令和４年度
研究開発助成報告会　開催報告

（一財）砂防・地すべり技術センター 企画部

令和5年6月23日（金）午後1時30分より、（一財）砂防・地すべり技術センター大会議室において「令和4年度研究開発助成報告会」を開催しました。本報告会は、例年、当センターの公益事業の一環である研究開発助成による研究の成果を発表し、関連事業及び今後の各方面での研究活動に役立てていただくことを目的として実施しているものですが、本年度も昨年度と同様に、昨今の情勢を踏まえ、参加者をセンター職員と研究関係者のみに限定して開催しました。今回の報告会では、砂防・地すべりに関する3つの助成テーマについて、それぞれの研究者に発表していただきました。研究概要についてここで紹介します。

発表 1

水浸検知センサーとサイフォン導水ホースを併用した安価な水抜き対策手法の開発

大嶺 聖　おおみね きよし
長崎大学大学院

1. はじめに

近年、集中豪雨が多発しており、地下水位の上昇に伴う土砂災害の危険性が増大している。このため、降雨時の土中の水分状態の変化を迅速に把握し、降雨時には水を効果的に排水させて斜面の安定性を維持させる安価な方法が求められている。

よって本研究は、(1) 低コストのサイフォン導水ホースを用いた斜面内地下水の排水効果の検証、(2) 小型電源としての土壌微生物電池の性能の把握、(3) リアルタイムに現地斜面の危険度を把握するための水浸検知センサーの適用性を明らかにする、等を目的として実施した。

2. サイフォン導水ホースの現場での適用性

本研究では、図-1に示すようなサイフォン原理と導水ホース内のアクリル紐による毛細管現象を用いた装置により、地下水の排水を行った。実験は長崎県と大分県で実施し、装置による排水効果と既存水抜きパイプに設置した場合の排水効率の向上効果を検証した。

現地実験の結果、サイフォン導水ホースは降水量の増加とともに排水量が増加することが確認され、その排水量は長崎の実験地において最大6L/min程度であった。さらに排水量の少ない既存の水抜きパイプ（最大1L/min程度）にサイフォン導水ホースを設置したところ、排水量の増加が確認された。このことからサイフォン導水ホースは、地下水の排水効果だけでなく、既存の水抜きパイプの排水効率向上にも効果が確認された。

3. 土壌微生物電池の小型センサーの電源としての性能

次項に説明する水浸センサーの電源として利用可能な技術の開発を目的として、図-2に示す土壌微生物電池の性能の検証を行った。電池は50mm×100mm×10mmの大きさで作成し、下側から泥炭→鉄線→負極（竹炭）→泥炭→正極（竹炭）→粒状炭→ステンレスの構造を有している。

作成した土壌微生物電池4つを直列または並列につなぎ、計測した電圧・電流・電力の値と理想値との比

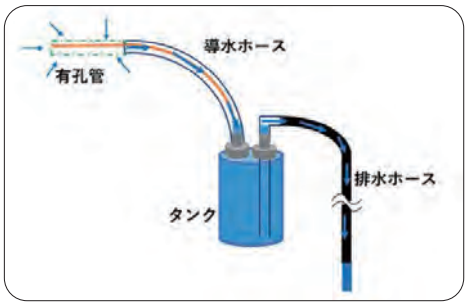

図-1　湧水の見られるのり面に導水装置を設置した排水実験概要図

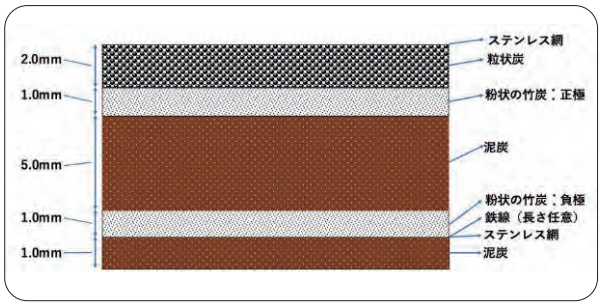

図-2　土壌微生物電池の概要

較を行った。測定の結果、直列につないだ場合には、抵抗が最大の時に理想値の4Vに近い値を示し、抵抗が小さくなるにつれ電流が増加し最大で20mA程度となった。また並列につないだ場合、最大電圧は1V、最大電流は50～100mAとなり、どちらもセンサーの電源として実用に耐えうる範囲であることが確認された。さらに土壌微生物電池とマンガン電池の電力変化を比較したところ、マンガン電池の電力は1週間程度で急激に低下するのに対し、微生物電池では電力は漸減するため長期期間にわたり電力が維持された。また土壌微生物電池は、面積を大きくするほど多くの電力が流れ、100mm×100mmの土壌微生物電池3つでマンガン電池と同等の電力量を生み出すことが可能である。

