可能にした。

### (2) 不飽和土のせん断特性

不飽和土のせん断特性を議論する際に課題となる有効応力の定義を $(\sigma - U_a)$ と仮定して、種々の不飽和土の内部摩擦角と粘着力を不飽和土用三軸試験機を用いて計測した。なお、ここでは不飽和土の飽和度の範囲を自然飽和度（約70%）から100%の飽和度までの間として評価すると、内部摩擦角は飽和度によってあまり変化しないことが分かった。一方、粘着力は直線的に減少していくことが分かった。これらのせん断特性の飽和度による変化は、不飽和土の力学解析に容易に導入できることが分かった。

本研究の成果は、このように従来より困難であった課題を解決しており、非常に意義のあるものであると考えられる。

上記の事より、本研究は博士（学術）を授与するに値すると判断した。