

関西大学環境都市工学部 学生員 ○阿久津 毅
 関西大学環境都市工学部 正会員 北岡 貴文

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響によって降雨特性が変化している。大雨について、日降水量が200mm以上となる年間の日数を「1901年から1930年」と「1990年から2019年」で比較すると、直近の30年間は約1.7倍の日数となっており、長期的に増加している。また短時間強雨は、1時間降水量が50mm以上となる年間の回数を「1976年から1985年」と「2010年から2019年」で比較すると、直近の10年間は約1.4倍の発生回数となっており、同様に長期的に増加している¹⁾。このような降雨特性の変化によって、土砂災害の発生件数も増加傾向にある。日本には、平成14年度時点で土砂災害危険箇所が約52万ヶ所あり²⁾、すべての箇所において詳細な点検をおこなうことは困難である。

土工構造物の建設に用いられる地盤材料は鋼やコンクリート等と比較して不均質性をもち、様々な損傷メカニズムが存在するので損傷を予測することが困難であり³⁾、アセットマネジメントが遅れている。

現在、多くの分野でデータベースが構築され、その利活用の議論がされている⁴⁾。一方で、降雨特性を考慮した土壌水分の水収支については議論が遅れている。AIの利活用も模索されている状況において、維持管理の分野でもAIを活用した技術革新が多々報告されている。しかし、AIはデータの量と質が非常に重要であり、どのようなデータがありかつ、利用用途があるのかについても、議論がなされている。AIでは画像を使用したデータの検討は多くなされているが、音に関する検討は議論の余地が残されている。点検においても、目視のみならず、音を聴くことによって診断する手法の確立が期待されている。土工構造物の点検における「音」は、地下流水音がある。

既往の研究では、多田⁵⁾らは、水みちを横断する方向に地下流水音を測定すると、水みち位置で地下流水音が最も強くなり、地下流水音探査によって水みちの位置を、実際の位置に対して約50cm以内の誤差で推定できることを示した。しかし、既往の研究では水みちの深度や流量を特定することはできておらず、面的な探査による水みち位置の推定しかされていない。土工構造物の点検を高度化するためには、土壌水分特性や地下水位等の情報が必要である。

そこで本研究では、本分野における音に関するAIへの適用性を検討するため、地下流水音に着目した。具体的には、学内の切土斜面において体積含水率の測定をおこない、浸透特性を整理した。また、地下流水音を測定し、降雨量や体積含水率との関係を分析した。さらに、録音した地下流水音の周波数成分について考察を加えた。なお、本研究では、AIに資するデータの取得法を検討している段階であり、AIの実装までは至っていない。

2. 研究方法

(1) 実験場所

体積含水率の測定および地下流水音探査は、図1に示す関西大学

内の切土斜面においておこなった。付近の地質調査結果から、本斜面は細粒分を多く含む透水性の低い斜面であると推測される。斜面の横道がある。写真中の白い円で囲んである斜面上部と下部のそれぞれ深度40cm・100cmの地点に土壌水分計を設置している。

(2) 地下流水音

地下流水音は、水の流れによって土中の空気が押し出され、その時に発生する水膜が破れることによって発生する。地下流水音の周波数範囲を、図2に示す⁶⁾。

(3) 流水音探査装置

測定記録器とピックアップセンサーによって構成される。測定記録器にイヤホンを接続することで音を聴くことができる。周囲の音を低減して地下流水音を聴き取りやすくするために、フィルター機能が備えられている。フィルター機能によって設定された周波数範囲外の音はカットされる。探査装置からは図2に示すように処理された音の大きさのデータしか得られないが、本研究ではICレコーダーを接続して録音し、音楽制作ソフトの周波数分析機能を利用することによって、周波数成分の分析を行った。



図1 実験をおこなった斜面

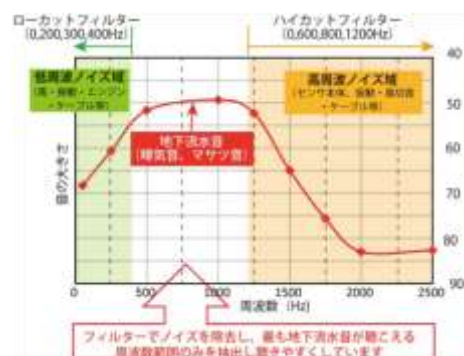


図2 地下流水音の周波数範囲⁶⁾



図3 一日当たりの降雨量と体積含水率

3. 結果・考察

(1) 計測斜面の浸透特性

図3は、計測斜面の深度40cmと100cm地点における一日当たりの降雨量と体積含水率の関係を示す。

深度40cm地点では、降雨開始から2時間37分後に体積含水率が上昇を始め、そこから49分後に深度100cm地点における体積含水率が上昇した。深度40cm地点においては、体積含水率の上昇開始から9時間55分後に体積含水率の最大値を示した。体積含水率が約15%上昇するのに12時間32分かかっており、本斜面は透水性の低い斜面であると推察される。

(2) 前日の降雨の有無による地下流水音の比較

表1は、地下流水音探査の結果を示したものである。周波数のフィルター機能は400Hz～600Hzに設定して探査をおこなった。この範囲外の音は低減される。表1に示すように、前日に降雨があった日の地下流水音の方が大きい傾向がある。一方で、前日に降雨があっても地下流水音が小さい日や、前日に降雨がなくても地下流水音が大きい日もあった。しかし、比較的に降雨の多い7月中旬はD値が大きく、11月以降はD値が小さいことが確認される。

