

大規模崩壊発生の予測に向けた岩盤内地下水位変動の観測

信州大学大学院農学研究科 平松 晋也 ○上田 大輔
天竜川上流河川事務所 伊藤 仁志 石田 勝志
アジア航測株式会社 梅村 裕也 江口 友章

1. はじめに

近年、規模の大きな崩壊が局所的に発生して大規模な土砂災害を引き起こすケースが全国的に目立っている。これらの崩壊には、いずれもすべり面が深層まで及んでいること、崩壊発生に深層地下水が関与していること、土石流を誘起する場合があるといった共通点があげられる。このような大規模崩壊は、表層崩壊に比べ生産される土砂量が多いため、周辺住民に甚大な被害を与える危険性がある。大規模崩壊による土砂災害を防止・軽減するためには、崩壊発生のメカニズムを解明するとともに、その発生の予測手法を早急に確立する必要がある。

本研究では、大規模崩壊発生予測手法の確立に資することを目的として岩盤内地下水位や湧水量を観測し、降雨や融雪に対する応答特性等について考察した。

2. 研究対象流域

研究対象流域は、図-1 に示す長野県上伊那郡飯島町を流れる与田切川流域内の Y-1 と Y-2 である。Y-1 と Y-2 の流域面積は、それぞれ 1.00ha と 0.64ha で、流路延長は 174m、200m である。流域内の地質は共に花崗岩で、植生は Y-1 では主にヒノキ林とブナ林、Y-2 はカラマツを主体とした落葉針葉樹林となっている。

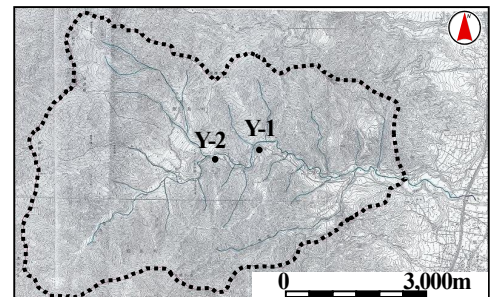


図-1 研究対象流域

3. 降雨に対する岩盤内地下水位の応答特性(Y-1 流域)

岩盤内地下水位は、Y-1 流域内の A(標高:1,143.55m)と B(標高:1,165.75m)の2地点でボーリングを実施し、水圧式水位計により自動計測した。A、B 地点の観測期間はそれぞれ 2008 年 2 月 21 日～2009 年 3 月 24 日と 2009 年 3 月 10 日～3 月 24 日である。A、B 地点の各岩盤内地下水位 H_A 、 H_B の経時変化を示す図-2 より、 H_A は 2008 年 6 月 29 日の降雨(総雨量 230.0mm)の影響により 1,121.10m まで達している。2009 年 3 月には 13～14 日の総雨量 136.0mm の降雨により、 H_A は 1,124.82m と観測期間内での最大値を示しているが、これは融雪の影響であると推察される。また、 H_B は 2009 年 3 月の二度の総雨量 90mm を上回る降雨に対し、それぞれ 1,149.45m と 1,151.25m を示している。

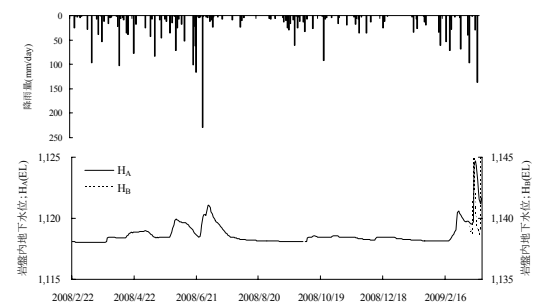


図-2 降雨量に対する H_A 、 H_B の経時変化(Y-1 流域)

図-2 を詳細に眺めると、 H_A は 50mm/day 程度を境に増加しはじめるものの、50mm/day を下回る場合にも H_A が増加傾向を示している場合も見受けられる。これは降雨前の土層内水分状態の相違によるものであろう。そこで、降雨前の土層内水分状態を示す先行降雨の影響を考慮した積算雨量である実効雨量を算出し、A 地点での岩盤内地下水位 H_A と実効雨量 $D_M(T)$ との関係について考察を加えた。実効雨量は、塚本ら(1991)に準拠し、半減期は 120 時間として算出した。実効雨量 $D_{120}(T)$ に対する岩盤内地下水位 H_A の経時変化を示す図-3 より、 H_A は $D_{120}(T)$ が 40～50mm を上回ると増加しはじめ、 $D_{120}(T)$ の増加とともに増大する傾向が認められる。これは、先行降雨を考慮した実効雨量を指標としたことにより、土層内部での水分状態が評価されたことによるものである。