4. 現地使用を想定した発展性の検討

簡易センサーはマイコン（Arduino Pro mini, 3.3V）、電子制御素子（MOSFET）、省電力広域無線（Sigfox）などから構成され、電圧値から土中の大まかな水分状態や飽和状態になることで水浸したかどうかを把握することができる。図-3に構築した水浸検知センサーの概要を示すが、センサー電極を長さ80cmの塩ビパイプに15cm間隔で取り付けたもので、長崎市の土砂災害警戒区域に指定されている急傾斜地において、6本の塩ビパイプを1.5m間隔で挿入し計測を行った。その結果、深さ45cmまでのセンサー電極で降雨による体積含水率の上昇が生じ、その後の降雨終了に伴う体積含水率の減少がリアルタイムで確認された。また計測期間中、最も水浸検知センサーが反応した際の状況に着目すると、⑥の塩ビパイプにおいて降雨ピークからその後6時間の間全てのセンサーが水浸状態となっており、その前後においては全て反応していなかった。このことから水浸検知センサーは、水の有無に対して敏感に反応しているのではないかと考えられる。

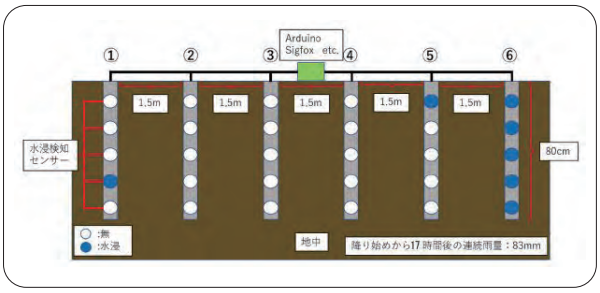

図-3　水浸検知センサーの設置と反応状況

発表 2

宇宙線ミュオンを活用した斜面地盤における不安定土塊の検出手法に関する数値シミュレーション

後藤 聡　ごとう さとし
山梨大学大学院

1. はじめに

近年、宇宙線ミュオンが火山やピラミッドの内部構造の調査に利用されている。

宇宙線ミュオン（図-1）とは、宇宙から地球に降り注ぐ素粒子の一種であり、電子と比べて非常に重いことから高い透過力を持つ。宇宙線ミュオンを用いた大規模構造物の透視方法としてミュオンラジオグラフィが用いられており、これはX線撮影と同様の原理により透過してきた物体の密度を推定することで、非破壊的に物体の内部を把握することのできる技術である。斜面の内部構造にミュオンラジオグラフィを用いることで、斜面地盤の密度や含水比の分布変化をミュオンの透過力の差による密度長の違いとして把握することができると推測する。これにより、斜面崩壊の発生場となり得る不安定な土塊を特定し、未然に災害を防ぐことに繋がると考えられる。

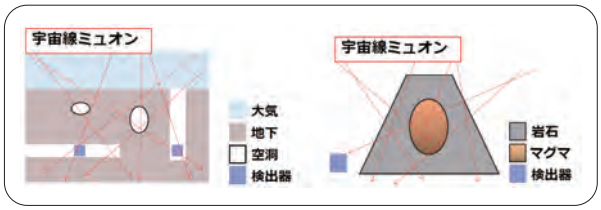

図-1　宇宙線ミュオンのイメージ図

2. 研究概要

本研究は斜面を構成する各種地盤材料における宇宙線ミュオンの透過力の違いを把握し、地盤材料の違いを判別するための有効性の確認を目的とした透過シミュレーションを実施した。

シミュレーションは、ミュオンの特性が考慮されたモンテカルロ計算コードのPHITSを用いて、地盤内の相対的な密度分布、密度変化、水分量変化を計算で確認した。物理特性は間隙比、飽和度、湿潤密度の比較を行い、地盤材料は岩石、火山灰度、砂、スコリアの比較を行った。

