

大規模地震が表層崩壊の発生や崩壊規模に及ぼす影響

信州大学大学院(現 国土防災技術株式会社)○桑澤昭雄

信州大学学術研究院農学系 平松晋也

1. はじめに

近年、我が国では平成 23 年東北地方太平洋沖地震や平成 28 年熊本地震、さらに平成 30 年北海道胆振東部地震などに代表される大規模地震が頻発するようになった。しかし、大規模地震発生後の土質強度や斜面安定性の変化を議論した研究事例は少ない。大規模地震発生後の斜面安定性の変化は、『地震時に斜面に作用した加速度による土質強度の変化』と『地震により発生した開口亀裂などの斜面変状』に起因して生じることが知られている。本研究は、平成 28 年熊本地震時に崩壊が多発した阿蘇地域を対象として、大規模地震により形成された開口亀裂の概要を把握するとともに、これらの開口亀裂が斜面の安定性や崩壊規模に及ぼす影響を定量的に把握することを目的として実施したものである。



図-1 研究対象地

2. 研究対象地の概要

熊本地震により崩壊が多発した濁川流域内に研究対象地を設定した(図-1)。同流域に位置する崩壊地周辺で、斜面調査用簡易貫入試験と同地点より採取した不攪乱供試体を用いた土壌物理試験を実施した。Nc 値と飽和透水係数の深度分布と同地点の土層区分を図-2 に示す。現地での崩壊地周辺の土層断面調査の結果と図-2 に示す Nc 値と飽和透水係数の深度分布より、崩壊時のすべり面は軽石混じりの褐色ローム層と粘土層との境界である 150cm～160cm 深度付近に位置しているものと推察される。

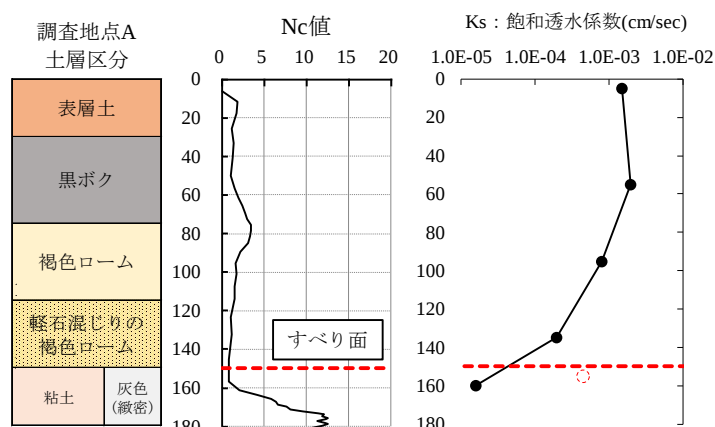


図-2 土層構造と土壌物理定数の深度分布

3. 崩壊地周辺に形成された開口亀裂の実態把握

図-3 に示す崩壊地周辺 50m の範囲に位置する亀裂の分布状況を把握した。亀裂は崩壊地源頭部に集中してみられ、崩壊地周辺の限られた範囲であるにもかかわらず、61 箇所にも及ぶ亀裂の存在が確認された。本調査で確認された最大規模の亀裂

は、幅 60cm、深さ 102cm であった。亀裂深さと亀裂幅との関係を示す図-4 より、亀裂幅の増加とともに亀裂深さも増加する傾向がみられるものの、亀裂幅が 30cm 以上になると亀裂深さは 60～100cm の範囲内で一定値を示すようになる。

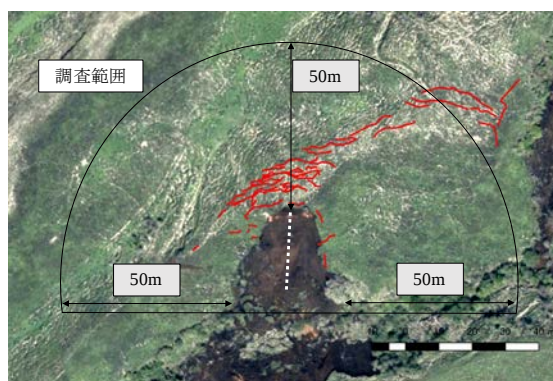


図-3 崩壊地周辺の亀裂の分布状況

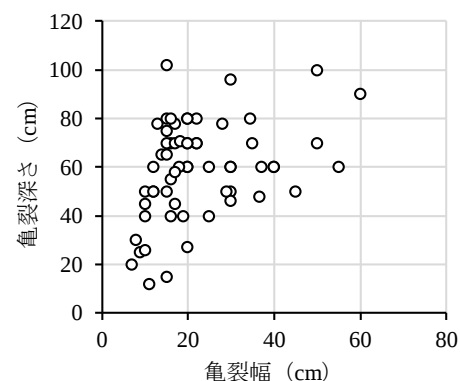


図-4 亀裂深さと亀裂幅の関係

4. 開口亀裂の存在が斜面の安定性に及ぼす影響

大規模地震により発生した亀裂が周辺斜面の水移動や斜面の安定性に及ぼす影響を定量的に把握するため、地震発生後に観測された降雨イベント(気象庁阿蘇山観測所:2016年6月19日16時00分~21日16時00分、累加雨量377.5mm)を入力条件として、二次元飽和・不飽和浸透流解析を実施した。解析対象範囲は、図-5に示す高さ16.5m、水平距離22.0m区間であり、図-3中の崩壊地中央に点線で示した縦断側線の崩壊前後の標高データを用いて作成した。解析ケースは、①亀裂がないケース、②図-5中のNo17に亀裂を設けたケース、③図-5中のNo12に亀裂を設けたケースの計3ケースである。亀裂の規模としては、現地で確認された亀裂の最大規模を考慮して、幅60cm、深さ103cmと設定した。

