

学位論文の要旨

氏名

山田 満秀

学位論文題目

地盤の安定評価への不飽和力学モデルの適用に関する研究

本論文は、未だ確立されていない不飽和土質力学の体系化を目指した研究の一環で、土粒子レベルでの力学的考察と統計・確率論的考察を加えた力学モデルを安定性評価へ適用する手法に関して研究成果をとりまとめたものである。

豪雨による斜面災害は過去より繰り返され、毎年のように斜面崩壊が発生している。斜面崩壊は力学現象であり、崩壊メカニズムを解明するために土質力学等の成果を援用したアプローチが必要である。しかし、降雨による斜面崩壊は、多くの現象が複雑に絡み合っており、数値解析を行う上で非常に困難なものとなっている。これは、近代的土質力学が、二相系(固相、液相)で取り扱われていることも一因する。自然界に分布する土の多くは、三相系(固相、液相、気相)の不飽和土であり、不飽和土に関する力学モデルが、まだ実用化されていないのが現状である。浸透、強度、斜面安定度等を有意的に結び付けた不飽和土質力学が確立すればリアルタイムに斜面崩壊を予知するシステムの構築が可能となり、土質力学の予測能力は飛躍的に向上し、地域防災計画になくてはならないものとなる。

本論文は、形状・大きさが不規則な土に対して確率・統計を援用した北村モデルを用いて土粒子レベルでの力学的考察から評価した地盤工学における力学問題(斜面安定問題、土圧問題、支持力問題)の解析手法に関して研究した成果をまとめたものである。

第1章では、研究の背景と目的、既往研究の現状や論文構成について整理し、本研究の目的、位置付けについて明確に示している。

第2章では、推測統計学の手法を援用した不飽和土質力学の骨格を成す間隙モデル(北村モデル)についての説明を行い、確率密度関数を用いて土の状態を規定する基本物理量(間隙比、飽和度等)を導出した。また、土粒子レベルから考察した粒子間力と粒子間力度を関連づけるために必要な、代表粒径および単位体積当たりの粒子数・接点数、単位面積当たりの接点数について物理的意味を説明した。

第3章では、北村モデルから導出される基本物理量に基づいた粒子間力と粒子間力度および外力によって生じる粒子間力・粒子間力度の概要について説明した。また、土粒子レベルからBishopの有効応力式について考察を行った。

第4章では、潜在すべり面の概念について説明し、土粒子レベルから算出した粒子間力度を用いて潜在すべり面を定義している。

第5章では、潜在すべり面を適用した力学問題(斜面安定問題・土圧問題・支持力問題)の評価法について検討を行い、その解析法に土質パラメータを入力・計算を行うことで、得られる結果について考察を行った。

第6章は、不飽和土の力学問題において、土粒子レベルの力学的考察から安定性を評価する手法を提案した本研究の成果をとりまとめた。

また、従来の土質力学で用いられてきた現行設計に必要な土のせん断強度パラメータである見掛けの粘着力度について、北村モデルと土粒子レベルでの力学的考察から含水比または飽和土に依存して変化する見掛けの粘着力度を導出する手法の提案を参考に示した。

