

学位論文の要旨

氏名	アーウィン タビナス カロ
学位論文題目	斜面安定問題への不飽和土の数値力学モデルの適用に関する研究

本論文は、5章から成り立っており、北村らが提案している数値力学モデルを斜面安定問題に適用することに関する研究をまとめたものである。

第1章では、研究の背景、従来の研究のレビュー、本研究の概要を示している。

第2章では、不飽和土の力学特性を解明することを目指して北村らが提案している数値力学モデルの中の主要なモデルであるKITA-SAKOモデル、KITA-ARAモデル、KITA-YAMAモデルについて説明を加えている。さらに、不飽和土の水分特性曲線におけるヒステリシスをモデル化するためにKITA-CALOモデルを提案し、豊浦砂としらすを試料とした保水性試験より得られた水分特性曲線とKITA-CALOモデルを用いた数値実験結果と比較し、モデルの妥当性を検討している。

第3章では、フィリピン国セブ島のサンカルロス大学のキャンパス内に設置した現地計測システム、システムの要素である各種計測機器（雨量計、テンシオメータ、土中水分計、土中温度計）の測定原理、設置方法、データ収集・処理の方法について説明している。また、本計測システムによって得られたデータを示し、不飽和土中への雨水の浸透、晴天時の土中からの水分蒸発散について考察を加えている。また、設置場所の土質特性（カルカリアスソイル、腐植土）、土層構成についても言及している。

第4章では、従来の斜面安定解析手法の1つであるJanbu法（非円弧すべり）を取り上げ、Janbu法に浸透力、地震力を導入し、しらす斜面のような不飽和斜面の安定解析に適用ができるようすることを試みている。

第5章では、本研究の成果を総括している。

論文審査の要旨

報告番号	理工研 第346号	氏名	Erwin Tabinas Calo
審査委員	主査	北村 良介	
	副査	河野 健二	安達 貴浩
<p>学位論文題目</p> <p style="text-align: center;">Studies on Application of Numerical Models for Unsaturated Soils to Slope Stability (斜面安定問題への不飽和土の数値力学モデルの適用に関する研究)</p> <p>審査要旨</p> <p>提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は、北村研究室で開発されてきた数値力学モデルを斜面安定解析法の一つであるヤンプ法に付け加え、降雨・地震による斜面崩壊の発生時刻と規模を予知する新たな手法について述べたもので、全文5章より構成されている。</p> <p>第一章では、研究の背景と目的、論文構成について整理し、本研究の目的、意義や位置付けを明確にしている。</p> <p>第二章では、不飽和土の力学特性を解明することを目指して北村研究室で開発されてきた数値力学モデルの中の本論文に関連するKITA-SAKOモデル（水分特性曲線、不飽和透水係数）、KITA-ARAモデル（残留飽和度、擬似飽和度）、KITA-YAMAモデル（見かけの粘着成分）の概要、および、インクビンモデルを適用し、水分特性曲線のヒステリシスを定量的に評価することを可能にしたKITA-CALOモデルを説明している。また、飽和度を考慮した不飽和土の浸透力の評価式を提案している。</p> <p>第三章では、フィリピン国セブ島のサンカルロス大学タランバンキャンパスに設置した現地計測システム、システムの構成要素である各種計測機器（雨量計、テンシオメータ、土中水分計、土中温度計）の測定原理、キャリブレーションの手順、設置方法、データの収集・処理の方法について説明している。そして、現地計測システムを用いて得られた雨量、間隙水圧、土中水分、土中温度の計測結果を示し、不飽和土中への雨水の浸透、晴天時の土中水の蒸発散、得られたデータの精度について考察を加えている。さらに、現地計測システムの設置場所の土層構成（上位から表層土（腐植土）、強風化石灰岩（カルカリアス土）、弱風化石灰岩、石灰岩）、および、それらの試料の土質特性（土粒子密度、粒径分布、締固め曲線等）を明らかにしている。</p> <p>第四章では、斜面安定解析法の一つであるヤンプ法（非円弧すべり解析法）で用いられるせん断強度パラメータの一つである見かけの粘着成分の含水比依存性を定量的に評価するため、北村研究室で開発されてきた数値力学モデル（KITA-SAKOモデル、KITA-ARAモデル、KITA-YAMAモデル）を適用している。そして、降雨時の浸透力、地震時の地震力を考慮した斜面崩壊の発生と規模を予知する新たな手法を提案し、斜面の安全率の変化を定量的に評価している。最後に、有限要素法を用いた不飽和浸透解析を斜面に適用し、降雨に伴う斜面の含水量の時系列変化に伴う安全率の変化を明らかにしている。</p> <p>第五章では、本研究で得られた浸透力と地震力を考慮した新たな斜面安定解析法に関する成果と今後の課題を総括している。</p> <p>本論文で得られた成果は、フィリピン国セブ島の斜面のみならず、日本を含む世界各国の斜面の降雨時・地震時の斜面の安定性の定量的な評価に貢献できることが期待され、今後の発展が期待される。よって、審査委員会は博士（工学）の学位論文として合格と判定する。</p>			