各種地盤材料を透過する過程で、宇宙線ミュオンがどのように減衰するかを把握するために図-2に示すモデルを用い、ミュオンの検出は検出面を半径5mの円とし、Z軸0.001m地点、0.25m～10mまでの0.25mごとの地点、計41面で検出した。計算時間は約3時間で

あり、統計誤差は約2.2～2.7%であった。

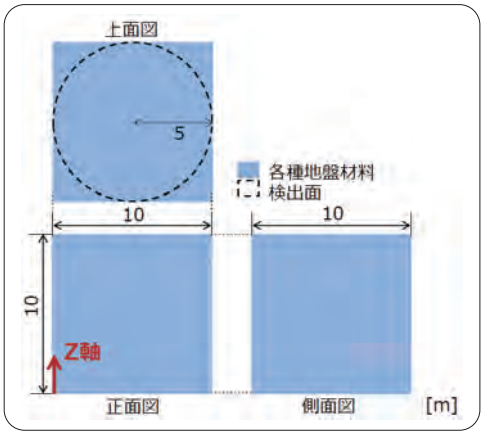

図-2　ミュオン検出モデル

3. 解析結果

シミュレーション結果を以下に記す。

・間隙比が大きいほどミュオンフラックスは大きく、土粒子の密度が小さいほどミュオンフラックスは大きい傾向が見られた。

・飽和度が大きいほどミュオンフラックスは小さいが、これは湿潤密度が大きくなるためであると推測する。

・密度が一定で飽和度のみを変化させた場合、ミュオンフラックスの値はほぼ同じになったことから、飽和度より密度による影響が大きいと考えられる。また、飽和度が小さいほどミュオンフラックスは大きい値を取ったが、これは密度が小さい空気が多く含まれているためであると考えられる。

・風化の進行にともない、ミュオンフラックスは大きくなる傾向が見られた。

・火山灰土→スコリア→砂→岩石の順でミュオンフラックスが小さくなることを確認した。

4. まとめ

本研究により、地盤材料における宇宙線ミュオンの透過力の違いを把握することができ、地盤材料の判別に宇宙線ミュオンが有効であることが確認された。

今後は、DEMなどの地形データを用いた実際の斜面におけるシミュレーションを行うことで、シミュレーションの精度を向上させていく予定である。

発表 3

風化を誘因とする土砂災害発生機構の解明に向けた粒子型の破壊解析技術の開発

福元 豊　ふくもと ゆたか
長岡技術科学大学

1. はじめに

2018年9月に北海道胆振東部地震で発生した広範囲にわたる大規模な土砂崩れは、斜面内部での風化が誘因の1つとなったことが指摘されている。そのため、風化の発生機構とともに、土砂災害との関係性を詳細に理解することは重要な課題であると考えられる。

本研究では、粒子型の連続体解析理論の一種であるペリダイナミクス法（以下「PD」という。）に着目し、物理的風化の進行による細粒化、亀裂発生、強度低下を定量的に評価するための方法を開発した。

2. 細粒化についての検証

本研究では、PDと個別要素法（以下「DEM」という。）を連成した数値計算モデル（以下「PD-DEM」という。）を検討した。

PD-DEMを用いて、3次元条件において、締固め粘土を想定した材料の圧縮破壊シミュレーションを実施したところ、図-1に示すように破砕性を持つ物体自体の亀裂と破壊、異なる物体同士の接触による相互作用、破壊後の断片の生成、断片同士の接触による相互作用、さらに破壊が進んで破砕性を持つ物体が細粒化していく様子を確認することができた。

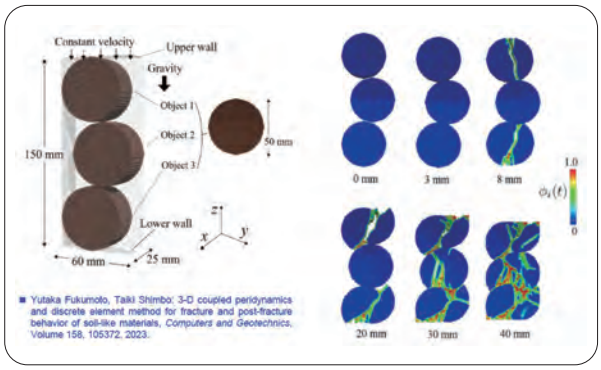

図-1　圧縮破壊シミュレーション結果

3. 亀裂発生についての検証

3次元PDの妥当性を検証するため、3Dプリンタを用いて作成した初期亀裂を有する砂質土供試体の一軸圧縮試験、および初期亀裂角度の違いによる破壊状況を確認するため、様々な初期亀裂を入れた粘土供試体に対して圧裂引張試験を行い、それぞれの実験結果と再

