

令和3年8月豪雨による広島市内で発生した土砂災害の検討

呉高専 学生会員 ○佐野一輝
 呉高専 正会員 加納誠二
 呉高専 正会員 黒川岳司
 広島工業大学 正会員 森脇武夫

1. はじめに

広島県では令和3年8月11日から19日にかけて猛烈な雨が降り、広島市安佐南区、安芸高田市では48時間雨量、72時間雨量が観測史上1位、また、10日間の累積雨量は平成30年7月西日本豪雨を上回るなどの記録を更新した。この豪雨により広島県では116件の土砂災害が発生したが¹⁾、平成30年7月豪雨や平成11年6.29災害のような過去の災害と比較すると被害の総数は圧倒的に少ない。危険雨量指標の値を見ても、被害はもっと発生しているもおかしくなかったうえ、崩壊発生危険度の最も高い値に達した時点で崩壊は起こらず、この値が減少している段階で発生している地区がある(図-1)。これらは、これまでの災害の結果とは異なり、降雨量とは別の要因が関係していると考えられる。そこで本研究では、QGISを用いた被災地の地形解析、実験による地盤条件の調査や安定解析から被害発生個所の地形的特徴を明らかにし、今回の降雨による災害の特徴を明らかにすることで危険雨量指標を用いた予測の精度向上を目指す。

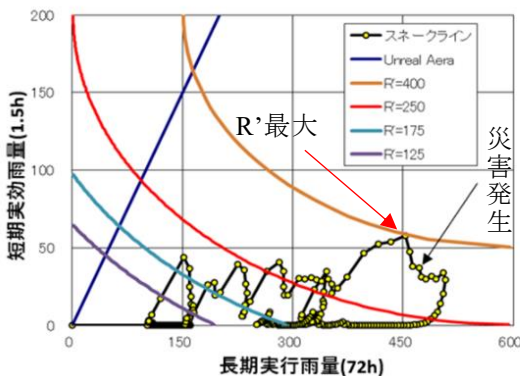


図-1 スネーク曲線(上安)

2. 研究方法

本研究では被害が家屋にまで及んだ広島市安佐南区上安および山本、広島市西区己斐上および田方の4地区の土石流発生溪流において試料を採取し、室内にて、密度試験、粒度試験、一面せん断

キーワード 斜面災害 一面せん断試験 安定解析
 連絡先 〒731-5108 広島県広島市佐伯区石内南4丁目17番14号
 TEL 080-6393-9331

試験を行い、物理学的・力学的特性を求めた。また、QGISによる斜面解析、現場の様子を知るために現地調査を行う。さらに得られた結果を用いて、半無限斜面の安定条件式(式(1))より安定計算を行った。

$$F_s = \frac{c}{\{\gamma_t(1-\beta)+\gamma_{sat}\beta\} \cos \theta \sin \theta} + \frac{\{\gamma_t(1-\beta)+\gamma_{sub}\beta\} \tan \phi}{\{\gamma_t(1-\beta)+\gamma_{sat}\beta\} \tan \theta} \dots (1)$$

F_s : 安全率 β : 地下水面の高さ比
 c : 粘着力(kN/m²) ϕ : 内部摩擦角(°)
 θ : 斜面勾配
 γ_t : 湿潤単位体積重量(kN/m³)
 γ_{sat} : 飽和単位体積重量(kN/m³)
 γ_{sub} : 水中単位体積重量(kN/m³)

3. 結果及び考察

3.1. 現地調査

本災害における土石流発生現場の地質はすべて花崗岩であった。斜面解析による各地点の現頭部付近の勾配は上安で34.5°、山本で38.9°、己斐上で40.2°、田方で40.0°であった。次に、現地調査の結果、現頭部付近や溪流側面に写真-1に示すような、パイピング現象の痕跡らしきものが見つかっており、これが本災害における土石流の発生に関係している可能性が考えられる。



写真-1 崩壊斜面のパイピング跡(上安地区)

3.2. 室内試験

室内試験により求めた結果を図-2~3及び表-1に示す。図-2から、どの地点も粒径は広い範囲に

わたって分布しており、粒度分布の良い土だったということが分かった。一面せん断、水浸一面せん断試験の結果から求められた結果(表-1)を同じ花崗岩地域での災害である 6.29 災害と比較すると 6.29 災害は $\phi=38.7\sim 40.0^\circ$ 、 $c=0\sim 8.8$ であり、内部摩擦角は大きな差はないが、粘着力においては本災害が上回っている。このことから、6.29 災害より降雨に対して比較的強度のある地盤だと思われる。

