

岩盤内地下水位と湧水量を指標とした深層崩壊危険度予測の試み

信州大学農学部 ○中村 有汰  
信州大学学術研究院農学系 平松 晋也

1. はじめに

本研究では、与田切川流域内で観測された岩盤内地下水位と湧水量を基に、岩盤内地下水の流動経路を把握した。さらに、得られた知見を基に、深層崩壊危険度予測に質することを目的として岩盤内地下水位と湧水量を同時に再現可能となる岩盤内地下水流動予測モデルを構築し、同モデルを用いた深層崩壊発生危険度判定手法の基本骨子について考察した。

2. 研究対象流域と観測概要

対象流域は長野県飯島町に位置する与田切川流域内の小溪流(Y-1流域：図-1)であり、流域内の上流域4地点(Gw3,Gw2,Gw1,Gw4)のボーリング孔内で岩盤内地下水位と電気伝導度を、下流部2地点(Sw1,Sw2)で湧水量と電気伝導度をそれぞれ観測した。さらに、中腹部右岸(Y-1R)と尾根部(Y-1S)の2地点で降雨量を観測した。

3. 岩盤内地下水と湧水の降雨応答特性

岩盤内地下水位と湧水量の本研究観測期間(2021年)での経時変化を示す図-2より、Gw2地点での降雨に対する地下水位の反応は極めて鋭敏であるのに対し、Gw1とGw4地点での地下水位の降雨に対する反応は緩慢であることがわかる。また、湧水量の降雨に対する反応は、Gw1とGw4地点での地下水位の降雨応答特性と類似している事実が確認された。図-2中には、次節で構築することになる岩盤内地下水流動予測モデルと湧水量モデルによる計算値を併記した。

4. 岩盤内地下水流動予測モデルの構築と妥当性の検討

岩盤内地下水位と湧水量の降雨応答状況と既往研究で実施されたトレーサー試験結果を考慮して、図-3に示す岩盤内地下水流動予測モデルを再構築した。さらに、本研究で提示することになる「深層崩壊発生予測手法」の実用化に向けて、岩盤内地下水位と比較して観測が容易な湧水量のみを指標とした湧水量予測モデルを構築した(図-4)。図-2中に併記した岩盤内地下水流動予測モデルと湧水量予測モデルによる再現結果より、Gw2地点での岩盤内地下水位

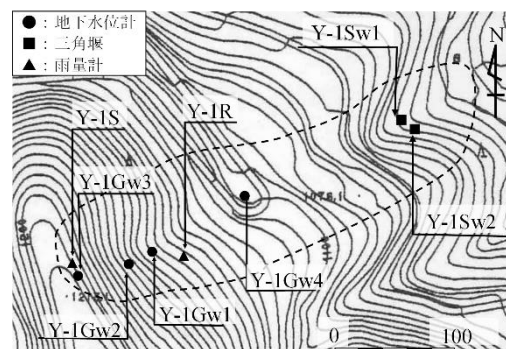


図-1 研究対象地(Y-1流域)

