

諏訪湖周辺部における表層崩壊の発生特性に関する研究

アジア航測株式会社 〇西村直記 信州大学農学部 平松晋也

1. はじめに

本研究では、平成 18 年 7 月豪雨時に諏訪湖周辺で発生した土砂災害(表層崩壊)の発生原因を明らかにすることを目的として、災害発生地域の表層部を形成するローム質の土壌と、短時間降雨強度に支配されて崩壊や土石流が発生するとされる花崗岩に対して斜面安定性簡易判定モデルを用いた数値実験を実施した。

2. 流域概要

研究対象地である小田井沢川は、流域面積 0.79km²、平均河床勾配 9° の小溪流であり、第四紀更新世の火山噴出物である塩嶺累層(凝灰角礫岩など)を基岩とし、その上位に黒ボク土などが位置している。

7 月豪雨時の小田井沢川周辺での降雨状況を示す図-1 より、累加雨量 410mm、最大時間雨量 28.5mm/hr、最大 24 時間雨量 251mm であったことがわかる。諏訪雨量観測所でも概ね同様の降雨が観測されており、過去 30 年間の降雨データを用いた確率計算によると、最大時間雨量は 2 年確率規模であったのに対し、最大 24 時間雨量は 150~500 年確率規模であったことが指摘されている。

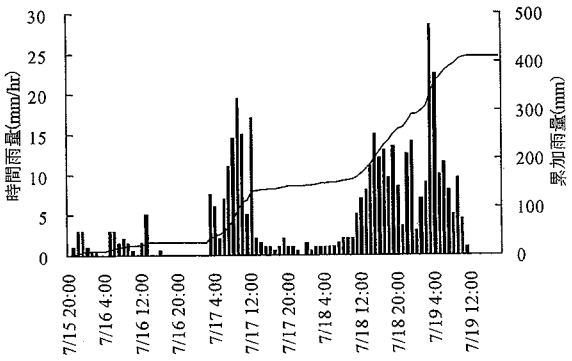


図-1 7/15~7/19 の降雨状況(諏訪レイクヒル CC)

3. 研究の方法と概要

平成 18 年 7 月豪雨時の小田井沢川(ローム質土)における地下水の挙動を把握し、斜面の安定性を評価するために斜面安定性簡易判定モデルを用いた数値実験を行った。また、花崗岩地域である長野県飯島町に位置する与田切川の土壌に対して同様の数値実験を行い、小田井沢川の土壌を用いた実験結果と比較することで、7 月豪雨時に小田井沢川で発生した崩壊の発生原因について考察を加えた。

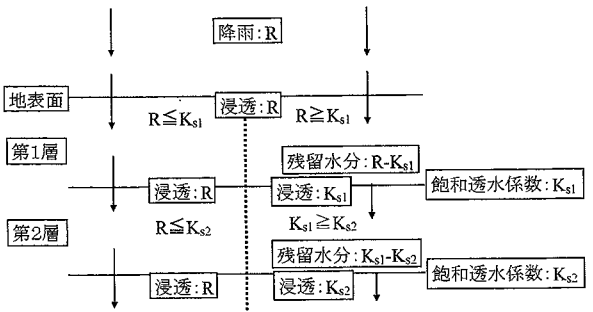


図-2 簡易雨水浸透モデルの概念図

表-1 入力諸元

流域	ローム質土 (小田井沢川)	花崗岩 (与田切川)
湿潤土の単位体積重量 (t/m ³)	0.85~1.49	0.79~1.71
乾燥土の単位体積重量 (t/m ³)	0.52~1.01	0.38~1.33
間隙率 (m ³ /m ³)	0.63~0.74	0.46~0.83
飽和透水係数 (mm/hr)	1.96~305.18	5.23~215.14
内部摩擦角 (°)	10.19	11.28
粘着力 (t/m ²)	0.0293	0.0147

