

学位論文紹介

博士論文概要

論文名：Hydro-mechanical Properties of Unsaturated Soils and Non-woven Geotextile under Low Confining Stress (低拘束圧下における不飽和土と不織布の水理・力学特性に関する研究)

著者名：Luky Handoko (ルキ ハンドコ)

指導教員：安福 規之 (九州大学)

授与年月：2013年9月

1. 研究の背景および具体的に取組んだこと

気候変動下、降雨の形態が大きく変わることが懸念される中、不飽和状態にある斜面の安定性を適切に評価し、その安定性を高めるための適応策と実装技術の開発研究は、地盤工学における重要な課題のひとつである。その中で、日本や著者の母国であるインドネシアをはじめとする東南アジアなど多くの国々では、降雨の地盤内浸透を誘因とした表層での斜面崩壊が数多く発生しており、特に人工法面や傾斜地に位置する農地などでは、表層処理を適切に行って地盤内に雨水を過剰に浸透させないための柔軟な適応策が必要とされている。

本論文は、ジオテキスタイルのひとつである安価で施工性に優れた不織布を活かしたキャピラリーバリアシステムを持続性の高い適応策として確立するために、サクシオン履歴に着目して不飽和土と不織布の水理・力学特性とその評価手法を実験と解析を通して検討したものである。具体的には、主として以下のことに取組んだ内容となっている。

- 1) 飽和・不飽和土を対象としたサクシオン履歴を低応力下で適切に制御可能な室内実験装置（三軸圧縮試験装置）の開発
- 2) 不織布のサクシオン履歴を反映した水分保持特性の低サクシオン域での精度のよい評価手法の提案
- 3) 実験データと解析的手法を組み合わせた不飽和土および不織布の水分保持挙動の履歴特性を評価するための手法の提案と履歴特性を取り入れたキャピラリーバリアシステムの機能の解析的評価と検証

2. 研究の成果

1) については、飽和・不飽和土の水理・力学挙動を20kPa程度の低応力域において連続的に求めることのできる図-1に示すサクシオン制御型の三軸試験装置とその自動計測・制御システムを新たに試作し、その機能および適用範囲を明らかにしている。本装置の特色は、サクシオンの履歴に応じて、低応力域での土のせん断強度、0.1cmまでの軸変位/水平変位領域でのせん断剛性とそれに対応した体積変化、および水分保持特性が同時に得られるところにある。また、不飽和土の乾燥過程と湿潤過程を模擬した実験から、サクシオン履歴のせん断特性と水分保持特性に与える影響の評価が適切に行えることを示している。

2) については、不織布のキャピラリーバリア材としての役割を評価するために、不織布の水分保持特性のサクシオン履歴依存性を精度よく求めることのできる新たな試験法を提案し、既往の方法と比較して、その優位性を明確にしている。具体的には、まず、不織布がキャピラリーバリア材として有効に機能することを種々の不織布を用いたカラム実験を通して明らかにしている。その上で、水分保持曲線の測定方法として、面状の不織布の設置角度を工夫することで、従来の鉛直に設置した手法に比べて、サクシオンの小さな変動域での水分特性の測定精度が格段に改善されることを示すとともに、種々の設置角度での実験結果を踏まえ、水分保持曲線の履歴特性を評価するための最適な設置角度および効率的な試験方法の提案を行っている。提案する試験方法とそれによって測定された不織布の水分保持曲線の代表的な結果を図-2と図-3にそれぞれ示している。