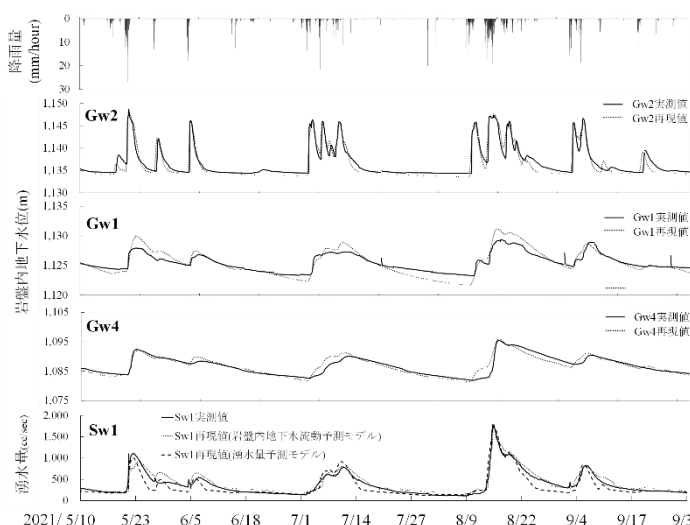


図-2 岩盤内地下水位と湧水量の経時変化

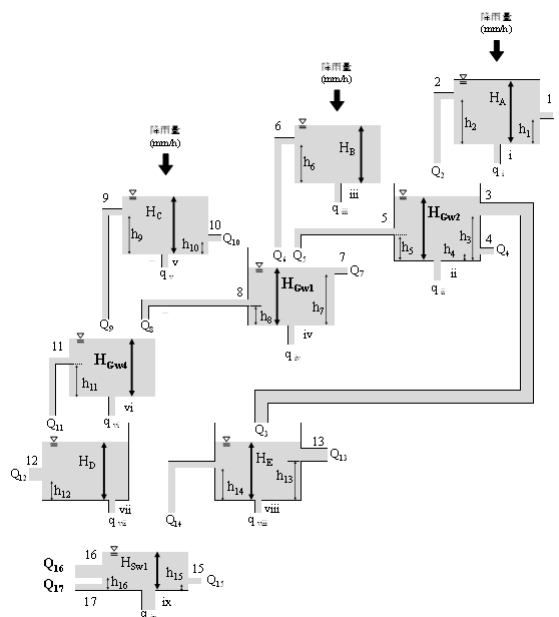


図-3 岩盤内地下水流動予測モデル

に対する岩盤内地下水流動予測モデルによる再現性は、深層崩壊の危険性が高まる高水位時において良好となることがわかる。しかし、同モデルによる Sw1 地点の湧水量の再現性は良好であるものの、ピーク湧水量出現時刻の再現性については改良の余地が残される結果となった。また、湧水量予測モデルによる Sw1 地点での湧水量に対する再現性は、岩盤内地下水流動予測モデルと比較して大きく向上していることがわかる。

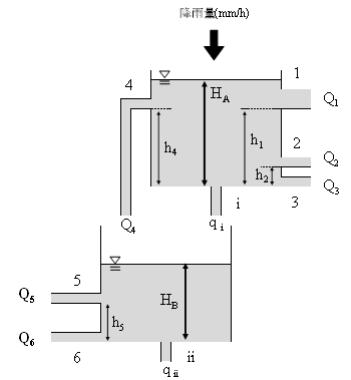


図-4 湧水量予測モデル

## 5. 深層崩壊発生危険度予測手法の提案

岩盤内地下水流動予測モデルによる良好な再現性が確認された Gw2 地点と、湧水量予測モデルによる良好な再現性が確認された Sw1 地点を対象として、各モデルにより得られる地下水位と湧水量の予測値( $Gw2_{cal}, Sw1_{cal}$ )と実測値( $Gw2_{obs}, Sw1_{obs}$ )との差異  $Gw2_{cal}(t) - Gw2_{obs}(t)$ ,  $Sw1_{cal}(t) - Sw1_{obs}(t)$  (以下  $\Delta Gw2(t)$ ,  $\Delta Sw1(t)$  とそれぞれ呼ぶ)を指標とした深層崩壊危険度予測手法の検討を行った。2009 年から 2021 年までの 13 年間を対象として再現計算を行い、 $\Delta Gw2(t)$  と  $\Delta Sw1(t)$  のそれぞれの過去最大値(以下  $\Delta Gw2_{MAX}$ ,  $\Delta Sw1_{MAX}$  と呼ぶ)と、 $\Delta Gw2(t)$  の過去最小値(以下  $\Delta Gw2_{MIN}$  と呼ぶ)を

