

1. 研究背景と目的

山地流域源頭部は、0次谷として崩壊や地すべりが起こりやすい部位と認識されている。源頭部における崩壊発生メカニズムを解明するためには、水文観測に基づいて理解することが重要である。特に地下水や基岩面飽和帯は斜面安定に与える影響が大きく、表層崩壊予測において地下水及び基岩飽和帯の計測は不可欠である。しかし、斜面崩壊発生前後の基岩面における間隙水圧の野外観測データが非常に少なかったため、斜面崩壊に至る水文プロセスが十分に理解されていなかった。2015年、2017年の砂防学会研究発表会では、台湾の山地源頭部流域における地形特性と基岩面飽和帯の形成過程、そして台風による崩壊動態を発表した。本研究は続報として、源頭部崩壊が発生した際の降雨特性と基岩面飽和帯形成を比較し、崩壊に至る水文条件を考察した。

2. 観測地と項目

2013年12月から2016年9月の間、台湾宜蘭県における粗坑溪の支溪にある天然林小流域源頭部において現地観測を行った(24°45'42"N, 121°35'45"E)。年雨量は約4125 mmであり、明瞭な乾季・雨季の区分はなく、台湾の代表的な多雨地域である。源頭部面積は0.16 haであり、基岩は頁岩と粘板岩である。観測地は急斜面であり、勾配は4~75°、平均41°であった。観測流域の下部には二つのガリーが存在し、一年を通して流出が見られた。流出箇所ではガリー侵食が進んでおり、植生が存在せず、それ以外の場所には広葉樹や下層植生による被覆が多く見られた。レーザー距離計を用いて地表面地形を計測し、また、貫入試験より土層厚を計測することで基岩面地形を推定した。観測流域全体の60箇所にテンシオメータを埋設し、基岩面直上の間隙水圧をデータロガーにより10間隔で記録した。本研究では、全箇所記録された正圧を積算したものを基岩面飽和量とした。観測地から800 m離れた気象ステーションで転倒マスにより降雨を計測した。降雨イベントの区切りはイベント間の無降雨時期が18時間以上であることとし、また、総降雨量が2 mm以上のものを一降雨イベントと定義した(Liang and Chan, 2017)。

2015年8月の台風SOUDELOR(平成27年台風13号)と9月の台風DUJUAN(平成27年台風21号)がもたらした豪雨の後に、特定の箇所におけるテンシオメータのポラスカップが頻繁に壊れ、塩ビパイプの先端も曲がったことから、基岩面変位が発生したと考えられる(以下、変位イベント)。2016年9月の台風MEGI(平成28年台風17号)がもたらした豪雨より、観測地の下半部がほぼ崩れ落ち、上半部にも表面変位が見られた(以下、崩壊イベント)。すべり面は基岩内に達していなかったことから、源頭部の表層崩壊に属すると考えられる。

3. 結果と考察

普段の降雨イベントに比べ、台風イベント時には降雨量が大きく、かつ継続時間が長かったため、平均降雨強度が小さくなった(図1a上)。その一方、最大時間降雨強度を見ると、台風イベント時のデータが上位を占めた(図1a下)。特に変位イベントの総降雨量は370 mmと387.2 mmであり、降雨量と最大時間降雨強度はそれぞれ全イベント中の1~2位と2~3位であった。崩壊イベントの総雨量は457.6 mm(継続時間:208.5 hr)であったが、崩壊までの積算雨量は271.4 mm(継続時間:188.7 hr)であり、降雨量と最大強度はそれぞれ全イベント中の3と11位であった。記録的に最大級の降雨イベントではないにもかかわらず、崩壊に至った点が興味深い。

崩壊イベントでは、崩壊により多くの観測機器が破損したが、残存したデータロガーから崩壊発生時に記録されたデータを復元した。基岩面間隙水圧と流出データの欠測タイミングから、崩壊時間と範囲が推測できた(梁, 2017)。積算雨量の上昇と共に飽和率と飽和量が上昇し、全観測箇所の89%が飽和

になった時に観測流域下部において欠測が発生し、崩壊が始まったと考えられる。降雨量が 103 mm まで増加した 3.7 時間後に、テンシオメータの計測可能率が急速に下がり、崩壊がさらに流域上部へ拡大したと考えられる。崩壊が始まった時点で、基岩面飽和量が 951 cm を記録し、変位イベント中に記録した最大飽和量をやや上回り、過去の降雨イベント中の最大値になった (図 1b)。また、全観測点を飽和頻度で分けると、“ほとんど飽和しない箇所 (Rarely)” と “偶に飽和する箇所 (Sometimes)” はそれぞれ全体の 40% と 37% を占めた (Liang and Chan, 2017)。崩壊時に “Rarely” と “Rarely+ Sometimes” 箇所に記録された飽和量も過去最大になった (図 1b)。

