

道路斜面の土壌水分と土壌雨量指数の関係

立命館大学・衣笠総合研究機構 ○林 祐妃
 立命館大学・理工学部 藤本 将光 山田 由生
 京都大学大学院・工学研究科 宮崎祐輔 岸田 潔
 関西大学・社会安全学部 小山倫史
 アーステック東洋 中井卓巳
 エイト日本技術開発 藤原康正

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響により局地的な豪雨が増加し、斜面崩壊や土砂流出などの発生が増加している。これらの危険の高い国道の通行止めの規制は、連続雨量を基準として行われてきた。一方で気象庁が発表する日本各地の土砂災害に関する警戒情報は、土壌雨量指数を判断基準としている。土壌雨量指数は直列三段タンクモデルを用いて構築されたモデルの指数である。このモデルでは雨量データの情報を元に土中の水分状況を推定することができ、的中率も高い。そこで国道の通行止めについても土壌雨量指数を導入することが妥当であるとされている。しかし、土壌雨量指数が示している値は何を表しているか、実際に斜面崩壊の危険を予測するタイミングとしては土壌中の水分とどの様な対応関係にあるのか、について詳細は明らかにされていない。土壌雨量指数を道路斜面・のり面の通行止め規制に適用するためには、土壌中の水分の様子との関係を明らかにする必要がある。従って本研究では、体積含水率と地下水位を実斜面においてモニタリングし観測した結果と土壌雨量指数との関係を明らかにすることを目的とする。さらに、発生のタイミングとして、豪雨の後、いつ土壌中の水分が増加するかを土壌雨量指数と比較することも目的とした。

2. 観測地と手法

近畿地方整備局京都国道事務所管轄内における国道9号線京丹波町蒲生交差点～京都市間の法面の観音峠にて観測を行った。観音峠は斜面崩壊した例が複数あり再び災害が起きる危険性が高いため、通行規制の対象とされている。基岩はチャート質であった。植生は崩壊を受けた後に成長した草が繁茂した草地となっており、褐色森林土壌であった。標高についてはおよそ270mである。斜面下部からK2とK3とプロットを設けた。

それぞれのプロットにて体積含水率を測定した。まず1mほどのトレンチを切り、次に地表面から30cmと60cmの深度にTDR (Time Domain Reflectometry) 式土壌水分計 CS655 (Campbell社) を挿入した後、穴を埋め戻した。データは10分間毎に観測しており、解析には10分間データを用いた。

地下水位は機種 ATM1st/N のセンサーを用いた。データ測定はK2の下流側に長さ2mの管を地中に挿入しその中にセンサーを投入して行った。データは体積含水率と同じく10分間毎に観測しており、解析には10分間データを用いた。

降雨データは国土交通省の水文水質データベースを利用した。場所は観音峠から東へ約10kmに位置する園部である。解析には1時間毎のデータを用いた。この降雨データを用いて土壌雨量指数 (SWI) を求めた。パラメータは、Ishihara and Kobatake¹⁾ の花崗岩地質の値を用いた。土壌雨量指数 (SWI) はタンク1～3の貯留高である S_1 , S_2 , S_3 の総和である。

3. 結果と考察

3.1 S_1, S_2, S_3, SWI と体積含水率、地下水位との関係

体積含水率は値の変動が小さいので図-1 に示した様に降雨により体積含水率の値が大きくなる前の初期値を最小値としピーク値を最大値としその差を取り、体積含水率の増減を表す値とした。

タンクモデルの S_1, S_2, S_3, SWI 最大値と、体積含水率の最大値と最小値の差を取った値との関係を示したのが図-2 である。 S_1 について見ると弱い正の相関があった。 S_2, S_3, SWI とはあまり相関はなかった。

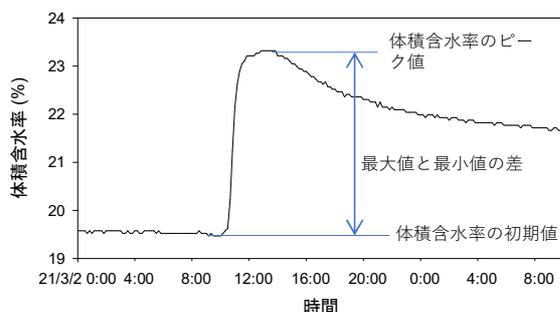


図-1 体積含水率の最大値と最小値の差の定義 (K3-30cm)