斜面安定性簡易判定モデルは図-2 に示す簡易雨水浸透モデルと斜面安定解析モデルを組み合わせたモデルである。簡易雨水浸透モデルでは、地表面に与えられた降雨：R は全量が土層内へと浸透し、上位層からの供給(浸透)水量が当該土層の飽和透水係数より小さい場合は全供給水量が下位層へ浸透する。逆の場合は、飽和透水係数分の水量が下位層へと浸透し、上位層からの供給水量と飽和透水係数との差分が当該土層内に貯留されるものとして取り扱っている。さらに、時々刻々と変化する値として雨水浸透モデルから得られる地下水深と、現地土壌から得られた土質諸元(表-1)を斜面安定解析モデルに入力することにより、斜面の安定性を評価した。なお、数値実験を行う上での土質特性以外の条件を合わせるため、両土壌で初期水分状態を統一し、表土層厚を 190cm に設定した。

4. 数値実験の結果

斜面安定性簡易判定モデルに実績降雨を入力した場合の地下水深と斜面安全率の経時変化を図-3 に示す。ローム質土(小田井沢川)では、1 山目の降雨により上昇した地下水深はほとんど低下することなく 2 山目の降雨をむかえ、7 月 19 日の 5 : 00 には地下水深が 145cm にまで達し、崩壊が発生する結果となった。これに対

して、花崗岩(与田切川)では、1山目の降雨により発生した地下水深は2山目の降雨発生前には消滅し、2山目の降雨により102cmにまで達するものの、崩壊の発生には至らなかった。一般に、崩壊は花崗岩地域において発生しやすいとされているが、実績降雨を与えた数値実験では、ローム質土(小田井沢川)では崩壊が発生するのに対して、花崗岩(与田切川)では発生しなかった。そこで、総雨量(実績値)を一定に保ったまま降雨継続時間を24時間に短縮し、短時間降雨強度を強くした降雨波形を与えた場合の地下水深と安全率の挙動を図-4に示す。ローム質土(小田井沢川)では地下水深が緩やかに上昇し、132cmにまで達したものの、崩壊の発生には至らなかった。これに対して、花崗岩(与田切川)では降雨開始とともに地下水深が急上昇し、ピーク雨量発生時刻よりも6時間遅れるものの崩壊が発生し、短時間降雨強度の強い雨に支配されて崩壊が発生するとされる花崗岩の特性と一致する結果となった。以上の結果より、ローム質土(小田井沢川)における崩壊の発生には、短時間降雨強度よりも連続雨量や降雨継続時間の方が多大な影響を及ぼすことが示唆される。次に、降雨波形が斜面の安定性に与える影響について検討を加えるために、図-4に示す降雨波形を並び替え、前方集中型・中央集中型・後方集中型の降雨波形を与えた場合の数値実験を行った。数値実験の結果をとりまとめた表-2より、降雨波形如何にかかわらずローム質土(小田井沢川)では崩壊は発生せず、花崗岩(与田切川)では崩壊が発生する結果となった。ここで、花崗岩(与田切川)における崩壊の発生時間に注目すると、降雨開始19時間後(前方集中型)～降雨開始24時間後(後方集中型)と変化している。以上の結果より、ローム質土(小田井沢川)では連続雨量が崩壊の有無を決定するのに対し、花崗岩(与田切川)では短時間降雨強度と降雨波形が崩壊の発生時間に多大な影響(最大で5時間の差)を及ぼすことが明らかになった。

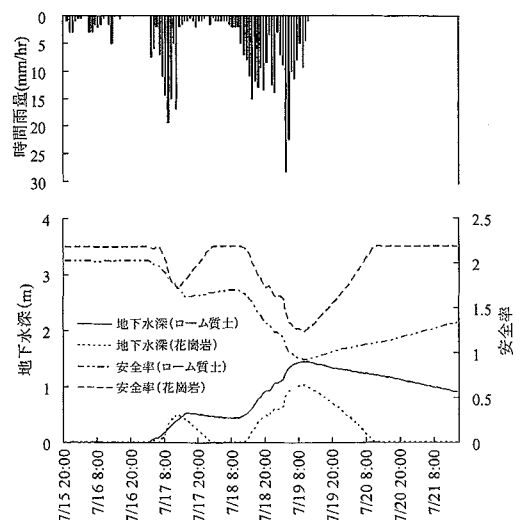


図-3 地下水深と安全率の経時変化(実績降雨)