現解析の結果を比較した。一軸圧縮試験の比較検証では、再現解析による応力-ひずみ曲線の再現性が高いことを確認した。圧裂引張試験においても、再現解析を実施した結果、図-2に示すように実験結果に近い引張応力-軸ひずみ曲線を得られ、実験結果と同様の初期亀裂の両面と載荷面を結ぶ亀裂形状を再現することができた。本研究では、実験的検討にあたり、供試体破壊形状と破壊プロセスを可視化するために、供試体破壊形状の3次元キャプチャーシステムを開発した。これは、供試体周囲にカメラ20台を同一平面上に円形に配置して動画撮影を行い、得られた動画から3次元形状を再現できるシステムであり、これにより亀裂生成及び進展の破壊プロセスを3次元的に表現できた。ただし、モデル化の精度が十分ではないことと、すべての画像を安定して取得することができていないといった点が、今後の課題である。

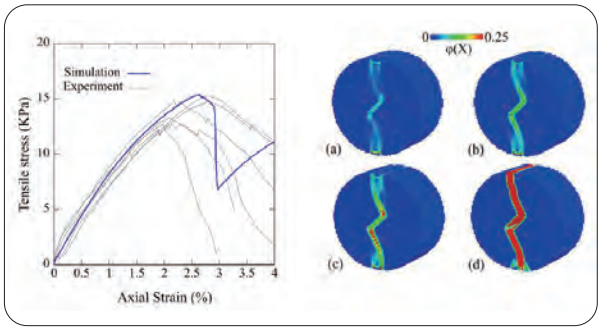

図-2　再現解析-実験結果の比較および再現計算による亀裂進展の様子

4. まとめ

本研究では、風化のモデリングにとって重要となる、亀裂や細粒化を再現できるPDに基づく粒子型の数値解析手法の開発を進めた。数値解析手法の高度化には、実験との比較が必須であるが、亀裂進展や引張強度の評価に関する実験手法自体の開発でも成果が得られた。より現実に即して風化をモデリングするためには、水分移動や化学反応を考慮することが今後の課題となる。また、今後は自然斜面や土構造物など実物大スケールにも応用範囲を広げる方針である。

令和６年度
砂防・地すべり技術センター研究開発助成
募　集　の　ご　案　内

平成４年度より開始した当センター「砂防・地すべり技術センター研究開発助成事業」では、砂防、地すべり及びがけ崩れ対策に関する技術開発及び調査研究を対象とし、特に問題意識が明確で達成目標が具体的であり新たな施策の展開を目指すテーマで、優れた人材を集結し十分な遂行能力を有する研究者に対して、助成を行います。

上記を踏まえ、令和６年度の研究開発助成の対象となる調査研究を下記の要領で募集します。当センターのホームページに掲載の募集要領にて、詳細をご確認のうえ、お申し込み下さい。

記

1.　助成対象者：大学、高等専門学校等の研究者
　　複数の研究者による共同研究も可能
2.　助成金額：１件に付き　申請者が１名の場合　：120 万円以内
　　申請者が複数名の場合：180 万円以内
　　※器具備品等の購入に関して条件あり
3.　募集受付期間：令和５年 12 月１日（金）～令和６年２月 16 日（金）17：00 必着（〆切厳守）
4.　提出先（問い合わせも同じ）：
　　（一財）砂防・地すべり技術センター　企画部　森田（もりた） 耕司（こうじ）・酒井（さかい） 敦章（のぶあき）
　　〒 102-0093　東京都千代田区平河町 2-7-5　砂防会館５階
　　TEL：03-5276-3271　FAX：03-5276-3391

詳細は砂防・地すべり技術センターのホームページをご覧ください。
URL: https://www.stc.or.jp/?page_id=74