論文審査の要旨

報告番号	理工研 第 384 号	氏名	山田 満秀
審査委員	主査	北村 良介	
	副査	山口 明伸	安達 貴浩
<p>学位論文題目 地盤の安定評価への不飽和土質力学モデルの適用に関する研究 (Application of Mechanical Model for Unsaturated Soil to Evaluation of Ground Stability)</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。本論文は不飽和地盤の安定問題を統一的に解析することができることを明らかにしており、全文6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、研究の目的・意義や研究の位置付けを明確にしている。</p> <p>第二章では、不飽和土質力学モデルの基礎となっている基本粒状体モデルについて説明している。すなわち、形状・大きさが不規則な土粒子の集合体である不飽和土の力学的挙動を評価するために粒径・接点角・間隙径・間隙の卓越方向を確率変数とした基本粒状体モデルを用い、推測統計学の手法を導入し、粒径・接点角・間隙径・間隙の卓越方向を確率変数と見なし、それらの確率密度関数を導入することによって土の基本物理量（間隙比、飽和度等）を導出している。</p> <p>第三章では、単位体積当たりの粒子数・接点数、単位面積当たりの接点数、1粒子当たりの接点数を用いて接点での粒子間力、単位面積当たりの粒子間力の合力（粒子間力度）を導出している。すなわち、外力による粒子間力・粒子間力度、間隙水の表面張力による粒子間力・粒子間力度、自重による粒子間力・粒子間力度、浸透流による粒子間力・粒子間力度を導出している。</p> <p>第四章では、第三章で導出された粒子間力度を用い、粒子間力度の接線成分と法線成分の比が最大となる潜在すべり面を定義し、その物理的意味について考察を加えている。</p> <p>第五章は、本論文の核となる章であり、第四章で定義された潜在すべり面を介して不飽和地盤の安定問題（支持力問題、土圧問題、斜面案の問題）を統一的に解析する手法を提案している。支持力問題では地盤を弾性体と見なしたブシネスクの解を外力の評価に用いている。土圧問題では鉛直臨界高さの主働土圧の算出を行い、他機関で行われた実物大模型実験で計測された土圧、従来から用いられてきているランキン土圧、不飽和土質力学モデルを用いた土圧との比較・検討を行っている。斜面安定問題では安全率が1となる斜面勾配を求める新たな解析手法を提案している。また、従来の斜面安定解析で用いられるせん断強度パラメータの一つである見掛けの粘着力度の含水比依存性を定量的に評価できるモデルを付録として提案している。これらの結果から不飽和土質力学モデルを用いた解析手法の有用性を明らかにしている。</p> <p>第六章では、本研究の成果を総括し、また、研究を発展させていくために残された課題と今後の展望について述べている。</p> <p>本論文では、不飽和地盤の安定問題を解析する統一的な手法を提案しており、得られた成果は土砂災害の予知、地盤工学分野での調査・設計・施工・管理に有用な情報を提供することが期待される。</p> <p>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 384 号	氏 名	山田 満秀
審査委員	主 査	北村 良介	
	副 査	山口 明伸	安達 貴浩
<p>平成25年2月5日（火）に論文発表会が開催され、約40分の説明と60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、発表者からの確かな回答が得られた。</p> <p>主な質疑応答内容を以下に記す。</p> <p>【質問】本研究の新規性はどこにあるのか。</p> <p>【回答】従来の土質力学では支持力問題には支持力係数、土圧問題には土圧係数、斜面安定問題には安全率が用いられてきており、それらを算出の基礎は異なっていた。本研究ではこれらの地盤安定問題を統一的に解析する手法を提案していること、従来の土質力学で用いられてきたせん断強度パラメータ（c、ϕ）の代わりに平均的な粒子間摩擦係数のみを用いていることに新規性があると考えている。</p> <p>【質問】ランキン土圧と本研究で提案する土圧を比較した図において、ランキン土圧の方が大きくなっている理由と提案する土圧の設計への適用に関する考えを聞かせてほしい。</p> <p>【回答】土槽などを用いた土圧試験と計算されたランキン土圧とを比較すると、計算値が大きめの値となることが知られている。設計の観点から考えると提案する土圧は危険側となるが、提案する土圧は実際に地盤内で生じている土圧をより精度よく評価できているのではないかと考えている。</p> <p>【質問】従来の土質力学では、斜面崩壊を底部破壊、斜面先破壊、斜面内破壊に分類している。提案する斜面安定解析手法はこのような斜面崩壊の形態すべてに対応できるのか。</p> <p>【回答】提案する解析手法は、すべての崩壊形態に対して対応が可能である。但し、底部破壊についてはすべり面の下にある基礎地盤の粒子間力度の計算は支持力問題の計算手法を適用することになる。</p> <p>【質問】不飽和土質力学モデルでは粒径分布と間隙比を用いて不飽和土の力学挙動を解析するようになっている。粒径分布は粒度試験より得られる粒径加積曲線を対数正規分布で近似（回帰）しているが、土質試験結果のバラツキは解析のどの程度影響しているのか。</p> <p>【回答】粒度試験結果を対数正規分布で回帰すると粒径の両端で対数正規分布からずれることがある。粒径加積曲線は粒度試験であるふるい分析と沈降分析の結果を合せて描かれている。このことがバラツキの要因と考えられるが、不飽和土質力学モデルへの定量的な影響評価は行っていない。今後の課題である。</p> <p>【質問】支持力問題で載荷面と土の間には摩擦があるものとして解析しているが、摩擦がない場合はどのようなになるのか。</p> <p>【回答】ご指摘の通り載荷面と土の間には摩擦があり、一体となっているため楔が生じる計算結果となっている。摩擦がない場合も提案する手法で解析が可能であるが、その場合は安定問題（強度問題）とするのではなく、変形・強度問題として解析する必要がある。</p> <p>【質問】不飽和土質力学モデルでは代表粒径という物理量が用いられている。しらすと一般の砂質土において代表粒径はどのように異なるのか、すなわち、しらすの特殊性はどのように反映されるのか。</p> <p>【回答】代表粒径を導出する式には土粒子密度と間隙比が含まれている。しらすは多孔質なため土粒子密度が小さく、また、角ばっているため間隙比は一般の砂質土に比べると大きくなる傾向がある。このようなことがしらすの代表粒径に影響を与えられとされる。</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>			