

斜面内水位測定からみた土壌雨量指数の問題点とその検討

金 沢 大 学
金 沢 大 学 院
徳島大学大学院

学生会員
正 会 員
正 会 員

○近藤 健太
高原 利幸
上野 勝利

1. はじめに

土砂災害警戒情報は、時間雨量と土壌雨量指数によるスネークラインが、RBFN 値を基にした CL (Critical Line) を 2 時間後の予測値を超えるか、現況で超えた場合に発表される。近年の局所的豪雨の多発を受け、発表と同時に警戒及び特別警戒区域では原則避難勧告が発令されることとなった。しかし、石川県では CL を超えずに発生する土砂災害が 7 割と多く¹⁾、もう一段確度を上げる必要がある。

土壌雨量指数は、広流域の洪水に対する研究を基にしており、流出係数も一定としているため、個々の斜面の特性を反映できていないことが問題である。本研究では、地質分布の異なる石川県の 3 箇所で斜面先での地下水位測定を実施し、土壌雨量指数 (SWI) と比較することで、問題点を明らかにし、さらに有効な並列タンクモデルによる予測の可能性について検討した。

2. 地下水位測定斜面の概要

図-1 に石川県能美市灯台笹地区の急傾斜特別警戒区域および土砂災害防止のための保安林に指定されている砂礫台地の斜面である。現地では表面波探査 (2 測線)、動的コーン貫入試験、標準貫入試験 (1 箇所) を行った。その結果、風化火山岩と思われる基盤層が図-2 に示すように直線的に分布し、その上に砂礫層が分布していると推定された。砂礫層は細粒分を含むものの透水性は高い地盤であるが、図-1 に示すように観測地点の脇で 40 年ほど前に地すべりが発生し、住宅に土砂が流れ込んだ履歴を有する。本研究で地下水位の測定対象とした斜面は地すべり発生斜面に隣接した北側の尾根部で、原位置ではサンプリング 2 深度を行い、CU 試験も行い、Janbu 法や円弧滑り法による安定計算を行ったが、安全率は 1 を切らなかった。本地点は 2014 年 3 月より測定を開始している^{2),3)}。

図-3 に中能登町の 2 箇所の測定位置を示す。風化花崗岩状の「能登部下」と礫岩 (礫混じり砂礫) 状の「地獄谷」である。本地点は 2016 年 6 月より測定を開始したばかりであるため、主に灯台笹地区の測定結果について検討する。

3. 計測装置および結果

用いた測定器は徳島大学式の静電容量型のもので、安価で高性能な測定方式である (写真-1,2)。水分計も同時に設置しているが、砂礫層のため水位が降雨との関係がより明瞭であり、本報告では水位計の結果のみについて示す。

図4(a)-(c)にそれぞれ 2014, 2015, 2016 年度の灯台笹での測定結果を示す。黒の点線が実測の地下水位で、灰色線が土壌雨量指数の半値 (ただし、24 時間無降雨でもリセットはしない)、赤線が提案する並列タンクモデルによる地下水位の予測値である。測定開始から数カ月はデータが落ち着かず、孔壁の泥水などの影響などが考えられた。測定データが欠損している部分は太陽電池による電力供給が追いつかなかった期間である。

時間雨量が 20mm を超えても地下水位に反応がない場合や、それよりも小さな雨にも関わらず大きな反応を示している場合があることが分かる。また、どれだけ雨が降らなくても 900mm 前後の地下水位が常に存在しているようであり、広域の地下水流の影響も存在することが分かる。

冬季の積雪期には並列タンクモデルは十分に実測値を表現できていないが、それ以外は 2015 年の 5~6 月など比較的雨が降っても地下水位が反応しない様子や 2016 年 9~10 月にかけての変化をよく表せている。土壌雨量指数もある一定値以上のみを見れば比較的良い指標であると言えるが、実際には一定の水量があるにも拘らず、降雨がなければ指数は小さくなるため、注意が必要である。



図-1 灯台笹水位計測斜面
(国土地理院地図使用)

