

地下水位と河川流量による土砂災害危険度評価のための地盤飽和度検討

(株) エイト日本技術開発

○竹本大昭・川原健士朗・海原荘一

国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所

山田拓・柴田俊・小竹利明

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター

木下篤彦

国土交通省国土技術政策総合研究所

中谷洋明

1. はじめに

近年、大規模な土砂災害が頻発し、警戒避難の精度向上は喫緊の課題となっている。土砂災害警戒情報の発表基準は、60分積算雨量と土壌雨量指標値（以下、SWI）の2軸で構成されている。SWIは花崗岩占有率の高い地域（花崗岩56%、火山岩25%、第三紀層13%）で検証した3段タンクモデルの貯留高合計¹⁾であるが、タンクモデルのパラメータは全国一律の値を使用しており、地域によっては水文特性が異なる可能性がある。

紀伊山系砂防事務所管内の熊野川流域では、各ダム地点において継続的に流量を観測しており、紀伊半島大水害で発生した深層崩壊斜面周辺では、地下水位も観測されている等、検証データが豊富に存在する。

本検討では、紀伊山系砂防事務所管内で観測された流量及び地下水位データから斜面内の土壌水分量を表わす2つの指標（河川流量ベース：地盤飽和度1、地下水位ベース：地盤飽和度2）を検討し、深層崩壊等の発生タイミング等をSWIと比較検証することで、深層崩壊に対するSWIの適用性や本指標の有効性を検証した。

2. 検討対象地域及び地盤飽和度の設定、検証方法

2.1 検討対象地域

河川流量ベースの地盤飽和度1については、図-1に示す熊野川流域内の5つのダム区間（例：九尾区間＝川迫ダム～九尾ダム区間）とし、地下水位ベースの地盤飽和度2は、赤谷地区の深層崩壊斜面で検討した。

2.2 使用データについて

(1) 「地盤飽和度1」の検討に使用したデータ

降雨データは、図-1に示す地上雨量計を元にティーセン法による各ダム区間の平均雨量とし、2007年～2020年9月までを検証期間とした。各ダム区間の流量データは、下流ダム地点の流入量から上流ダム地点の放流量の差分（洪水到達時間の遅れを考慮）により河川流量に換算した。河川流量データは土壌雨量指数等と同単位となるように流出高（mm/h）とした。

(2) 「地盤飽和度2」の検討に使用したデータ

地下水位データについては、観測期間（2014年6月～2020年8月）が長く、降雨と水位変動の関係が明瞭である深層崩壊斜面上部で観測した4孔（有孔区間長約15

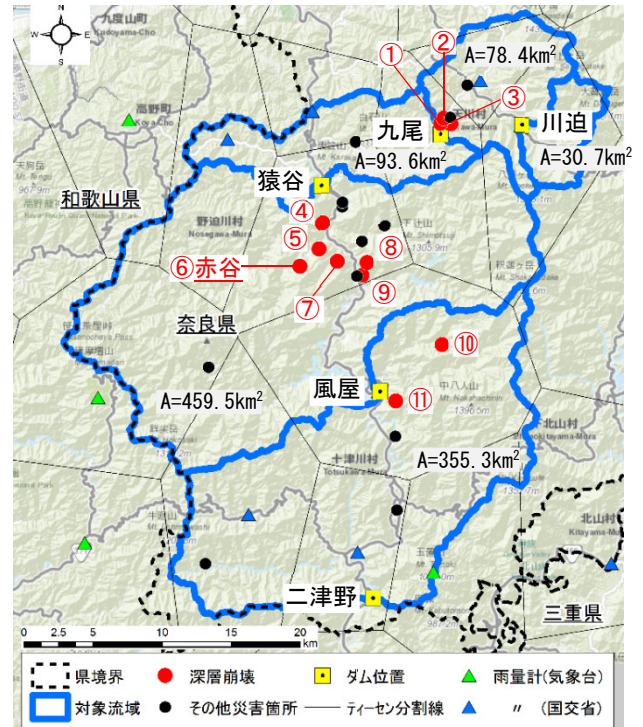
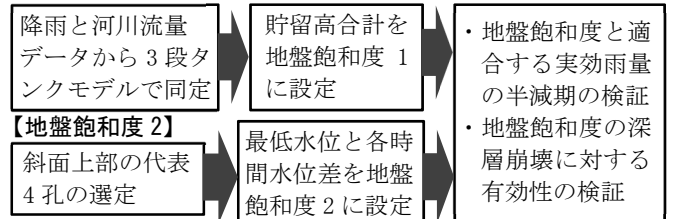