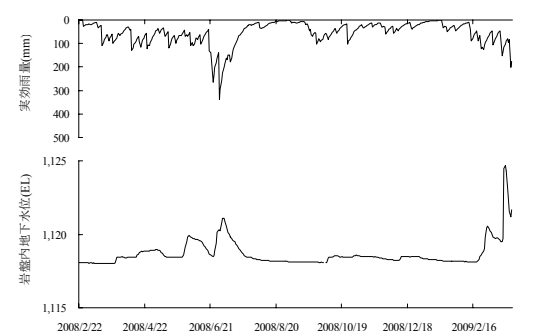


図-3 実効雨量に対する H_A の経時変化(Y-1 流域)

4. 降雨に対する湧水量の応答特性(Y-2 流域)

Y-2 流域内の C と D の 2 地点に三角堰と水圧式水位計を設置し、岩盤内からの湧水量を 10 分間隔で自動計測した。降雨量と実効雨量(半減期:120 時間)および C、D 地点での湧水量 Q_C 、 Q_D の経時変化を示す図-4 より、 Q_C と Q_D はそれぞれ 30mm/day、35mm/day 以上の降雨に対して反応し、実効雨量に対してはそれぞれ 30mm、40mm 程度を上回ると増加する傾向が認められた。2009 年 3 月 22 日には 136.5mm/day の降雨により、 Q_C と Q_D はそれぞれ観測期間内での最大値である 2,695.18cc/sec、1,963.54cc/sec を示している。C 地点の湧水量 Q_C は、無降雨期間が継続する 2009 年 2 月 1 日～2 月 12 日の期間内でも 283.52～301.27cc/sec を示したのに対し、D 地点では 2 月 13 日の 34.0mm/day の降雨まで湧水が確認されなかった。このことより、C 地点では降雨とは無

関係に地下水帯へと供給される地下水流の存在が示唆される。

さらに、期間内総雨量、実効雨量と湧水量との関係を示す図-5より、 Q_C と Q_D はともに期間内総雨量よりも実効雨量との相関が高いことがわかる。このことより、C、D地点では、先行降雨の有無すなわち土層内部の水分状態が湧水量に影響を及ぼしていることがわかる。

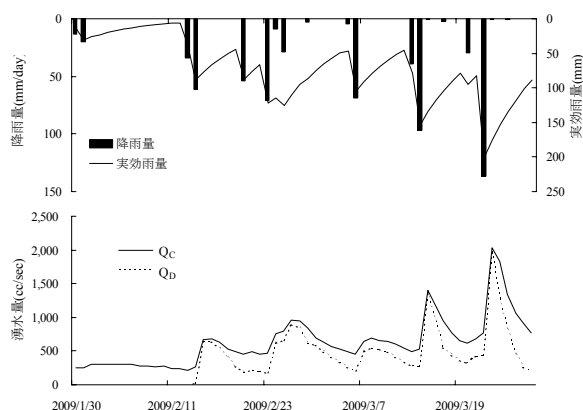


図-4 降雨量と実効雨量に対する Q_C 、 Q_D の経時変化(Y-2流域)

5. タンクモデルによる地下水位と湧水量の再現

Y-1流域の岩盤内地下水位 H_A 、 H_B と、Y-2流域の湧水量 Q_C 、 Q_D を図-6に示す直列3段のタンクモデル(地頭菌 2004)を用いて再現を試みた。表-1に各タンクのパラメータの同定結果を示す。 H_A と H_B の再現値は、タンクモデルの計算による下段タンクの貯留水深(h_c)に、それぞれ比例係数50と800を乗じたものとした。また、 Q_C と Q_D は中段と下段の側方流出量の合計値(Q_4+Q_6)を集水面積0.63haで除したものとした。タンクモデルによる岩盤内地下水位 H_A 、 H_B の再現結果を示す図-7より、 H_A の再現値は、融雪時期の3月では実測値よりも過小評価となるものの、概ね良好な再現結果となった。 H_B では再現値のピークが実測値よりも2日程度遅れる結果となったものの、3月15日のピーク湧水量の値を精度良く再現することができた。また、3月22日の降雨では、再現値が実測値を下回る結果となった。