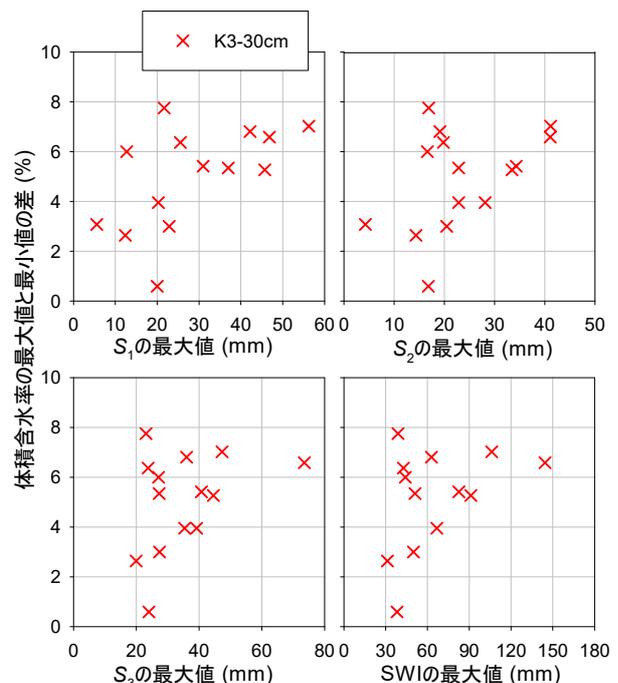


図-2 S_1, S_2, S_3, SWI の最大値と、体積含水率の最大値と最小値の差との関係

図-3 より地下水位の最大値は S_1, S_2, S_3 となるにつれて相関が高くなっていることが分かる。また、SWI とも相関があった。 S_2, S_3 が特徴づけた SWI を示していることも伺える。

3.2 S_1, S_2, S_3, SWI の発生の時間と体積含水率と地下水位の発生のタイミングとの関係

降雨が発生しそれに対して体積含水率や地下水位がどの位時間をかけて反応するかを調べた。そのために図-4 に示したようにイベント毎に降雨のピークの時刻と体積含水率のピークの時刻の時間差を取った。図-4 では体積含水率を例として示したが、実際は地下水位やタンクモデルの S_1, S_2, S_3, SWI についても同様に降雨のピーク値との時間差を取って解析を行った。

図-5 にイベント毎の降雨のピークと体積含水率のピークとの時間差と、降雨のピークとタンクモデルの S_1, S_2, S_3, SWI のピークとの時間差の関係を示した。 S_1 とは相関はなかったが、 S_2 とは相関が高かった。しかし、土壌への浸透にかかる時間の方が、 S_2 の方よりも早いことが分かる。 S_3 のピークとの時間差とも相関が高かった。SWI も S_2, S_3 と同様、相関が高かった。

図-6 から、降雨と地下水位との時間差は降雨と S_1 との時間差と相関が見られなかったが、降雨と S_2 との時間差とは強い正の相関があった。しかし、絶対値が異なっており、 S_2 の方がピークを迎える時間が遅くなることが分かった。 S_3 でも相関が高いが、 S_2 よりさらに時間が遅れている。SWI では S_2 と S_3 の傾向を引き継いでおり、相関は高いものの、ピーク時が遅れてくることが分かった。

4. まとめ

SWI は体積含水率と地下水位とは弱い相関があった。一方で、発生のタイミングとは強い相関があった。しかし、時間としては SWI の方が遅れて発生することが分かった。SWI を用いて警報を発令するときは、雨水の地面への浸透の方が SWI から計算される時間よりも早くピークを迎えていることが懸念される。

参考文献 1) Ishihara, Y.・S. Kobatake, Runoff Model for Flood Forecasting, Bulletin of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Vol.27, pp.27-43, 1979