さらに、浸透流解析によって得られた地下水深や土壌水分状態を用いて斜面安定解析を実施した。安全率は、解析対象断面を水平距離1mの間隔で図-5に示す単位ブロックに分割し、分割した単位ブロックごとに修正フェレニウス法を用いて算出した。ケース①(亀裂なし)とケース③(No12に亀裂を設定)の亀裂部周辺ブロックの安全率と地下水深の経時変化を示す図-6より、亀裂の存在によりその下流部では地下水深と安全率が大きく変化し、亀裂下流1m地点(No11)の最大地下水深は0.78mから1.50mへと92%も増加し、地下水深の変化に対応して最小安全率は24%程度も低下するといった注目すべき事実が明らかになった。また、亀裂の下流1~2mの範囲では最小安全率の出現時刻が1時間以上早くなるため、最小安全率出現時の累加雨量すなわち崩壊発生限界雨量が大きく減少する事実が明らかになった。亀裂部周辺ブロックの崩壊発生限界雨量とその引き下げ率の場所的变化を示す図-7より、亀裂が崩壊発生限界雨量に与える影響は、No12に亀裂を設けたケース③では亀裂の下流1m地点(No11)で崩壊発生限界雨量が366mmから307mmへと16%程度低下する結果となった。このように、亀裂が存在することで亀裂の下流1~2mの範囲では通常時の2割程度少ない雨量で斜面崩壊の危険性が高まるといった注目すべき事実が明らかになった。

5. おわりに

本研究により、火山地域において大規模地震により発生した開口亀裂の存在が斜面安定性に及ぼす影響が明らかになった。しかし、本研究では、地震時に斜面に作用した加速度と土質強度との関係を考慮していないため、今後は、地震の規模に応じた地震発生後の警戒避難基準雨量の設定に資することを目的として、本研究の成果と加速度に対応した土質強度との変化とを併せた総合的評価を実施していく予定である。

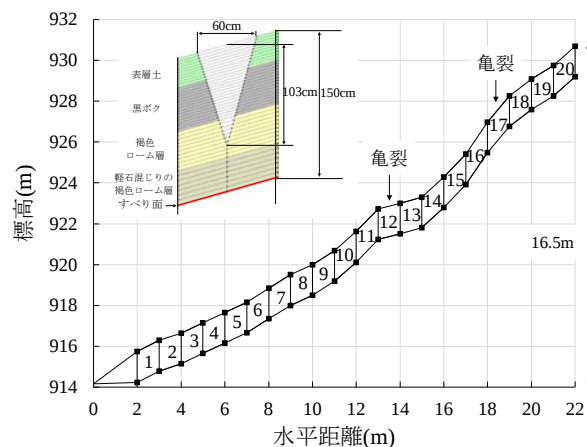


図-5 解析対象断面

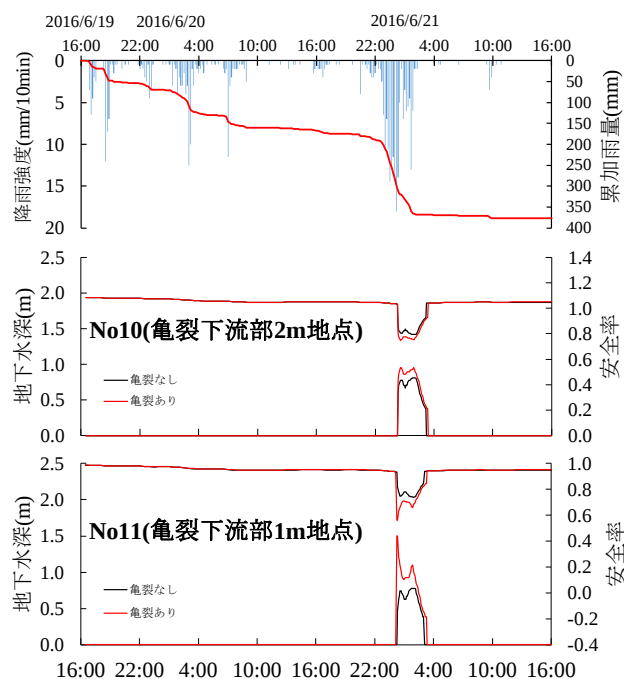


図-6 地下水深と安全率の経時変化
(ケース①とケース③との比較)

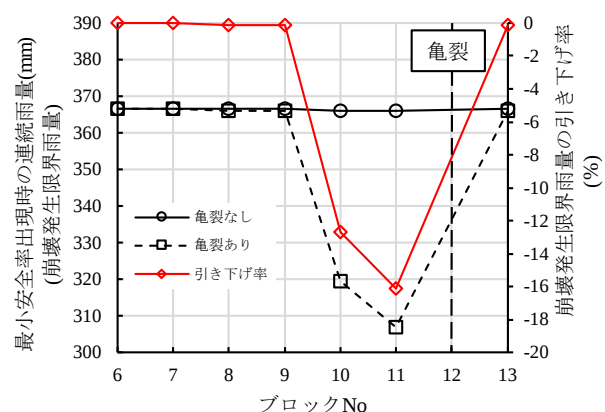


図-7 崩壊発生限界雨量の低下率
(ケース①とケース③との比較)