最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第346号	氏名	Erwin Tabinas Calo
審査委員	主査	北村 良介	
	副査	河野 健二	安達 貴浩
<p>平成23年2月3日（木）に論文発表会が開催され、約30分の説明と30分余の活発な質疑応答が発表者と審査委員を含む参加者との間でなされ、発表者からの的確な回答が得られた。</p> <p>主な質疑応答内容を以下に記す。</p> <p>【質問】水分特性曲線のヒステリシスを考慮したKITA-CALOモデルはヤンプ法による斜面安定解析に用いているのか。</p> <p>【回答】時間の制約のため、ヤンプ法による斜面安定解析のコンピュータプログラムにKITA-CALOモデルを導入することはできなかった。今後、ヒステリシスを考慮したコンピュータプログラムに改良して行く予定である。</p> <p>【質問】現地計測によって得られた土中の間隙水圧が小さくなっている場合がみられるのはどのような理由か。</p> <p>【回答】降雨とともに不飽和土中のサクションが減少し、間隙空気圧が大気圧と等しいとすると、間隙水圧が小さくなる。現地計測で得られた間隙水圧と体積含水率から得られるプロットより得られる経路は、室内での土の保水性試験から得られる水分特性曲線とほぼ対応しており、妥当な現地計測データが得られているものと判断している。ただ、急速な降雨があった場合、テンシオメータと土中水分計の応答時間に差がみられる。</p> <p>【質問】地震力の評価に静的震度法と動的震度法を適用している。なぜ2つの方法を適用したのか。</p> <p>【回答】静的震度法と動的震度法を適用した計算結果をみればわかるように、静的震度法では震度の増加による安全率の低下が大きく、一方、動的震度法では震度の増加に伴う安全率の低下は小さい傾向にある。実際の地震時の安全率の低下は動的震度法によるものに近いと考えられる。但し、動的震度法ではP波速度、S波速度、地震動の周期、地震の継続時間が入力パラメータとして用いられており、これらのパラメータを妥当に評価することが必要である。</p> <p>【質問】静的震度法と動的震度法の適用限界を明記しておくべきではないか。</p> <p>【回答】その通りである。特に、動的震度法では地震動の周期を精度よく評価することが必要であり、このことは今後の課題である。</p> <p>【質問】KITA-ARAモデルによる残留飽和度、擬似飽和度の求め方がよくわからなかったので、再度、説明をしてほしい。</p> <p>【回答】サンカルロス大学タランバンキャンパスで採取した試料を用いた締固め試験、最大・最小密度試験を行い、締固め曲線と最大間隙比e_{max}、最小間隙比e_{min}を求めた。そして、不飽和土の質量-体積関係式である$e \cdot Sr = w \cdot Gs$を適用し、残留飽和度と擬似飽和度を求めている。現在、オリジナルなKITA-ARAモデルを改良中であり、今後は種々の試料による締固め試験と最大・最小密度試験を行い、モデルの妥当性を検証して行かなければならないと考えている。</p> <p>以上の結果、3名の審査委員は申請者が大学院博士後期課程修了者として十分な学力と見識を有するものと認め、博士（工学）の学位を与えるに足りる資格を有するものと判定した。</p>			