図-1 検討対象地域（深層崩壊番号：図-5～7と対応）

【地盤飽和度1】



【地盤飽和度2】

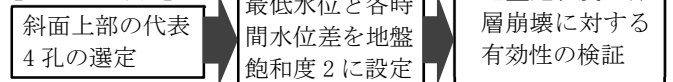


図-2 地盤飽和度の設定、検証フロー

～75m)のデータを使用した。降雨データは深層崩壊斜面下部に設置されている同期間の雨量計データとした。

2.3 地盤飽和度の設定、検証方法

地盤飽和度1については、各ダム区間での河川流量データを3段タンクモデルにて同定し、タンク内の貯留高合計値を指標値とした。地盤飽和度2については、各孔での最低水位と各時間の水位差が土壌水分量を表わすと仮定し、水位差の4孔平均値を指標値とした。

設定した地盤飽和度の特性を把握するため、半減期14ケースの実効雨量との相関係数及びピーク時間差を検証した（図-4）。なお、本検討は豪雨に対応した指標抽出を目的とするため、検証降雨は連続雨量200mm以上の一連降雨とした。SWIについては、各ダム区間内における5kmメッシュ指数値の平均値とした。

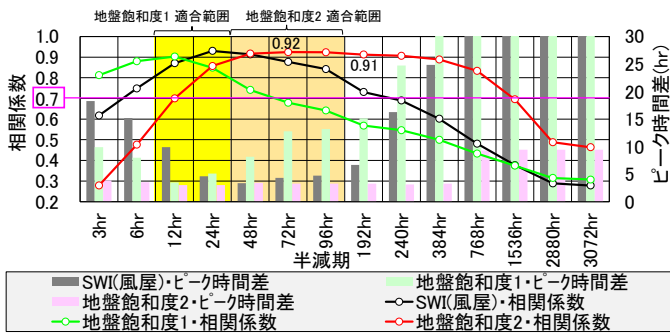


図-4 地盤飽和度と実効雨量の半減期との関係

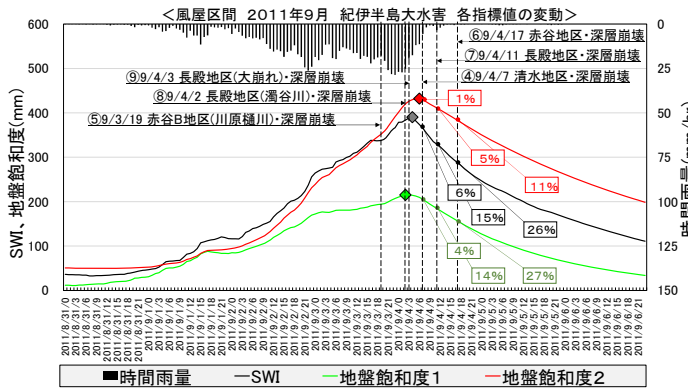


図-5 地盤飽和度と深層崩壊発生タイミング

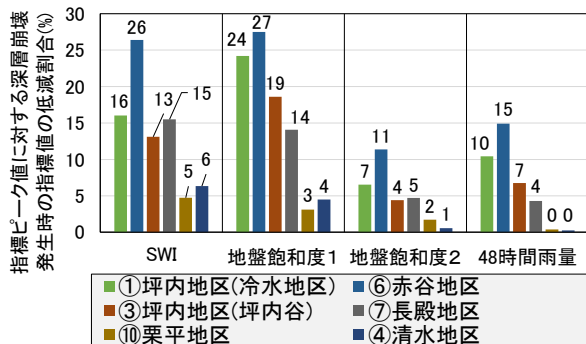


図-6 指標ピーク値と深層崩壊発生時の指標値の低減割合

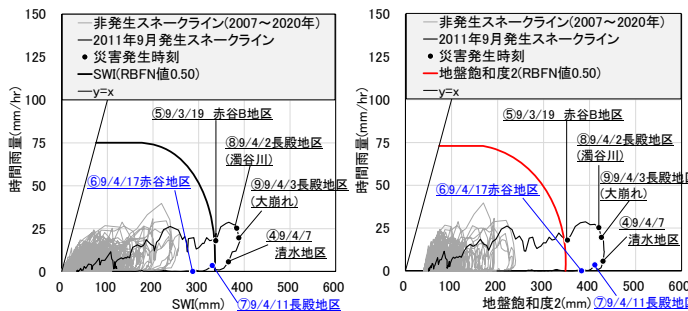


図-7 CL(左 SWI, 右地盤飽和度 2) 同 X 切片割合の RBFN 値

次に深層崩壊に対する地盤飽和度の有効性を把握するため、指標ピーク後に発生した深層崩壊に着目し、各指標ピーク値と深層崩壊発生時の指標値の割合（以下、低減割合）を地盤飽和度と SWI で比較検証（図-6）した。

3. 地盤飽和度設定結果及び指標値の特性

図-4 に各地盤飽和度（例：風屋区間）に適合した実効雨量（半減期）の検証結果を示す。図-4 より、各指標に対して、相関係数が高く、ピーク時間差が小さい半減期は SWI で概ね 24hr～72hr、地盤飽和度 1 で概ね 12hr

