

拠点研究（一般推進）（課題番号：28A-04）

課題名：極端気象時における大規模土砂災害の発生機構の総合的解明に向けて

研究代表者：王 功輝，斜面災害研究センター，准教授

研究期間：平成28年4月1日～平成29年3月31日

共同研究参加者数：12名（所内3名，所外9名）

- ・大学院生の参加状況：7名（修士4名，博士3名），学部生3名
- ・大学院生の参加形態：現地調査および実験研究に参加

研究概要

研究目的・趣旨：

極端気象時における大規模土砂災害の発生機構を気圧の変化・雨・風といった誘因から総合的に解析し，新しい土砂災害の評価手法を開発する．具体的に，①極端気象時における大気圧の変化，雨水の浸透および地下水流路網の形成に伴う斜面土層内のサクシオン・水圧の変化に関する動的現地計測を行い，それらによる斜面土層不安定化への影響を解析する．②現地計測＋室内風洞実験を実施し，強風による森林斜面土層の不安定化過程を解明する．③現地観測・調査の結果に基づいた急傾斜森林斜面に適用できる新しい斜面崩壊予測法を開発する．

研究経過の概要：

上記の目的を達成するために，近年の極端気象時に発生した伊豆大島および広島市北部の土砂災害に関する現地調査および事例研究を行った．また，2016年4月の熊本地震により不安定化したテフラ斜面において，降雨による斜面変動観測システムを設置し，観測研究を始めた．これにより，地震時に大量の亀裂が発生した斜面における降雨浸透および斜面変動過程を解明するための研究体制を整えた．具体的に，下記のように研究を展開した．

(1)2013年の伊豆大島大規模表層崩壊に対する現地調査

2013年10月に発生した伊豆大島の土砂災害に対して，詳細な現地調査を行い，土砂災害発生の地形背景，斜面土層状況および植生状況（樹木の密度，樹幹の平均直径と高さ，樹冠面積など）を調べた．また，森林斜面に高精度地震計を設置し，多点連続地震観測を行い，異なる風速における森林斜面の震動特徴を調べた．さらに，室内実験研究を行うために，崩壊の源頭部斜面から土試料を採取した．

(2)2014年の広島豪雨災害に対する現地調査

2014年8月20日，広島市内では3時間217.5mmの猛烈な雨が観測された．この雨により，広島市安佐南区および安佐北区の斜面において数多くの土石流が発生した．殆どの土石流が斜面直下の住宅地を直撃し，死者74名，家屋の被害133戸以上という甚大な被害をもたらした．この災害の発生・運動機構を解明するために，著者らは，広島土砂災害に対して，詳細な現地調査を行い，土砂災害発生の地質・地形背景および斜面土層状況を調べた．また，異なる地質背景を有する崩壊地の源頭部から室内せん断試験や土層降雨実験用の試料を採取した．

(3)2016年4月熊本地震による斜面災害および地震後の斜面災害危険度評価

2016年4月16日の熊本地震により，南阿蘇村の自然斜面において，数多くの斜面崩壊や地すべりなどが発生した．その中，甚大な災害をもたらしたのは，阿蘇大橋をも潰した立野地区の斜面において発生した大規模斜面崩壊と河陽高野台地区において発生した地すべりである．これらの地すべりの発生・運動機構を解明するために，地震時に発生した異なるタイプの地すべりに対して，現地調査を行い，地すべり地の地質や地形および土質特徴を調査した．また，熊本地震により，数多くの斜面において，多数の開口クラックが発生し，斜面変動や変形が発生した．これらの斜面は不安定な状態にあり，

地震後の降雨による斜面崩壊が拡大する可能性は極めて高い。これらの斜面における崩壊発生の危険度を評価するため、降雨時の斜面変動観測システム（雨量計、土壌水分計、地表伸縮計および気圧計）を設置し、現地観測研究を始めた。

(4)室内実験研究

- 伊豆大島の土砂災害を対象に、中国蘭州大学の土砂災害研究専用風洞実験装置を用いて、強風による樹木への載荷作用を調べた。
- 伊豆大島や広島および南阿蘇村の土砂災害地域から採取した試料に対するリングせん断実験を実施し、異なる初期密度および土層圧を有する斜面のせん断挙動を調べた。また、伊豆大島および広島の災害地から採取した試料を用いて、降雨による斜面土層崩壊実験を実施した。これにより、斜面の崩壊条件および崩土の運動挙動を調べた。さらに、強風が樹木を通じて斜面土層の不安定化過程に及ぼす影響をも調べた。

研究成果の概要:

近年発生した伊豆大島豪雨災害と広島豪雨災害および2016年の熊本地震災害に対する現地調査および室内研究を実施した。その結果を以下に纏める。

- (1) 2014年の広島豪雨災害時に発生したほとんどの土石流が、源頭部斜面における浅層崩壊＋溪流堆積物の浸食により形成されたものと分かった。また、崩壊土砂においては、崩壊に伴って高い過剰間隙水圧が発生し、せん断抵抗が著しく低下して液状化現象が発生しうることが分かった。
- (2) 2013年の伊豆大島大規模土砂災害の発生には、豪雨による斜面土層における地下水位の上昇が主な原因として上げられるが、強風が急傾斜森林斜面の不安定化を助長したとも考えられる。
- (3) 2016年の熊本地震により河陽高野台付近において発生した流動性崩壊は、降下軽石層の底面付近をすべり面として発生し、より上位のテフラ層が、移動に伴って発生した高い過剰間隙水圧により、せん断抵抗が大幅に低下し、高速で移動したと考えられる。また、自然含水状態における降下軽石層の繰り返しせん断抵抗が大きいことは、前震（Mj6.5）の時に崩壊が発生しなかった原因だと考えられる。
- (4) 2016年の熊本地震により数多くのテフラ斜面において多数の開口クラックが発生している。これらの斜面はすでに不安定状態にあり、地震後の降水がクラックを通して急激に地下水位を上昇させて斜面崩壊を引き起こす可能性がある。これらの開口クラックが発生した斜面における降雨時の斜面崩壊危険度評価の研究体制を整えた。

関連して公表した論文、学会・研究会発表など：

- Gonghui Wang (2017): Fluidized landsliding phenomena during earthquakes. Extended Abstract in Proceeding of JTC1 Workshop on Advances in Landslide Understanding. May 24-26, Barcelona, Spain, 4p.
- Gonghui Wang, Issei Doi, Toshitaka Kamai, Satoshi Goto, Masahiro Chigira (2017): On the fluidized landsliding phenomena on gentle slopes triggered by the 2016 Kumamoto Earthquake. JpGU, 2017 (to appear in May 2017).
- 王 功輝・土井一生・釜井俊孝 (2016): 平成28年(2016年)熊本地震時に生じた南阿蘇村の流動性崩壊(1-31). 第55回日本地すべり学会研究発表会講演集, p56-57.
- Gonghui WANG, Yao JIANG (2017): High mobility of large-scale shallow landslide triggered by heavy rainfall in Izu Oshima. Proceedings of the fourth World Landslide Forum, 8p (in press).
- G. Furuya, A. Suemine, J. Honda, G. Wang, M. Inoue : Groundwater flow behavior at landslide area in crystalline schist mountains, Proceedings of the fourth World Landslide Forum, 7p (in press)
- 井上 護・古谷 元・末峯 章・王 功輝・本田純也 (2016) : 連続地温測定に基づく地すべり土塊内における流動地下水脈の動態に関する一考察, 日本応用地質学会北陸支部平成27年度研究発表会講演集, 日本応用地質学会北陸支部, 2p.