

氏名	金 啟 錫		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 甲 第 7531 号		
学位授与年月日	平成 27年 7月 24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Mechanism Analysis by Using a Large Flume Experiment and Physical-based Model for Shallow Landslide Study (表層崩壊研究のための大型実験装置を用いたメカニズム解析と物理モデルの適用)		
主査	筑波大学教授	理学博士	恩田 裕一
副査	筑波大学教授	工学博士	福島 武彦
副査	筑波大学准教授	理学博士	加藤 弘亮
副査	筑波大学講師	博士(理学)	八反地 剛

論 文 の 要 旨

近年、気候変動により、韓国においても多くの表層崩壊が発生するようになった。表層崩壊は、山地居住住民に、大きな災害を引き起こす。それは、崩壊が頻繁にあり、予知が難しいことである。また、表層崩壊はしばしば土石流の引き金となり、これは、大きな土砂災害を引き起こす。このため、降雨による表層崩壊のメカニズムを解明することにより、表層崩壊による土砂災害の予測と軽減のための改善を行うことができる。

II章では、斜面水文学を応用した研究で、岩盤の表面地形が、地下の流れに影響を与える最も重要な要因であることを明らかにした。本研究では、物理モデルに基づいたH-sliderモデルを採用し、表層崩壊の予測精度を評価するために、土壌深を反映した地形パラメータおよび土壌パラメータを使用した。そのために、2つのデジタル標高モデル（地表面DEMと岩盤表面DEM）および、3つの土壌の厚さ（平均土壌厚、風化岩石までの厚さ、岩盤までの厚さ）を使用し、土壌パラメータ（粘着力と内部摩擦角）を与え朝鮮半島の東部の江原県の小流域において調査を行った。H-sliderモデルでシミュレートし、そのROC分析により評価した結果、地表面DEM (GSTO) と岩盤表面DEM (BSTO) を比べると、予測精度がBSTOに比べGSTOを用いた方が高いことが明らかとなった。

第III章では、SHALSTABモデルを韓国の花崗岩地域のJinbu地区に適用し、土壌の深さと関連する土壌特性を評価した。現地調査において、簡易貫入試験及び直接せん断試験および三軸圧縮試験から土壌パラメータを求めた。ケースIでは、モデルの規定値を用い、ケースIIでは、土壌データを測定土層データの平均値を用い、ケースIIIでは、実際の土層データを使用した。その結果、ケースIのシミュレーションのためのROC分析結果は、0.75以下の値となり、その原因として、内部摩擦角、特に粘着力の値に起因する可能性を示した。確率論的水文地形モデルから計算された土壌パラメータを適用した、ケースII、IIIの精度は、ケースIのシミュレーションよりよい結果を示した。これらのことから、SHALSTABモデルに、土壌の深さの影響を取り込むことにより、表層崩壊の位置予測精度を向上させることができることが明らかになった。

第IV章では、地下水滲出により誘発される崩壊発生を評価するために、大型斜面崩壊実験を行った。

数値モデル化と安全率（FS）の計算の係数は二つの実験からのデータを使用して浸透の効果を分析するために使用した。降雨による崩壊実験では、水の滲出や侵食によるアンダーカットが崩壊発生要因であった。地下水数値モデルによる解析を行った結果、浸透方向は地下水の上昇にともなう傾斜面の変化の影響を受けたことが明らかになった。すなわち、降雨による崩壊実験のFSによる浸透方向の変化として、斜面に平行な浸透流が発生した際に、FS値が不安定性を意味する1未満となったことを示した。一方、地下水の底面からの注水を行う実験においては、注水をする、崩壊が複数発生し、また地中水のフラックスが、急激に斜面下方方向に変化した。数値モデリングの結果、崩壊は地下水位による間隙水圧の急激な増加および浸透方向（ λ ）によって支配されることがわかった。実験において最大の動水勾配である、 $I = 5.6$ を与えた際に、垂直方向から傾斜平行方向に浸透方向が変化した際に、FSの値が1未満となり、数値計算でもパイピングによる崩壊が発生することが再現できた。これらのことから、地下水の滲出によるパイピングの効果が崩壊の発生を解明する際に考慮すべき重要な因子であることが明らかとなった。

審 査 の 要 旨

本論文は、近年気象変動により顕在化してきた、韓国における表層崩壊の発生原因とその解明について、幅広い観点から総合的に取り組んだ論文である。研究は、現地における詳細な土層深調査に基づく、地表面および基盤岩表面の地形に基づき、数値地形モデルと水文モデルを組み合わせ、より正確な表層崩壊発生位置を予測可能なモデルを開発した。また表層崩壊発生メカニズムのさらなる解明のために、防災科学技術研究所における室内人工降雨実験を行い、地下水の滲出によるパイピングが崩壊発生に大きな役割を果たしていることを明らかにした。これらの研究は、地中水の挙動と表層崩壊発生予測につながる新たな研究であり、その有効性は極めて高いものと評価された。

平成 27 年 5 月 28 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。