

氏 名	シエムス ケマル アンデタ Shemsu Kemal Andeta
学位の種類	博士 (農 学)
学位記番号	農 博 第 1409 号
学位授与の日付	平成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	農学研究科地域環境科学専攻
学位論文題目	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF VOLUME CHANGE AND SHEAR BEHAVIOR OF UNSATURATED GRANULAR SOILS (不飽和粒状土の体積変化およびせん断挙動の実験的研究)
論文調査委員	(主 査) 教授 青山 咸 康 教授 河 地 利 彦 教授 三 野 徹

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、不飽和粒状土のコラプス性（水分量の増加によりせん断強度が減少する現象）の解明を目的とした実験的研究をまとめている。一般に水分量の変化に敏感な土は膨潤や吸水によりせん断強度の低下を起こす。このようなコラプス性を有する締固め土の体積変化挙動は、最近構造物の基礎として造成された盛土への雨水の浸潤や堰堤の初期湛水挙動において重大関心事となっている。近年の不飽和土の力学における実験技術の進歩によりコラプス性のある土を対象とした体積変化とせん断挙動を、吸引圧制御が可能な三軸圧縮試験で観察する手法が開発されている。本研究ではこの手法を用い、体積挙動とせん断挙動を追及した。

体積挙動については、締固め粒状土が吸収過程（コラプス）においても、乾燥過程（収縮）においても常に回復不能な体積ひずみが生じることを実験的に明らかにした。また、このコラプス能や収縮性は、一定拘束圧下で吸引圧を反復的に受ける事により低下し、ある状態を超えると吸水や収縮によっては、もはや体積変化を示さないことも明らかにした。これは土粒子骨格に作用する吸引力や、これに伴う安定化毛管力（マトリックス吸引力）により骨格がこれ以上は構造変化を生じ得なくなるほどに再構築されたためであるとした。

せん断挙動については、土がより高いマトリックス吸引力を示すほど、せん断強度は大きくなり、破壊包絡線はマトリックス吸引力の関数となることを示した。また吸引圧を反復的に受けた供試体は、それを受けない供試体に比べ大きなピーク強度を受けることを明らかにした。よって不飽和土のせん断強度は土の有するマトリックス吸引力のみでなく、それまでに経験した吸引力履歴が重要な役割を果たす事を示した。

論文構成は以下のようになっている。

第 1 章では不飽和土の力学の、地盤工学的諸問題の中における位置づけを論じた。現在までに完成された土の力学は飽和土に関するものが主体であるが、現実の工学問題の多くは不飽和状態であり、かつこの状態は 3 状態を取り扱わなくてはならず、困難が多い事を示している。また不飽和土は自然状態・締固め状態の両者において、一般にその間隙空気圧が大気圧より小さいという特徴を有している。多くの乾燥地の地盤はコラプス性の顕著な土であり、吸引圧がその体積変化とせん断挙動に及ぼす効果を明らかにすることがこの研究の目的であるとしている。

第 2 章では既往の研究のとりまとめを行い、不飽和土の骨格-水関係（吸引圧と毛管水の状態の定義、水-空気の球状界面における仮定、毛管水のポテンシャル・エネルギーの概念、実験手法による毛管ポテンシャル計測技法、土粒子の保水力）、不飽和土の体積変化、不飽和土のせん断挙動について論じた。

第 3 章では体積変化に関する実験結果をまとめている。実験装置の開発、吸引圧制御の方法、礫質土、砂質土における実験結果を示している。結果として既述のように不飽和土では吸水・乾燥の両過程において回復不能な体積変化の生じること、体積変化量には繰り返し吸引圧載荷による上限が存在すること、等の結論を得た。また体積変化-吸引圧の履歴を FEM モデルによって推定できることを示した。

第4章ではせん断挙動に関する実験結果をまとめている。実験装置・観測方法は3章に示すものである。ここでは多段階せん断試験を多数行い、その結果を様々な角度から整理した。こうして既述のようなせん断挙動の特性を検証したが、更に建設現場における強度増加法への適用、コラプス性に対する対策、地盤改良法への応用を提案している。

第5章は結論と今後の課題を述べている。コラプス性の土の変形およびせん断特性に関する結論の要旨は既述の通りである。さらに今後の課題として、マトリックス吸引力の供試体の高さ方向における分布を計測する必要性、ここに提案したマトリックス吸引力と圧縮指数の関係をより詳しく検証する必要性、せん断過程において吸引圧を反復作用させた場合の、空気浸入能や、せん断抵抗角増加率の影響、について検証する必要があるとしている。

論文審査の結果の要旨

近年の地盤・土質工学の重要課題の一つは不飽和締固め土の力学挙動である。本論文では、コラプス性のある締固め土の体積変化とせん断挙動について主として実験的研究を行った。この課題は堰堤の初期湛水時の変形挙動や盛土における雨水や流水の地盤浸入時挙動の解明に重要な役割を果たす。本研究で評価できる点は以下の4点である。

1. コラプス性のある礫系と砂系の2種の粒状土に対する吸引圧制御可能な三軸圧縮実験を行い、その体積変化挙動を調べ、吸水や乾燥の両過程において非回復の体積ひずみを生じることを明らかにした。
2. 上の非回復ひずみ量は吸引圧を反復作用させることで変化しその上限が小さくなることを実験的及び理論的に明らかにした。
3. コラプス性のある粒状土のせん断強度は、マトリックス吸引圧に比例することを実験的に明らかにした。
4. せん断過程において吸引圧を反復載荷させると、ピークせん断強度が増加することを見出した。またこの性質を利用した地盤の強度増加を図る工法が可能なことを示した。

以上のように、本論文は不飽和粒状土のコラプス性という従来その挙動が未解明であった現象の詳細を明らかにし、地盤工学、土質理工学、施設機能工学および農業土木学に貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成16年2月16日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。