

立命館大学大学院理工学研究科 ○五井 渉太
立命館大学理工学部 藤本 将光
立命館大学理工学部 里深 好文

1. はじめに

我が国では、近年集中豪雨が多発しており、降雨を起因とした土砂災害が発生する危険性が高まっている。近年に発生した集中豪雨による土砂災害の主な例としては、平成 26 年 8 月に発生した広島土砂災害や平成 30 年 7 月豪雨災害等が挙げられる。特に、西日本豪雨災害では大雨特別警報(数十年に一度の大きな災害が予想される場合に出される警報)が 11 都道府県に発令され、一つの災害で 4 つ以上の都道府県に警報が出された事例は初めてであった。

また、観光地等では、土砂災害による被害は人的被害だけでなく、重要文化財等も被害の対象となる。観光地を象徴する重要文化財が被災した場合、観光客の避難場所の確保と両立して行っていく必要があるため、土砂災害の主要因である降雨時の浸透特性と豪雨を起因とした土砂災害から重要文化財や人的被害を軽減するために土砂災害の危険性をより正確に把握することが重要になると比較し、評価することを目的とした。

そこで、本研究では、清水寺後背斜面を対象とし解析データの結果と現地モニタリングの結果を降雨時の浸透性評価や人的被害を軽減する予測に関する検討を行った。

2. 研究方法

2.1. 対象地

清水寺は京都府京都市東山区清水にある寺院であり、境内には国宝や重要文化財を含む 15 の伽藍が建ちならんでいる。また、文化財としてユネスコ世界遺産にも登録されており、京都市を訪れる観光客 5522 万人のおよそ半分が清水寺を訪れるという点からも有数の観光名所として、年間を通して多くの人で賑わう場所といえる。斜面に造られているため過去にも斜面崩壊が複数回発生(1972 年, 1999 年, 2013 年)している。

本研究では清水寺奥ノ院の後背斜面を研究対象地とした。図 1 の計測点 B から計測点 C までの青線を対象側線とした。

2.2. 解析方法

本研究では、飽和・不飽和の可変多孔質体中の水分動態解析プログラム HYDRUS2D を用いて、浸透流解析をおこなった。HYDRUS2D の特徴として、水分の局所的異方性を有する地盤や不均一な地盤から構成されるモデルにおいても解析を行うことができる。また、農業分野での使用が非常に多く、不飽和土中の水分動態を精度よく解析できるため、本研究に用いるソフトとして選択した。

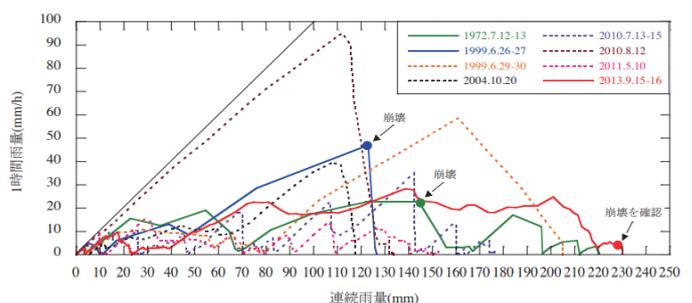
HYDRUS では地盤条件や解析タイプ、計算時間等の時間設定等が求められる。



図 1 測定点の場所

表 1 テンシオメータの設置された地点と深度

計測深度(cm)/地点	B	P1	M	P2	P3	C
浅			20	30		40
	40	30	40	60	30	
	100		60	100		100
	200	65	100		60	
深	260		190	230		230



3) 図 2 過去の崩壊時の降雨

また、本研究では対象地において崩壊が発生した 2013 年 9 月 15、16 日の降雨を対象とし、実際のモニタリング結果と解析結果の比較を行うため、テンシオメータの設置地点の深度に Observation Node を置く。

図-3 に、入力する降雨データを示す。また、先行降雨条件を考慮するため、2013 年 8 月 15 日から 9 月 14 日までの降雨データを対象降雨イベントの前に与えた。

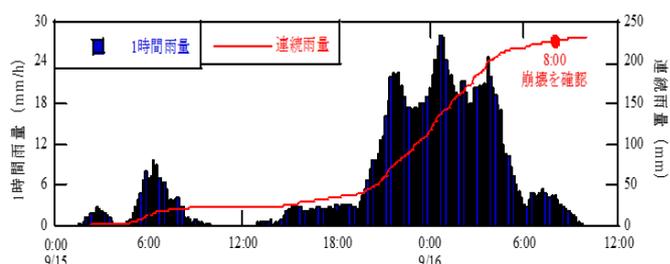


図 3 台風 18 号 (2013 年 9 月 15-16 日) 時の清水寺における降雨ハイトグラフ

4. 結果と考察

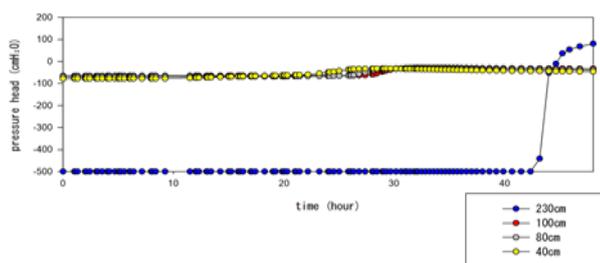


図 4 解析で求めた C 地点の圧力水頭

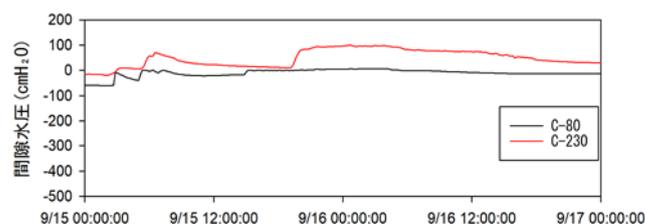


図 5 モニタリング結果での C 地点の圧力水頭

解析比較して圧力水頭の変動幅が小さいことが示された。結果は深さ 20cm を除いて、解析結果では浅い地点から間隙水圧値が上昇している事に対し、計測結果では深い地点の方が浅い地点より先に反応している点もみられ、変動傾向が異なった。解析において鉛直方向の水移動が卓越していると考えられるが、実際には側方流のような水移動が発生していると推察された。

崩壊に至ったとき、計測結果では B 地点の 260cm, 200cm, M 地点の 40-190cm, P2 地点の 200cm, C 地点の 230cm が正圧を示し、計測測線において地下水面が現れる事が考えられる。一方、解析では C 地点の 230cm のみが正圧を示した。また、C 地点の 230cm の間隙水圧の降雨に対する応答は遅く、遅れて上昇する結果となった。この結果は透水係数の設定に大きく影響を受けていると考えられ、設定方法に課題が認められた。おり、下半分の K_s が大きかったため他のモニタリングの正圧の値が出なかった事が考えられる。

参考文献

- 檀上徹ら (2014) 2013 年台風 18 号の豪雨に伴う清水寺境内の被害と重要文化財後背斜面の地盤内水分変動に関する考察 歴史都市防災論文集 8, 115-122, 2014-07-05 立命館大学歴史都市防災研究所