

| | |
|----------|---|
| 氏 名 | ささ はら かつ お 笹 原 克 夫 |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (農 学) |
| 学位記番号 | 論 農 博 第 2400 号 |
| 学位授与の日付 | 平 成 13 年 11 月 26 日 |
| 学位授与の要件 | 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当 |
| 学位論文題目 | 降 雨 浸 透 に 伴 う 急 勾 配 砂 質 土 斜 面 の 崩 壊 発 生 機 構 と そ の 予 知 予 測 に 関 す る 研 究 |

論文調査委員 (主 査)
教授 水 山 高 久 教授 竹 内 典 之 教授 青 山 咸 康

論 文 内 容 の 要 旨

毎年発生する自然災害による死者・行方不明者のうち、がけ崩れによるものが30%弱であり、がけ崩れ(急傾斜地崩壊)は毎年人命・財産に多大な損害を与えている。したがって急傾斜地崩壊対策が社会的に重要な課題であることは明白である。しかし例えば平成9年度末において急傾斜地崩壊危険箇所は約86,000箇所と、対策を要する箇所数は膨大であるため、崩壊防止施設による対策が実施された箇所はそのうちの約25%しかない。そのため崩壊防止工事のみならず、急傾斜地崩壊を事前に予測し、警戒避難体制を構築することも、急傾斜地崩壊の対策として重要である。本論文は、急傾斜地崩壊予測手法のうち、今まで力学的な検討がほとんど行われたことのない急傾斜地の地表面変位を用いた崩壊発生時間予測手法の高度化のために、まず不飽和状態の砂質土の、飽和度上昇に伴うせん断変形の進行について実験的に検討し、それに基づいて降雨浸透に伴う地表面変位予測のための力学モデルを開発したものである。内容は以下のように要約される。

1. 過去の急傾斜地崩壊の実態より、降雨による斜面内含水比上昇に伴うせん断強度低下により崩壊が発生するメカニズムの解明が重要であることを指摘した。
2. 急勾配砂質土斜面モデルを用いた人工降雨による崩壊実験を行い、斜面が不飽和な状態で、土層の飽和度上昇に伴ってせん断変形が進行することを確認した。また不飽和斜面の変形特性として、斜面勾配が大きいほど、または斜面の深い部分ほど、飽和度の大きな状態でせん断が進行することを確認した。
3. 砂質土については、異なるサクシオンを載荷した下での、側圧一定の不飽和三軸圧縮試験により、不飽和状態で発生するサクシオンに起因する付加粘着力と、サクシオンの対数(pF)の間に線形関係が認められることが判明した。また無限長斜面の安定解析において、斜面中のサクシオンを変化させ、サクシオンの斜面安定に及ぼす影響について検討した。
4. 不飽和三軸圧縮試験装置を用いて、砂質土に一定の載荷圧の下でのサクシオンの除荷を行うと、それに伴ってせん断が進行することが判明した。次に松岡の提案したMP面上で定義する土の構成式に、サクシオンによる応力補正を組み入れた、サクシオン減少によるひずみの進行を表現できる構成式を提案し、それに基づいて作成した三軸圧縮状態の不飽和砂質土のサクシオン除荷に伴うひずみの進行の予測モデルを、上記のサクシオン除荷試験結果に適用した。その結果、このモデルにより実験結果を再現することが可能であることを確認した。
5. 降雨浸透を表現する1次元鉛直不飽和浸透流解析と、上記のサクシオン減少によるひずみの進行を表現できる構成式に基づくサクシオン除荷による変形モデルを、2次元一般応力・ひずみ状態に適用した無限長斜面のせん断変形モデルを組み合わせた、降雨浸透に伴う斜面変形モデルを新たに提案した。本モデルにおいては、飽和度上昇に伴うサクシオン減少による応力比の変化と、それによるせん断変形進行が表現できる。そしてこのモデルを2. で実施した崩壊実験結果に適用したところ、崩壊実験において確認された斜面土層の飽和度上昇に伴うせん断変形の進行の特徴が再現でき、このモデルの妥当性が確認できた。
6. 斜面のせん断変形に伴って発生する弾性波であるアコースティックエミッション(AE)の斜面崩壊予測への適用について、大型一面せん断試験と、模型斜面の人工降雨実験によって検討した。その結果斜面のせん断変形におけるせん断ひず

み速度と、単位時間当たりの AE エネルギーである AE エネルギーレイト、そして単位時間当たりの AE 発生数である AE イベントレイトとの間に線形関係が存在することが判明した。よって斜面崩壊発生予測において、せん断変形に基づく地表面変位の代わりにこれらの AE パラメーターを用いることが可能であることを示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、斜面崩壊発生予測手法のうち、地表面変位による斜面崩壊発生予測手法の高度化を目指して、降雨浸透に伴う急勾配砂質土斜面のせん断変形の進行について力学的モデル化を行ったものである。まず不飽和砂質土の飽和度上昇に伴うせん断進行について実験的に検討し、その後不飽和砂質土のサクシオン除荷による応力・ひずみの変化を扱いうる構成式を提案し、それに基づく力学的モデル化を行った。本論文について評価できる点は以下の通りである。

1. 今までほとんど検討されたことのなかった砂質土斜面における不飽和状態のせん断変形の進行について、降雨浸透に伴う飽和度の上昇により斜面のせん断変形が進行することを明らかにした。
2. 今まで検討例の非常に少ない砂質土の不飽和せん断強度について検討を行い、サクシオンと土のせん断強度の間に一義的な相関関係があることを確認し、実験式ではあるが両者の関係式を提案した。これによりサクシオン減少による土のせん断強度の予測が可能となった。
3. 載荷応力が一定の条件での、不飽和砂質土の、飽和度上昇に伴うサクシオン減少による、せん断進行の存在と応力条件によるせん断特性の相違について不飽和三軸圧縮試験により確認した。またサクシオン減少による応力・ひずみの変化を扱いうる構成式を新たに導き、それに基づく三軸圧縮状態での、サクシオン減少によるせん断進行のモデルを提案した。提案モデルにより、サクシオン減少による砂質土のせん断変形を予測できる事となった。
4. 降雨浸透に伴う急勾配砂質土斜面のせん断変形について、3. の結果に基づき力学的モデル化を行った。これにより今まで実験式により行われていた地表面変位による崩壊発生予測において、地形・土質・降雨などの諸特性を考慮できることとなり、より正確な崩壊発生予測が可能となった。
5. 土の変形に伴って発生する弾性波であるアコースティックエミッション (AE) について、斜面のせん断変形進行中において、いくつかの AE パラメーターと土のせん断ひずみ速度の間に線形関係が存在することを確認した。これにより地表面変位の代わりにこれらの AE パラメーターを使用して斜面崩壊発生予測が可能であることを示した。

以上のように、本論文は急勾配砂質土斜面のせん断変形機構を明らかにし、地表面変位による崩壊発生時間予測手法を開発したものであり、山地保全学および森林科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13年10月15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。