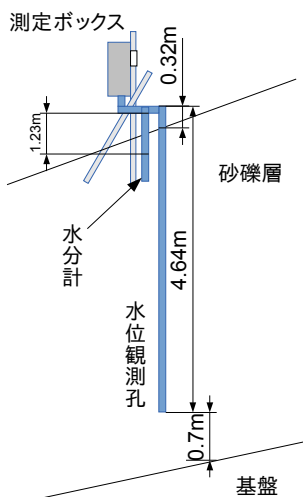


図-2 水位計と測定ボックス



写真-1 測定ボックス



写真-2 設置状況

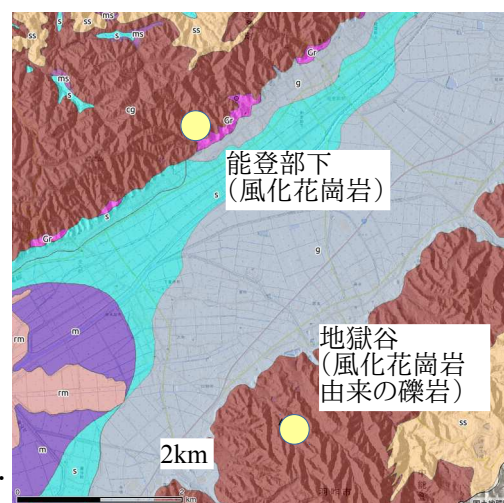


図-3 中能登水位計測斜面
(国土地理院地図使用)

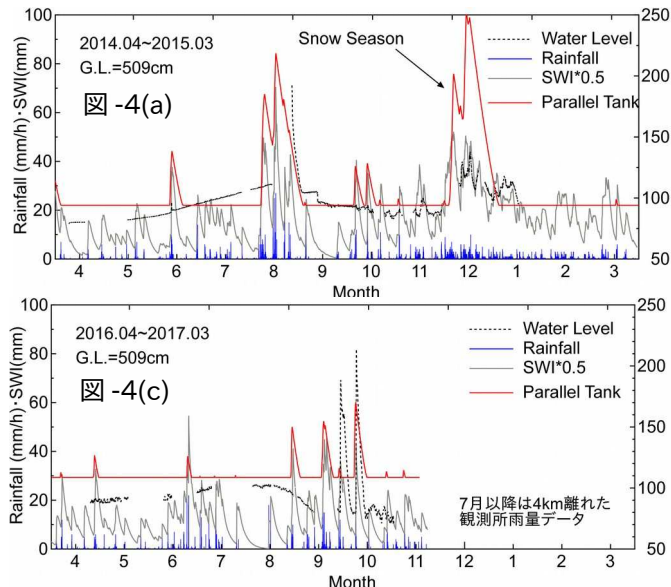


図-4(a)-(c) 灯台笹測定結果と土壌雨量指数 (SWI) との比較

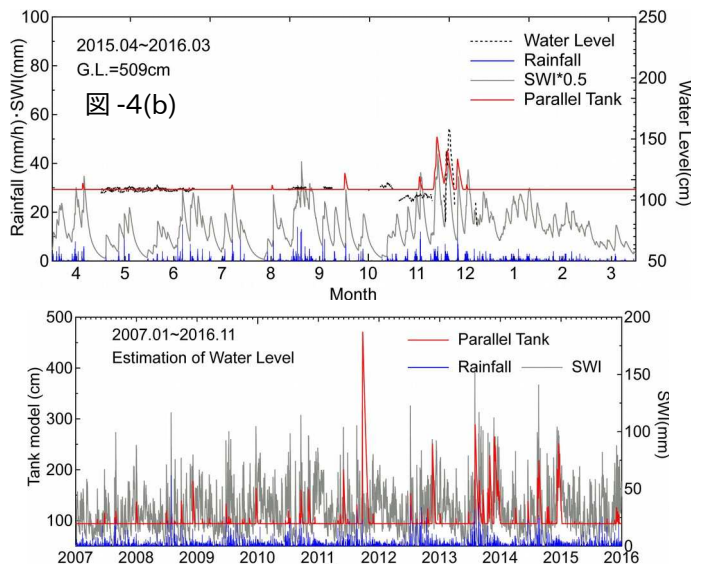


図-5 過去の最大値の推定の比較

図-5 に半値にせず示した SWI と並列タンクモデルの予測値を 2007 年 1 月からアメダス解析雨量を用いて計算した結果を示している。2016 年 7 月以降は近隣の雨量観測点のデータを用いて、後に詳述する並列タンクモデルや SWI の計算を行い、過去の危険性について検討したもので、SWI と比較すると最大値を示す日時や大小関係が 2 つの指標では大きく異なることが分かる。

