

## 環境調和型開発システムに関する研究

### Studies on environment-friendly development systems



教授 高橋 弘  
Professor  
Hiroshi Takahashi



助教 里見 知昭  
Assistant Professor  
Tomoaki Satomi



特任助教 劉曉東  
Assistant Professor  
Xiao Dong Liu



Group Photo



本研究室では、環境調和型開発機械施工システムの構築を目指し、建設副産物の再資源化、開発機械の知能化、土砂災害現場における地盤情報取得技術の開発などを行っている。特に土砂災害現場における地盤情報取得においては、4月より「多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働AIロボット」のムーンショットプロジェクトに参加し、「掘削抵抗力を用いた地盤強度推定」をテーマとした研究を開始した。また繊維質固化処理土工法の高度展開に関しては、(1) パーライト副産物を用いた繊維質固化処理土の強度特性、(2) Empty Fruit Bunch (EFB) を用いた繊維質固化処理土の強度特性に関する研究を実施した。さらに UAV を用いた土砂サンプリングに関しては、反力を取りながら 30cm の深さまでスクリーを貫入させ、地中の土砂をサンプリングする装置を作成し、屋内・屋外実験を通して、その有効性を検証した。

The research activities of this laboratory are as follows. To measure ground information at landslide disaster sites, we have participated in the Moonshot R&D project "Collaborative AI robots for adaptation of diverse environments and innovation of infrastructure construction" since 2021. We have begun research on estimation of ground strength using excavating resistive force, as well. Next, we are interested in the advanced development of a fiber cement-stabilized soil method. We have evaluated (1) strength characteristics of the fiber cement-stabilized soil using perlite byproducts, and (2) strength characteristics of fiber cement-stabilized soil using empty fruit bunches (EFBs). We have also conducted soil sampling using an unmanned aerial vehicle (UAV). We developed a device to sample soil with a screw penetration depth of 30 cm while applying a reaction force, and we tested its effectiveness through indoor and outdoor experiments.

#### 掘削抵抗力を用いた地盤強度推定に関する研究

本研究室では、2021年度より、「多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働AIロボット」のムーンショットプロジェクトに参加し、「掘削抵抗力を用いた地盤強度推定」をテーマに研究を開始した。本年は以下の研究を行った。

- (1) バケットに作用する掘削抵抗力を用いた砂質地盤の強度推定：珪砂 6 号、9 号および真砂土を用いて砂質地盤を作成し、バケットモデルにより地盤を掘削し、抵抗力を測定するとともに、平均掘削抵抗力と地盤強度（コーン指数）との関係について検討した (Fig.1)。
- (2) ブレードに作用する掘削抵抗力を用いた砂質地盤の強度推定：(1) と同じ土砂を用いて砂質地盤を作成し、ブレードモデルにより地盤を掘削し、抵抗力を測定するとともに、平均掘削抵抗力と地盤強度（コーン指数）との関係について検討した (Fig.2)。
- (3) 旋回時に履帯に作用する回転トルクを用いた砂質地盤の強度推定：(1) と同じ土砂を用いて砂質地盤を作成し、その地盤上で履帯模型を回転させ、その際のトルクを計測するとともに、平均トルクと地盤強度（コーン指数）との関係について検討した (Fig.3)。

#### Estimation of ground strength using excavating resistive force

We participated in the Moonshot R&D project "Collaborative AI robots for adaptation of diverse environments and innovation of infrastructure construction" beginning in 2021. We have also begun research on estimation of ground strength using excavating resistive force. The following studies were conducted:

- (1) Strength estimation of sandy soil using excavator bucket: Sandy ground (silica sand #6, #9, and decomposed granite soil) was excavated using a bucket, and the excavating resistive force was measured. We investigated the relationship between the average excavating resistive force and the cone index (Fig.1).
- (2) Strength estimation of sandy soil using a blade: The same sandy soil as in (1) above was excavated using a flat blade, and the excavating resistive force was measured. Once again, we investigated the relationship between the average excavating resistive force and the cone index (Fig.2).
- (3) Strength estimation of sandy soil using rotating torque acting on crawler during turning: The crawler model was rotated on the same sandy soil as in (1) above, and we measured torque during rotation. We determined the relationship between average rotating torque and the cone index (Fig.3).