表1 地下流水音探査結果

前日に降雨あり		前日に降雨なし	
日付	流水音の大きさ(D値)	日付	流水音の大きさ(D値)
7月1日	15.0~20.0	6月28日	18.0~32.0
7月16日	43.5~60.5	7月22日	12.5~18.0
7月17日	30.5~53.5	7月23日	16.5~25.0
7月19日	12.5~29.5	7月30日	9.0~17.5
8月10日	18.0~25.5	7月31日	17.0~18.0
12月8日	5.0~18.0	11月21日	5.0~13.0

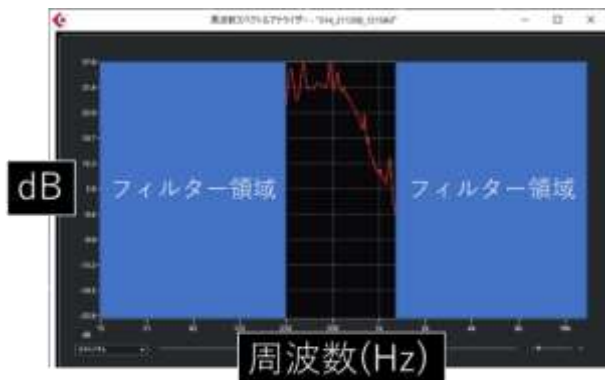


図4 地下流水音の周波数グラフ（前日に降雨あり）

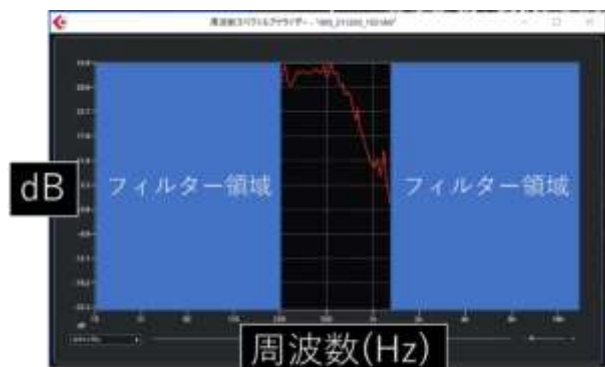


図5 地下流水音の周波数グラフ（前日に降雨なし）

一日前の降雨の有無のみに着目した検討であるため、さらなる分析が必要であるが、定性的に判断すると前日の降雨の影響を音でとらえることができている、音のデータを活用して、土の水収支の特性の分析に活かせることが期待される。

(3) 地下流水音の周波数成分分析

図4、図5は、録音した地下流水音の周波数を分析した結果を示す。前日の降雨の有無によって流水音の周波数である約250～500Hzの範囲における周波数グラフの波形に注目すると、降雨の有の場合には10dB程（最大38dB）、無の場合には5dB程（最大36dB）ではあるが、わずかな波形の乱れの差が確認された。当該斜面は透水性の低い斜面のため、僅かな差しか見られなかったと推定される。データ数が少ないので引き続き調査する必要があるが、周波数成分の分析と、体積含水率変化の分析を総合的に整理し、AIに適する「音」のデータとして、土工構造物の点検に資するものと期待される。

上記に示したように、AIへの適用性を検討するには、体積含水率と地下流水音探査との相関的な分析を継続する必要がある。体積含水率の測定と地下流水音探査によるデータの取得は、他の計測および探査に比べて比較的に容易である。AIでは、大量のデータが必要であることから、簡易的な方法で現場のデータを取得する必要があるため、地質学的な知見も踏まえ、継続的にデータを取得する必要がある。

4. おわりに

本研究では、AIに適するデータを検討するため、学内切土斜面の浸透特性と地下流水音特性について考察を加えた。

今回は「透水性の低い斜面」、「比較的安定した斜面」で実験を行った。音の波形は降雨の有無で僅かな差であるが確認された。今後は、「透水性の高い斜面」、「比較的不安定な斜面」で実験し、地下流水音の波形分析を行いたい。他分野でも適用されるように、土工構造物のアセットマネジメントにおいても、目視点検ではだけでは把握が困難な、水収支に関する情報を取得することができれば、土工構造物内部の点検手法の高度化が期待される。

参考文献

- 1) 国土交通白書2020：第1節 我が国を取り巻く環境変化, <https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r01/hakusho/r02/html/n1115000.html>, 2022年1月8日閲覧。
- 2) 日本経済新聞：土砂災害、全国に危険 52万カ所, <https://www.nikkei.com/article/DGXLZO76205010X20C14A8CR8000/>, 2022年1月8日閲覧。
- 3) 国土交通省：これからの道路土工構造物等マネジメント, <https://www.mlit.go.jp/common/001191490.pdf>, 2022年1月8日閲覧。
- 4) 地盤情報の集積および利活用に関する検討会：地盤情報の高度な利活用に向けて 提言～集積と提供のあり方～, <https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/13/130302/02.pdf>, 2022年1月8日閲覧。
- 5) 多田泰之：地下流水音を用いた崩壊発生場所の予測について, <http://mizumichi.jp/img/data/data05.pdf>, 2022年2月2日閲覧。
- 6) 株式会社拓和：地下流水音抽出の仕組みの概要, <http://mizumichi.jp/method04.php>, 2022年1月18日閲覧。