本研究で用いた並列タンクモデルは図-6 に示すとおりで、実測の特徴を踏まえて下記の仮定を設けた。

- 1) 降水の全てが地下水位に反映されるわけではなく、表層流出がある。

$$\alpha = 1.2 \exp(-0.24 R_t^{0.43})$$

- 2) 無降水が続くと地下水の反応は鈍くなり、少雨でも連続降水で反応する。

$$q_t = 1.1(1 + N_{t-\Delta t}^{0.5}), \quad l_t = l_{t-\Delta t} + \alpha R_t - q_t$$

- 3) 土中保持水が一定量を超えると地下水位の反応が始まる。

$$r_t = l_t - L_1, \quad h_t = h_{t-\Delta t} + r_t - p_t$$

- 4) 一定の地下水位 h_0 が存在し、 p_t は h_t 依存する。

$$p_t = h_t^a, \quad h_0 = b L_1 = c$$

ここで、 a, c は灯台笹と中能登で、 b は全ての場所で異なっており、灯台笹 ($a=0.2, b=940, c=10.0$), 地獄谷 ($a=0.05, b=4300, c=2.0$), 能登部下 ($a=0.05, b=3500, c=2.0$) の組み合わせである。

添字 t は時間を意味し、 Δt は 1 時間である。図-6 における左側のタンクが、斜面の全体的な保水力を示し、左タンクに一定量 L_1 が溜まらなければ地下水位には寄与しないとしている。また、SWI の計算では一旦すべての雨が算入されるが、表層流出を考慮して R_t の式を設定している。おおよそ 30mm/h で頭打ちになるような関数とした。図-7 に中能登 2 地点の計測結果と SWI および提案モデルの予測値を比較しているが、図-7(b) の提案モデルとの相関が高いことが分かる。現時点で使用している雨量観測点が遠いため、アメダス観測雨量での比較を今後実施したいと考えている。

4. おわりに

土壌雨量指数は比較的反応の早い地盤には適さず、パラメータを変更して反応速度を上げると指数自体が小さくなってしまうことが確認されている。一方で並列タンクモデルは僅かな係数の変更で異なる地盤での適用性も示唆された。冬季の積雪に関しては別のモデルが必要であり、今後データの蓄積をもって対処していく予定である。

5. 参考文献

- (1) 若林桂汰, 高原利幸: 地質区分を援用した土砂災害警戒情報基準に関する検討, 第 51 回地盤工学研究発表会, CD-ROM, 2016
- (2) 近藤健太, 高原利幸, 上野勝利: 危険斜面における地下水位測定を基にした危険度推定に関する検討, 第 51 回地盤工学研究発表会, CD-ROM, 2016
- (3) 高原利幸, 和田晃平, 上野勝利: 危険斜面における地下水位の直接測定と土壌雨量指数の比較, 第 50 回地盤工学研究発表会, CD-ROM, 2015

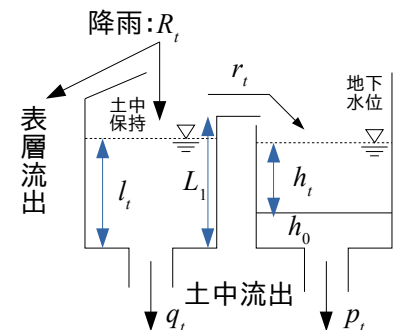
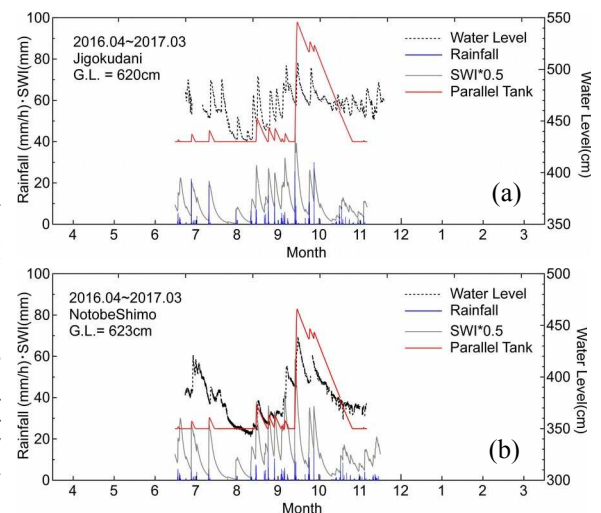


図-6 並列タンクモデル

図-7(a),(b) 中能登計測結果と指標の比較
(a) 地獄谷, (b) 能登部下