Fig.1 Apparatus for bucket excavation

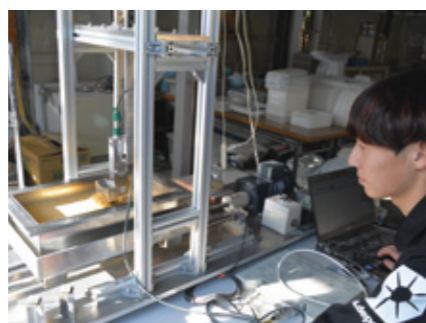


Fig.2 Apparatus for blade excavation



Fig.3 Apparatus for rotation torque

(4) ミニショベルを用いたフィールド試験：宮城県大崎市三本木町のフィールドにおいて、3トンのミニショベルを用いた地盤掘削実験を行った。実験では、ミニショベルのシリンダに圧力センサおよびストロークセンサを設置し、掘削に伴う圧力変化を計測するとともに、シリンダに作用する力から地盤強度を推定する手法について検討した (Fig.4)。

#### 繊維質固化処理土工法の高度展開に関する研究

本研究室では、未利用高含水比泥土の新しい再資源化工法である繊維質固化処理土工法を開発し、本工法の高度展開を目指した研究を行っている。本年は、以下の検討を行った。

- (1) パーライト副産物を用いた繊維質固化処理土の強度特性：昨年はパーライト副産物を泥土に混合することにより、繊維質固化処理土工法に必要な古紙の量を削減できることを確認した。本年は、パーライト副産物と水溶性ポリマーを混合した安価な中性固化材の開発に関する研究を行い、その有効性を確認した。
- (2) Empty Fruit Bunch (EFB) を用いた繊維質固化処理土の強度特性：インドネシアの地滑り災害現場への繊維質固化処理土工法の適用を目指し、インドネシアの代表的な農業廃棄物である EFB を用いた繊維質固化処理土の強度特性について検討した (Fig.5)。本研究成果は「地球科学技術に関する国際シンポジウム 2021」にて発表し、優秀論文賞を受賞した。

#### UAV を用いた土砂サンプリング装置の開発

2019 年よりスクリー式土砂サンプリング装置の開発を目指した研究を行っているが、本年は反力を取りながら 30cm の深さまでスクリーを貫入できる装置を作成し (Fig.6)、スクリー貫入試験を行った。その結果、装置を地面に設置した後、反力を取りながら目標の 30cm までスクリーを貫入し、土砂をサンプリングできることを確認した。また実際の海岸で試験を行い、屋外でも稼働することを確認した。



Fig.4 Filed experiment using mini-shovel



Fig.5 Modified soil by EFB

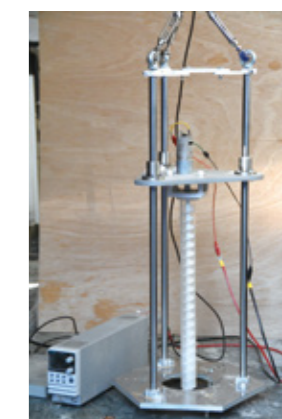


Fig.6 Screw type soil sampling device

(4) Field experiment using a mini-excavator: We conducted soil excavation experiments using a 3-ton mini-excavator in a field located in Sanbongi, Osaki City, Miyagi Prefecture. Pressure and stroke sensors were installed in the excavator's cylinder to measure the pressure changes caused by excavation. We investigated a method for estimating ground strength from the force acting on the cylinder (Fig. 4).

#### Advanced study on fiber cement-stabilized soil method

We conducted the following studies to achieve advanced development of the fiber cement-stabilized soil method to recycle unused high water content mud.

- (1) Evaluation of strength characteristics of fiber cement-stabilized soil using perlite byproducts: Last year, we confirmed that mixing perlite byproducts with mud could reduce the additive amount of paper debris required for the fiber cement-stabilized soil method. This year, we developed an inexpensive neutral solidifying material by mixing perlite byproducts with a water-soluble polymer and confirmed its effectiveness.
- (2) Evaluation of strength characteristics of fiber cement-stabilized soil using empty fruit bunch (EFB): The strength characteristics of the fiber cement-stabilized soil with EFB (a typical agricultural waste product in Indonesia) were investigated with the aim of applying the fiber cement-stabilized soil method to landslide disaster sites in Indonesia (Fig.5). The results were presented at the International Symposium on Earth Science and Technology 2021, and we won the best paper award there.

#### Development of soil sampling device using UAV

We have conducted research and development of a screw-type soil sampling device since 2019. This year, we conducted a screw penetration experiment using a device that can penetrate a screw to a depth of 30 cm while applying a reaction force (Fig. 6). As a result, the screw can penetrate to the target depth of 30 cm and sample soil. The experiment was also conducted on an actual seashore to confirm that the device could operate outdoors.