

地震による地下水挙動の変化が斜面崩壊に与える影響

森田悠井, 小杉賢一朗, 正岡直也

1. はじめに

地震が発生すると、地震の揺れや地殻変動により地下水挙動が変化することが多数報告されている。地下水挙動が変化し地下水圧が上昇した場合、斜面の崩壊や地すべりが誘発される可能性がある。そのため、地震動の地下水圧への影響を解明することは、地震発生後の斜面防災において重要となる。本研究では、2016年に発生した平成28年熊本地震において、深度6弱を観測した斜面を対象地とし、地震発生前後の地下水挙動の変化と斜面崩壊に与える影響を検討した。

2. 対象地

対象地の斜面上には東から順に測線1、測線2、測線3の、3本の測線が設定されている。測線1上には3つの調査孔H-1、H-2、H-3、測線2上には3つの調査孔G-1、G-2、G-3、測線3上には2つの調査孔G-4、G-5が設置されている。また、G-1、H-1が斜面下部、G-2、G-4、H-2が斜面中部、G-3、G-5、H-3が斜面上部に位置している。

3. 検討手法

3.1 地震動が地下水挙動に与える影響についての検討手法

対象地内の各調査孔に設置されている自記水位計から、2014年～2018年の地下水位の記録を用いた。ただし年ごとに降雨は異なっているため、地震動の影響のみを評価するために半減期72時間の実効雨量と各調査孔の地下水位の相関から、地震発生前後の地下水挙動の変化を検討した。時間雨量データは、国土交通省水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>) の寺床のものを使用し、欠測はアメダス (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) の湯布院のデータで補完した。

3.2 地震が斜面崩壊に与える影響についての検討手法

地震前後での斜面安定性を比較するために、まず、測線2上の3つの調査孔の、地震直前である2015年と、地震直後である2016年の地下水位に対して、最適な半減期を用いて算出した実効雨量でフィッティングを行った。そして、同じ期間(2018/6/30～2018/7/14の15日間)の降雨に適用し想定される地下水位を算出した。斜面断面図で、地すべりブロックの下端と各調査孔において想定された地下水位を直線で結び、地下水位を内挿した。また、調査孔G-3よりも上方では調査孔G-2—調査孔G-3間の直線を延長したものを地下水位の外挿値とした。算出された地下水位を用いて、この期間での斜面の安全率を24時間毎に算出し、地震前後での斜面安定性を比較した。計算では円弧状滑りを想定した簡易 Bishop 法を用い、風化が進んだ基岩の強度定数として粘着力 4 tf/m^2 、内部摩擦角 30° (石井正之『土木地質調査のための基礎知識』北海道地質調査業協会 <http://www.dog-geo.com/adviser/survey/index.php> を参照。閲覧日2020年1月21日。)を仮定した。

4. 結果および考察

4.1 地下水位観測結果および考察

測線 2 上の調査孔の、半減期 72 時間実効雨量と地下水位との相関は図 1. のようになった。測線 1, 測線 3 についても同様の傾向がみられ、斜面上部の地下水位は地震後に低下し、斜面下部の地下水位は地震後に上昇していた。斜面中部の地下水位は地震後に低下もしくは地震前後で変化しない結果であった。

1995 年兵庫県南部地震では、淡路島において、標高が高い地点の地下水位が低下し標高が低い地点の湧水量が増加したことが観測されており、この地下水挙動の変化は地震動により斜面の透水性が向上したことで説明されている（佐藤努・高橋誠, 「1995 年兵庫県南部地震後に生じた淡路島の湧水その 2: 自噴量の変化」, 『地質ニュース』, 506, 24-28, 1996; 徳永朋祥, 「地震時の地下水変動から推定される淡路島北部地域の水理特性」, 『応用地質』, 40, 99-106, 1999)。本研究の斜面上部, 中部における地下水位低下はこの先行研究と同様の結果であるが、斜面下部においては地下水位の上昇が観測された。これは、斜面下部では透水性の増加が抑えられたこと、もしくは逆に透水性が低下したことを示唆している。

4. 2 安全率計算結果および考察

地震発生前である 2015 年の地下水位から想定される斜面の安全率と、地震発生後である 2016 年の地下水位から想定される斜面の安全率は、図 2. のようになり、地震後の地下水位から想定される安全率が、いずれの日についても低かった。これは、斜面下方の土圧による支持が得られにくい、斜面下端部に位置している調査孔 G-1 における地震発生後の地下水位の上昇の影響だと考えられる。

5. まとめ

地すべり地で観測された地下水位は、地震動の影響を受けた後、斜面の上部や中部において低下し、斜面の下部において上昇する傾向がみられた。その結果として斜面下部の局所的な崩壊が発生すれば、土圧の開放によって、連鎖的に斜面中部・上部の崩壊が起きることが考えられる。

本研究の実施に当たり大分県からデータを提供していただいた。記して謝辞を表す。

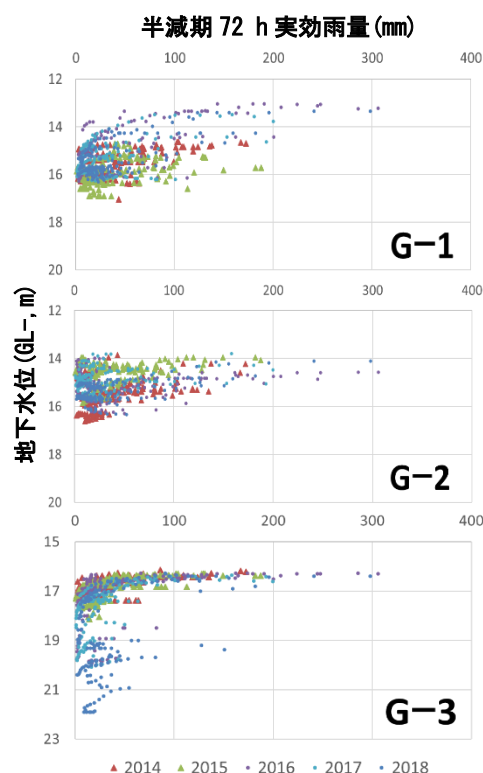


図 1. 半減期 72h 実効雨量と地下水位の相関

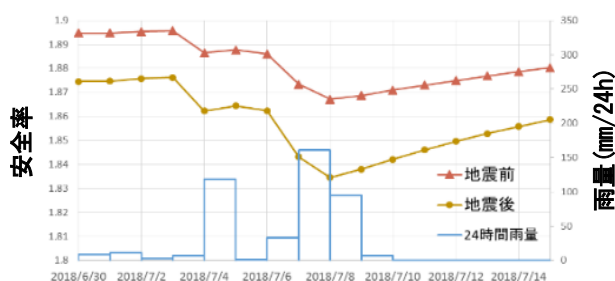


図 1. 安全率と 24 時間雨量