以上、本研究では流域源頭部で崩壊に至るまでの水文条件を明らかにした。まず、崩壊イベントは基岩面が非常に湿潤な初期状態 (全箇所の 4 割が飽和した) から始まった。このため、過去最大の降雨量ではないにも関わらず過去最大の飽和量が記録された。さらに、普段ほとんど飽和しない部位まで飽和になったため、斜面安定性が過去のイベント時より下回ったことで崩壊に至ったと考えられる。また、崩壊発生一年前の台風イベント時に生じた基岩面変位が斜面安定を低下させ、崩壊に寄与した可能性もある。以上の結果から、源頭部崩壊は降雨量や降雨強度のみに依存するのではなく、基岩面飽和帯の動態と分布、さらに過去の基岩面変位が大いに関連することが分かった。

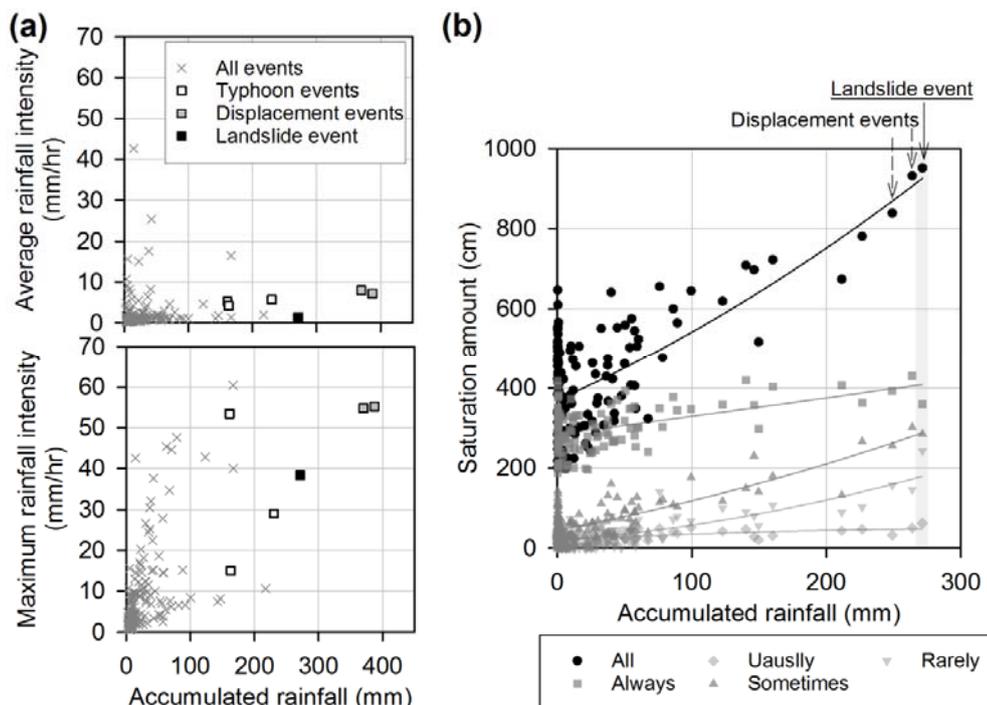


図 1. (a) 普段の降雨イベントと台風イベント (基岩変位と斜面崩壊を起こしたイベント) の降雨特性比較。(b) 降雨イベント毎の基岩面飽和帯が最大になった量とその時の積算雨量の関係。崩壊イベントの積算雨量と飽和量は崩壊開始時点に記録したものとした。図 1b は全観測箇所の飽和量及び飽和頻度により区分された 4 グループそれぞれの飽和量を示している。

引用文献

Liang, W.-L., Chan, M.-C., 2017. Spatial and temporal variations in the effects of soil depth and topographic wetness index of bedrock topography on subsurface saturation generation in a steep natural forested headwater catchment. *Journal of Hydrology*, 546: 405-418.

梁偉立. 2017. 台風による山地小流域源頭部における崩壊動態. 平成 29 年度 (社) 砂防学会研究発表会概要集, 50-51(R1-25).