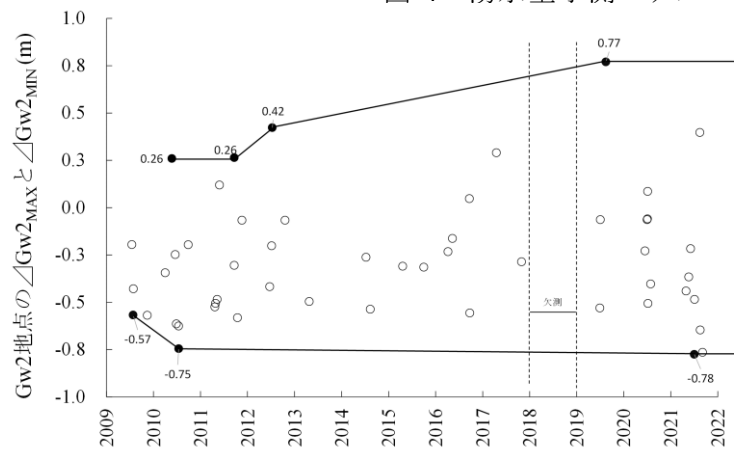


図-5 解析対象期間中における  $\Delta Gw2_{MAX}$  と  $\Delta Gw2_{MIN}$  の変化

算出した。これらの値( $\Delta Gw2_{MAX}$ ,  $\Delta Sw1_{MAX}$ ,  $\Delta Gw2_{MIN}$ )を深層崩壊発生予測手法を運用する際の閾値とし、 $\Delta Gw2(t)$  と  $\Delta Sw1(t)$  が閾値( $\Delta Gw2_{MAX}$ ,  $\Delta Sw1_{MAX}$ ,  $\Delta Gw2_{MIN}$ )を超過した際には深層崩壊発生危険度が従来よりも高まったと判断する。具体的には、 $\Delta Gw2(t) > \Delta Gw2_{MAX}$  となった場合には岩盤内の水みちの閉塞により Gw2 地点の上流域の安定性が、逆に  $\Delta Gw2(t) < \Delta Gw2_{MIN}$  となった場合には水みちの変化により Gw2 地点の下流域の安定性が低下していると判断される。また、 $\Delta Sw1(t) > \Delta Sw1_{MAX}$  となった場合には Sw1 地点での流下能力が低下することにより Sw1 地点の上流部の安定性の低下が想定される。なお、深層崩壊の危険性が高いと判断されたものの、斜面に異常が確認されなかった場合には、以後この時の値( $\Delta Gw2(t), \Delta Sw1(t)$ )を閾値として運用することで本予測手法の精度向上が図られることになる。図-6 に示す解析期間中の  $\Delta Gw2$  の閾値の推移より、2021 年までに  $\Delta Gw2_{MAX}$ ,  $\Delta Gw2_{MIN}$  とともに 2 度更新された後に、現在の閾値である  $\Delta Gw2_{MAX}=0.77$ ,  $\Delta Gw2_{MIN}=-0.78$  へと推移していることがわかる。このように、本手法は危険度判定の閾値となる  $\Delta Gw2_{MAX}$ ,  $\Delta Gw2_{MIN}$ ,  $\Delta Sw1_{MAX}$  を適宜更新していくといった学習型の危険度判定モデルである。

上記の手法を Gw2 と Sw1 地点の 2 地点で行うことにより、1 地点のみで危険度評価を行うよりも適切に深層崩壊の危険性を判断することができる。

## 6. おわりに

本研究で提示した「岩盤内地下水流動予測モデル」と「湧水量予測モデル」による予測計算結果を用いて深層崩壊発生危険度評価を行おうとする本手法の実用化の可能性は高いといった事実が確認された。しかしながら、深層崩壊発生予測手法を運用するにあたり、同一モデルによる複数箇所の予測値を指標とするのが理想である。このため、今後は「岩盤内地下水流動予測モデル」にさらなる改良を加えることにより、Gw2 地点以外での予測精度を向上させる予定である。