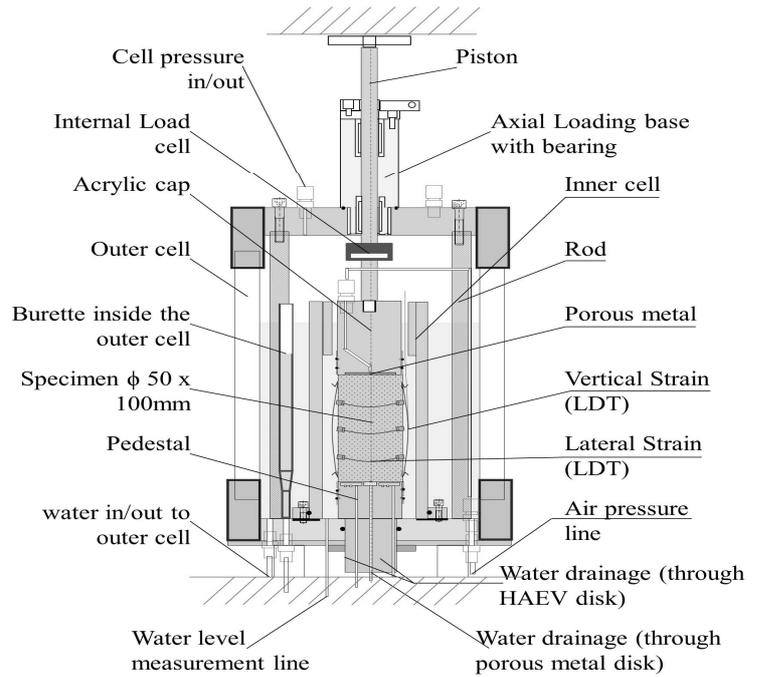


図-1 Schematic figure of triaxial apparatus for unsaturated soils

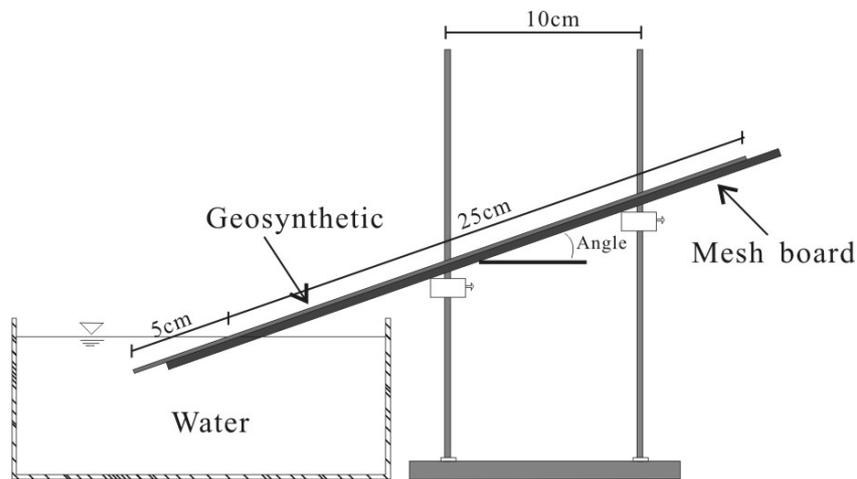


図-2 Schematic figure of tilted capillary rise test for determining GWRC

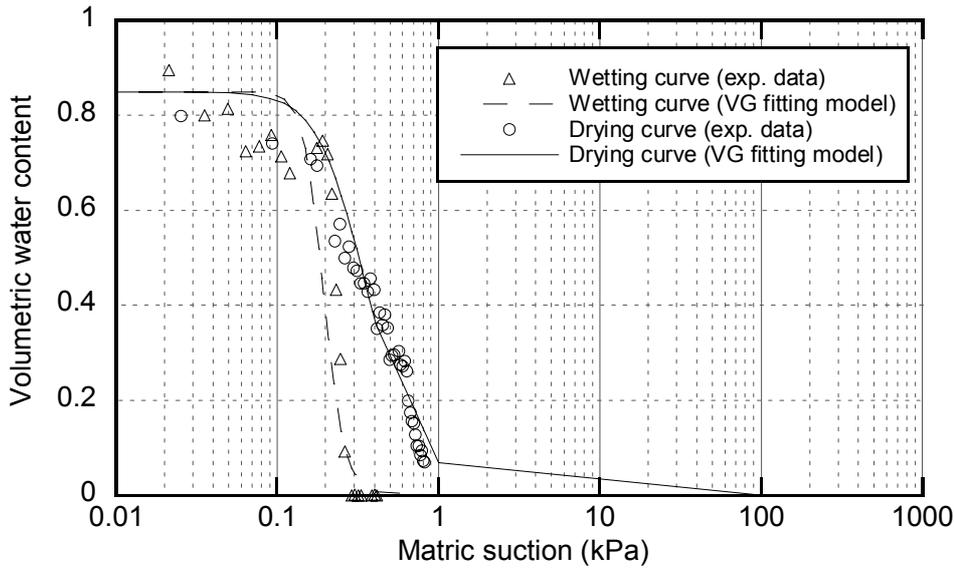


図-3 Drying and wetting curve of non-woven geotextile
based on tilted capillary rise test method

3) については、水分保持特性に関して実験で得られる限られたデータと従来の履歴特性を評価する解析的手法（スケーリングダウン履歴モデル）を組み合わせたハイブリッド型の水分保持特性の履歴挙動を評価する手法を新たに提示し、その有効性をカラム実験の結果との比較によって検証している。図-4にその考え方をまとめている。提案する手法の利点は、実験データを有効に活用し、履歴モデルと連動させることで、結果として、不飽和土と不織布の複合体としての水分保持挙動のサクシオン履歴特性と、不飽和土のせん断挙動と透水係数のサクシオン履歴特性の予測精度の改善に繋がることが期待されるところにある。また、提案する手法による数値解析をカラム実験を模擬して行い、その解析結果から表層土および不織布の水分保持曲線の履歴挙動の適切な評価が、キャピラリーバリアの性能を考える上で極めて重要であることを指摘している。

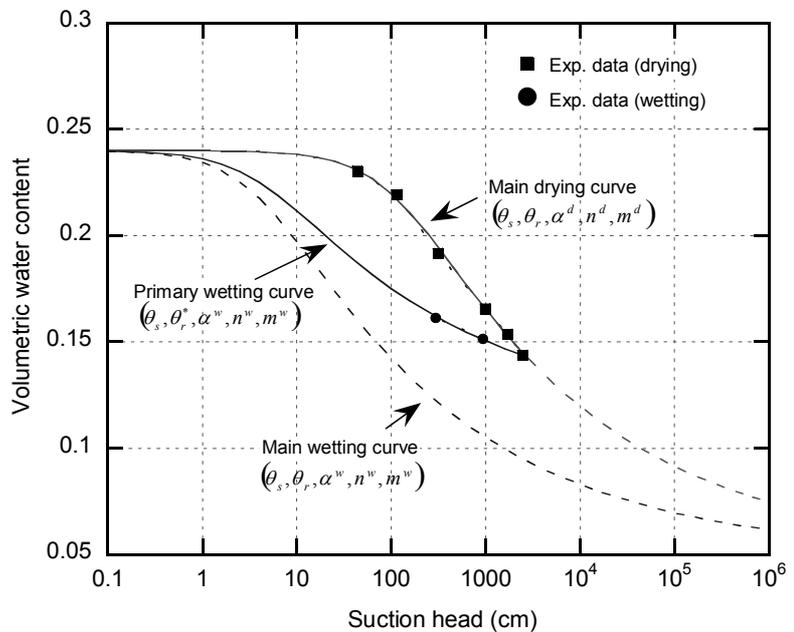


図-4 Hybrid method based on experimental data and fitting model for determining hysteretic SWRC