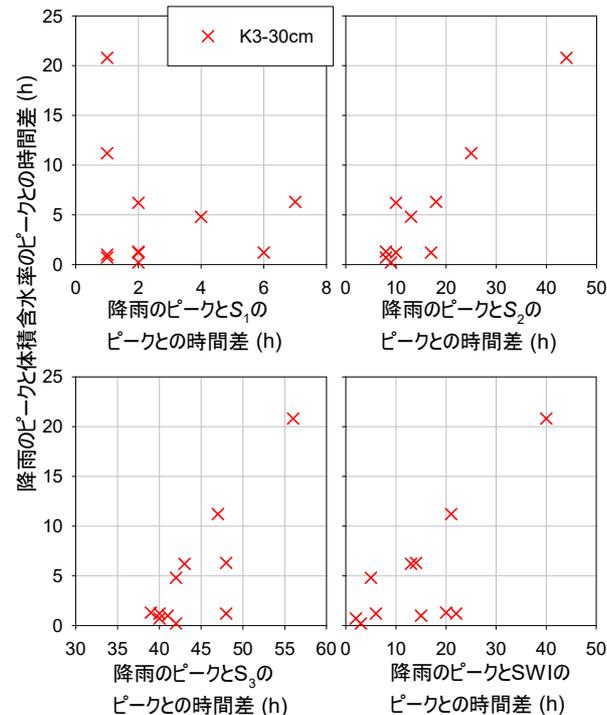


図-5 降雨のピークと S_1, S_2, S_3, SWI のピークとの時間差と、降雨ピークと体積含水率のピークとの時間差との関係

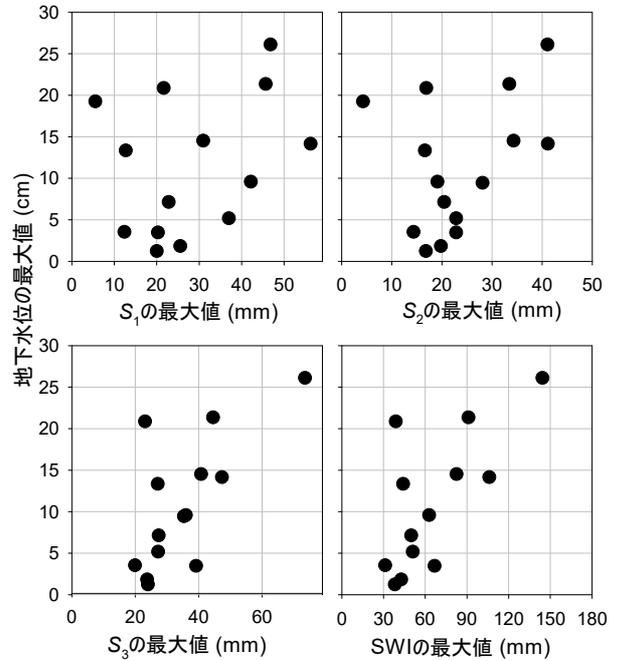


図-3 S_1, S_2, S_3, SWI の最大値と地下水位の最大値との関係

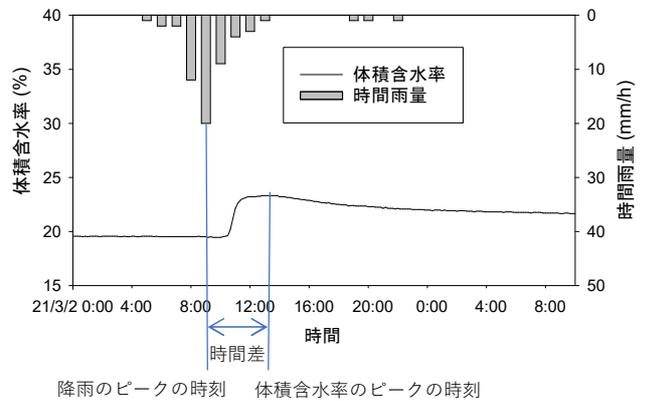


図-4 降雨のピークと体積含水率のピークとの時間差の定義

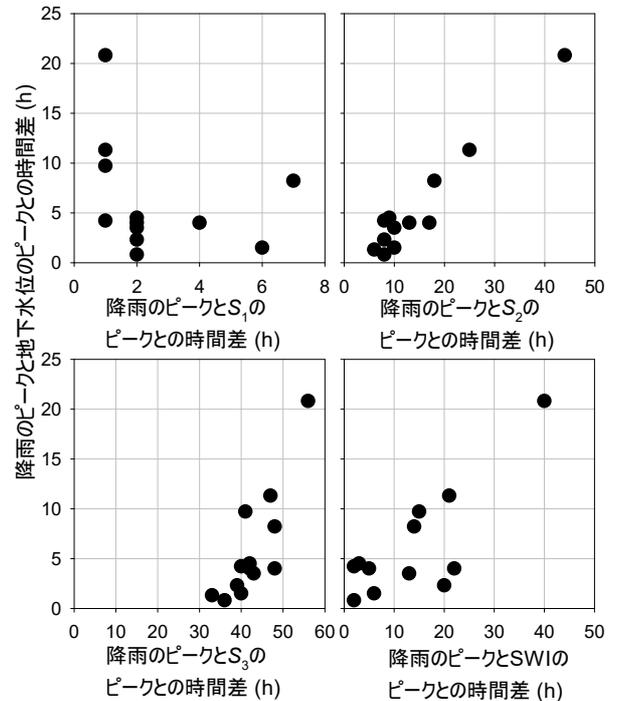


図-6 降雨のピークと S_1, S_2, S_3, SWI のピークとの時間差と、降雨ピークと地下水位のピークとの時間差との関係