～24hr（図-4 黄色ハッチ）、地盤飽和度 2 では概ね 48hr～96hr（図-4 橙色ハッチ）となった。地盤飽和度 1 に使用した河川流量には、表面流も含まれることから、減衰が早いので、地盤飽和度 2 に比べて、短い半減期が適合したものと考えられる。一方、地下水位は飽和浸透までの時間の遅れが生じることから、地盤飽和度 2 に適合した半減期は他指標に比べて長くなったものと考えられる。各指標ピーク（図-5 の◇印）のタイミングは、図-5 より「地盤飽和度 1→SWI→地盤飽和度 2」の順となり、地盤飽和度 1 や SWI に比べて地盤飽和度 2 では、ピーク時刻もピーク後の減衰も遅い結果となった。地盤飽和度 1 と SWI での傾向には、大差のない結果となった。

4. 雨量指標の有効性検証

図-5 には、2011 年紀伊半島大水害における風屋区間での深層崩壊に対する低減割合、図-6 には全ダム区間での深層崩壊に対する低減割合を示した。

図-6 より地盤飽和度 2 の低減割合は、SWI の半分以下であり、ピーク後においても高い指標値で深層崩壊が発生しているため、より適切な指標と評価できる。この効果を図-7 に示す CL で確認した。地盤飽和度 2 を用いた CL に対して、深層崩壊発生時刻は全て外側に位置するが、SWI では一部 CL 内となっており、各指標の低減割合の差が表れている。また、地盤飽和度 2 では、非発生と発生時の指標値の差が SWI と比べて大きいため、空振りの低減にもつながる可能性がある。

図-6 には、深層崩壊の単発と複数イベントを分離できるとされる 48 時間雨量²⁾の低減割合も参考に示した。上記低減割合は地盤飽和度 2 に劣るが、SWI に対して約 6 割小さい結果となった。このため、48 時間雨量も SWI に比べて深層崩壊の指標として有効と考えられる。

5. 今後の課題

本検討では、実測データに基づいて斜面内の地盤飽和度を検討し、特に地下水位に基づく地盤飽和度 2 は、深層崩壊に対して有効な指標となり得ることを示した。

今後は、深層崩壊が発生した他地域で同様の検証を実施し、本手法の汎用性を高めることが課題と考えている。また、48 時間雨量のように容易に設定できる指標と本指標を併せて検証することで、本指標が既往指標の有効性の裏付けになるものと考えている。

参考文献

- 1) ISHIHARA Yasuo, KOBATAKE Shigeki: Runoff Model for Flood Forecast, Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute(1979), 29(1): 27-43(1979)
- 2) 内田太郎, 岡本敦: 「深層崩壊を引き起こした降雨の特徴」, 土木技術資料 54-11(2012)