タンクモデルによる湧水量 Q_C 、 Q_D の再現結果を示す図-8より、 Q_C と Q_D の再現値は3月の融雪時期ではいずれも実測値より小さい値を示すものの、ピーク時の湧水量と流出波形の変動ともに概ね良好な再現結果を得ることができた。

6. おわりに

今回得られたY-1流域の岩盤内地下水位では、 H_A に対して H_B のデータ蓄積量が少ないため、相互関係について考察を加えるまでにはいたらなかった。

Y-2流域のC、D地点の湧水量 Q_C 、 Q_D は同一降雨に対し、類似した流出波形を示すことから、同一の起源であるものと推測されるものの、1ヶ月半という短期間の観測データだけでは、その根拠を示すまでにはいたらなかった。今後は、さらにY-1とY-2流域での観測データを蓄積し、岩盤内地下水位 H_A と H_B 、湧水量 Q_C と Q_D をそれぞれ比較することにより考察を加える必要がある。

直列3段タンクモデルを用いて H_A と H_B および Q_C と Q_D の再現を試みた結果、再現値は融雪時期である3月を除けば、概ね良好な再現結果を得ることができた。融雪時期の再現値に関しては今後さらに観測データを蓄積し、タンクモデルによる再現精度の向上を図る必要がある。

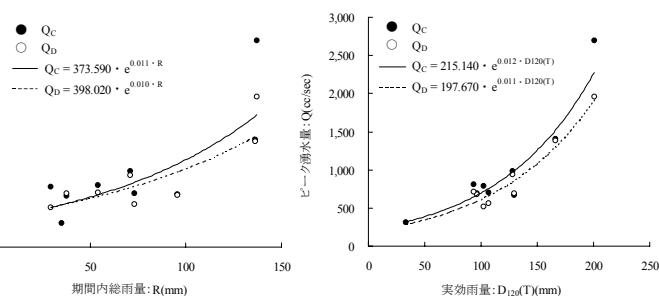


図-5 期間内総雨量、実効雨量と湧水量との関係(Y-2流域)

表-1 タンクモデル各パラメータ

岩盤内地下水位 A地点		上段		中段		下段	
流出口定数 (day ⁻¹)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
側方流出口高さ (mm)	h1	h2	h3	h3	h4	h4	0
岩盤内地下水位 B地点		上段		中段		下段	
流出口定数 (day ⁻¹)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
側方流出口高さ (mm)	h1	h2	h3	h3	h4	h4	0
湧水量 C地点		上段		中段		下段	
流出口定数 (day ⁻¹)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
側方流出口高さ (mm)	h1	h2	h3	h3	h4	h4	0
湧水量 D地点		上段		中段		下段	
流出口定数 (day ⁻¹)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
側方流出口高さ (mm)	h1	h2	h3	h3	h4	h4	0

図-6 直列3段タンクモデル

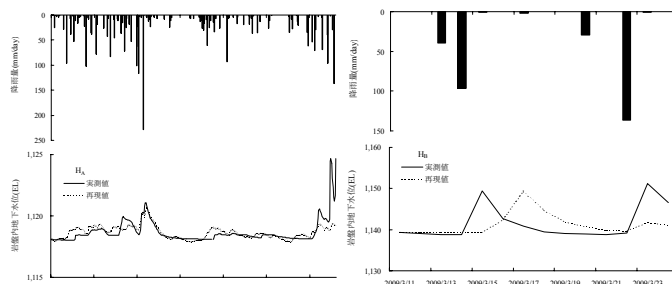


図-7 タンクモデルによる岩盤内地下水位の再現結果(Y-1流域)

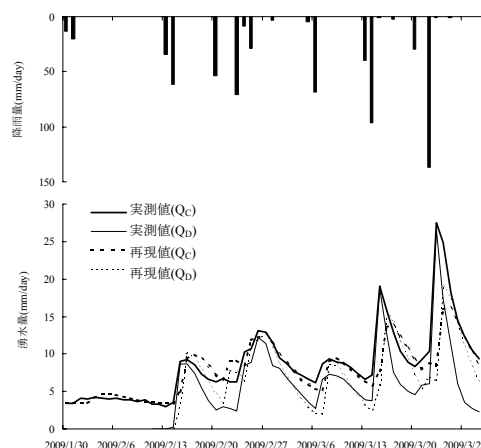


図-8 タンクモデルによる湧水量の再現結果(Y-2流域)