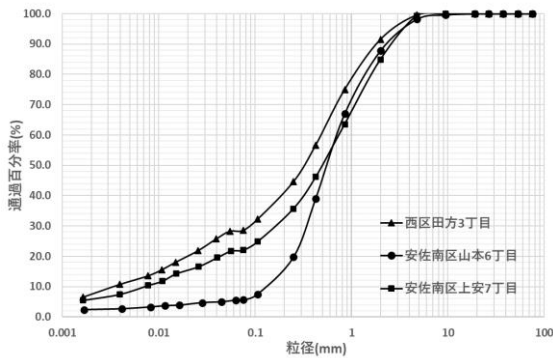


図-2 粒度試験結果

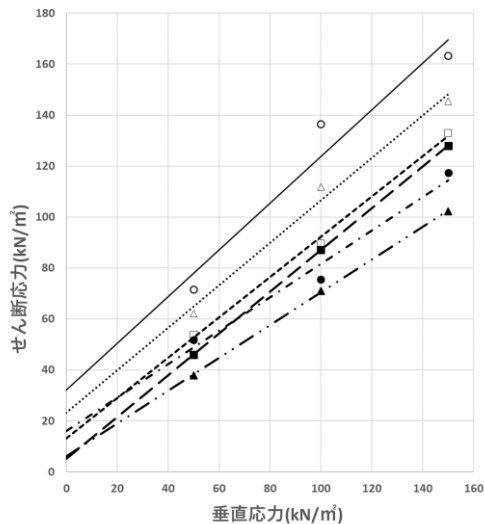


図-3 上安、田方、山本の τ - σ グラフ

表-1 分類、強度特性

		上安	山本	己斐上	田方
分類		SFG	S-FG	—	SF-G
一面せん断試験	$c(\text{kN/m}^2)$	32.0	13.1	—	23.1
	$\phi(^{\circ})$	42.5	38.3	—	39.8
水浸一面せん断試験	$c(\text{kN/m}^2)$	15.9	5.0	—	6.0
	$\phi(^{\circ})$	33.3	39.4	—	32.8

3.3. 安定解析

土質実験の結果を用いて半無限斜面の安定解析を実施した。己斐上地区については田方地区と同じ性質の土と仮定して解析を行った。地下水位が地表面と一致する最も不安定な状態を想定して行った結果(表-2)、山本では一部勾配で $F_s < 1$ になる地点があったが、上安、田方、己斐上ではどの

地点の勾配でも $F_s < 1$ になることはなかった。このことから、土石流が生じた原因は降雨浸透による表層崩壊ではなく、他に原因があると考えられる。考えられる崩壊原因として、伏流水による間隙水圧の増加が影響していると考えられる。本災害発現場において、崩壊発生の一週間前から多くの先行降雨があり、この影響により多くの地下水が存在していたと考えられる。この状態で豪雨が発生し、パイプ状の水道が降雨により被圧される、パイピング現象により斜面が前方に押し出され崩壊が発生したと考えられる。山本は他3地点よりも先行降雨の量が多く、すでにパイピングに必要な水が溜まっていたことにより、指標通り崩壊が発生したと思われる。

表-2 安定解析結果(安全率の最小地点)

	上安	山本	己斐上	田方
乾燥	4.31	1.79	3.21	3.17
水浸	2.28	0.88	1.04	1.02

3.4. 地盤内の地下水位の影響

次に、地盤内に地下水面が形成され $c=0\text{kN/m}^2$ と仮定し、 $F_s=1$ となる水面の高さ比 β を求めた。結果は、上安で 0.22、山本で 0.11、己斐上で 0.20、田方で 0.25 であった。このことから、パイピング現象に限らず、 $c=0\text{kN/m}^2$ としての場合、降雨による地下水面の形成によって崩壊が発生する可能性があることが分かった。

4. 結論

本現場の強度はそれほど低くなく、地下水位が地表面まで上昇した場合でも斜面崩壊しないほどの強度を持つものであった。現場調査からパイピング跡が見られたことから、土石流の発生原因は地表面からの降雨浸透のみによる表層崩壊ではなく、地盤内の地下水が大量の降雨によって被圧されたことが考えられる。また、地盤が水浸の影響により $c=0\text{kN/m}^2$ となった場合、地下水面が高さ比で 0.11~0.25 まで形成されると崩壊が発生することが計算より分かった。

参考文献

- 1)地盤工学会 9月15日開催令和3年8月に各地で発生した豪雨地盤災害の初動調査報告会
<https://www.jiban.or.jp/?p=16303>

謝辞

本研究を遂行するにあたりご協力いただいた広島市安佐南区役所、西区役所の皆様へ記して謝意を表する。