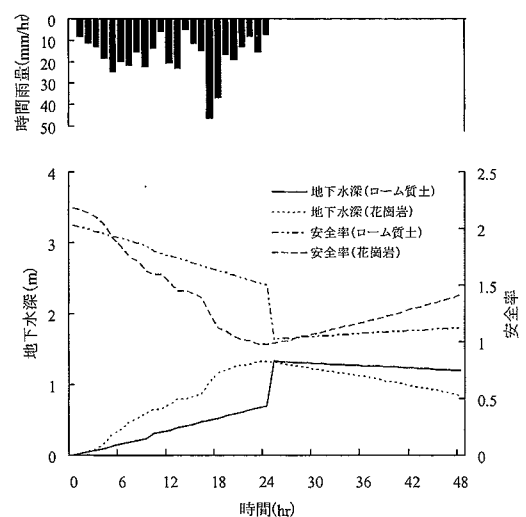


図-4 地下水深と安全率の経時変化(24時間短縮降雨)

5. まとめ

斜面安定性簡易判定モデルを用いた数値実験の結果より、ローム質土(小田井沢川)では平成18年7月豪雨時に岡谷市周辺で観測された実績降雨を与えた場合には崩壊が発生し、降雨継続時間を24時間に短縮した短時間降雨強度の強い雨を与えた場合には降雨波形にかかわらず崩壊の発生には至らなかったことより、崩壊の発生には連続雨量や降雨継続時間が多大な影響を及ぼすことが明らかになった。以上の結果より、最大時間雨量が30mm/hr程度(2年確率規模)であったにもかかわらず、連続雨量が410mm(100～150年確率規模)と未曾有の規模であった7月豪雨は、岡谷市周辺を構成するローム質土壌にとって崩壊を誘発する極めて危険な降雨であったことが示された。これに対して、花崗岩(与田切川)では実績降雨を与えた場合には崩壊は発生せず、実績降雨の降雨継続時間を24時間に短縮した降雨を与えた場合には、降雨波形によって崩壊の発生時間は異なるものの、全ての降雨波形において崩壊が発生する結果となった。

本研究結果から、山腹斜面を構成する土壌の特性の相違により崩壊や土石流発生の支配要因も異なることが強く指摘された。しかし、現行の土砂災害警戒避難基準雨量は、市町村ごとに一律な値として取り扱われており、土質特性を十分に反映したものではない。今後、より精度の高い予測を行うためには、土質特性(特に土壌の物理的性質)を指標とした「土砂災害警戒避難基準雨量設定エリア」の細分化が必要となる。

表-2 降雨波形の変化に伴う最大地下水深と崩壊発生時間の変化

流域	降雨パターン	最大地下水深の発生時間** (hr)	最大地下水深 (m)	最小安全率	崩壊発生時間** (hr)
ローム質土 (小田井沢川)	実績降雨	7/19 10:00	1.45	0.919	7/19 5:00
	短縮降雨*	25	1.32	1.02	—
	前方集中	24	1.33	1.02	—
	中央集中	25	1.32	1.02	—
	後方集中	26	1.32	1.03	—
花崗岩 (与田切川)	実績降雨	7/19 9:00	1.02	1.23	—
	短縮降雨*	24	1.32	0.973	23
	前方集中	23	1.32	0.973	19
	中央集中	23	1.32	0.973	21
	後方集中	24	1.32	0.973	24

* 実績降雨の降雨継続時間を24時間に短縮した降雨

** 実績降雨のみ7月豪雨時の日時