

## 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

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、2021年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、2022年は粘性土を対象とした掘削実験を行った。繊維質固化処理土工法の高度展開に関しては、(1) 廃石膏ボード紙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。さらにハンドガイド式軟弱泥土回収機械の開発に関する基礎研究、画像を用いた破砕堆積物粒度推定に関する研究などを実施した。

The research activities of this laboratory are as follows. As for the measurement of ground information at the 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, and we have begun research on estimating ground strength using excavating resistive force. As for the advanced development of the fiber-cement-stabilized soil method, the present study evaluated (1) the strength characteristics of the fiber-cement-stabilized soil using waste gypsum board paper and (2) the strength characteristics of the fiber-cement-stabilized soil using empty fruit bunches (EFBs). As for the advanced study of construction machinery, fundamental studies on development of a hand-guided, sludge-recovery machine and estimating grain size of crushed rocks using images through bucket excavation were conducted.

#### 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粘性地盤の強度推定:

珪砂 6 号および真砂土に笠岡粘土を混合した粘性地盤を作成し、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粘性地盤の強度推定:

(1) と同じ土砂を用いて粘性地盤を作成し、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) 回転時に履帯に作用する回転トルクを用いた砂質土の強度推定:

2022 年は新たな履帯モデルを作成し、真砂土を用いた砂質土盤上で履帯モデルを回転させ、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)。

#### Study on estimation of ground strength using excavating resistive force

We have participated in the Moonshot R&D Project Goal 3 (collaborative AI robots for adaptation of diverse environments and innovation of infrastructure construction) since 2021, and we have begun research on estimating ground strength using excavating resistive force. The following studies were conducted:

(1) Strength estimation of clay soil using excavator bucket: The excavating resistive force acting on a bucket was measured for clayey soil mixed with silica sand #6 or decomposed granite soil and Kasaoka clay. The relationship between the average excavating resistive force and the cone index was evaluated (Fig.1).

(2) Strength estimation of clay soil using a blade: The same clayey soil as in (1) was excavated using a flat blade, and the excavating resistive force was measured. The relationship between the average excavating resistive force and the cone index was evaluated (Fig.2).

(3) Strength estimation of sandy soil using rotating torque acting on crawler during turning: The torque during the rotation of a newly produced crawler model was measured for sandy soil. The relationship between the average rotating torque and the cone index was evaluated (Fig.3).



Fig.1 Apparatus for bucket excavation



Fig.2 Blade excavation experiment



Fig.3 Apparatus for crawler turning



助教 里見 知昭  
Assistant Professor  
Tomoaki Satomi



特任助教 劉曉東  
Assistant Professor  
Xiao Dong Liu

#### (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真砂土と笠岡粘土を混合した粘性地盤を作成し、3トンのミニショベルを用いてバケット掘削実験を行うとともに、新たな計測用のブレードを作製し、ブレード掘削実験を行った。またミニショベルを遠隔操作して地盤掘削を行い、遠隔で地盤強度推定を行う流れを確認した (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夫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) 廃石膏ボード紙を用いた繊維質固化処理土の強度特性:

廃石膏ボード紙を用いて繊維質固化処理土を作成し、その強度特性について実験的に検討した。その結果、廃石膏ボード紙は古紙破砕物の代替品と成り得ることが確かめられた (Fig.5)。

##### (2) Empty Fruit Bunch (EFB) を用いた繊維質固化処理土の強度特性:

EFB を用いた繊維質固化処理土を用いた斜面修復に関して安全率の解析を行った。その結果、EFB を用いた繊維質固化処理土は通常土の斜面より安全率が向上することが確認された。

#### 建設機械の高度化に関する研究

##### (1) ハンドガイド式泥土回収装置の開発に関する要素研究:

災害現場では大量の軟弱泥土が発生するが、民家や道路上の泥土は人力によって排除されている。そこで、ハンドガイド式の泥土回収装置の開発を目指し、要素研究を開始した。2022 年は泥土回収部分のブレード設計および含水比推定に関する基礎実験を行った (Fig.6)。

##### (2) 画像を用いた破砕堆積物粒度推定に関する研究:

従来は破砕堆積物の表面画像のみを用いていたため、堆積内部の粒度を得ることは困難であった。そこで、採鉱フルオートメーションを目指してバケット掘削による破砕堆積物の粒度推定に関する基礎検討を行った。



Fig.4 Field experiment using mini-shovel

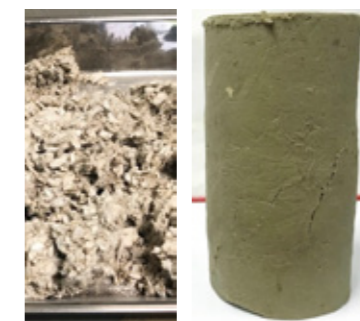


Fig.5 Modified soil by waste gypsum board paper

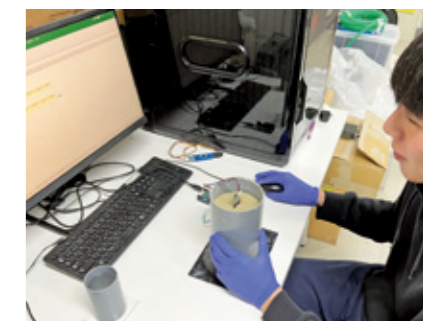


Fig.6 Experiment to measure water content in the soil

(4) Field experiment using a mini-excavator: Clayey soil excavation experiments using a 3-ton mini-excavator were conducted in the field located in Sanbongi, Osaki City, Miyagi Prefecture. In addition, blade excavation experiments were carried out using a newly produced blade. Furthermore, the process of remotely operating the mini-excavator to excavate the ground and estimate the ground strength was examined (Fig.4).

#### Advanced study on the Fiber-cement-stabilized soil method

The following studies were conducted to achieve advanced development of the fiber-cement-stabilized soil method as a new recycling method for unused mud with high water content:

(1) Evaluation of the strength characteristics of fiber-cement-stabilized soil using waste gypsum board paper: The compressive strength of the fiber-cement-stabilized soil using waste gypsum board paper was evaluated. The results showed that waste gypsum board paper can be an alternative to paper debris conventionally used (Fig.5).

(2) Evaluation of shear strength characteristics of the fiber-cement-stabilized soil using empty fruit bunches (EFBs): The result of slope-stability analyses showed that the fiber-cement-stabilized soil with EFBs improves the safety factor of a slope compared to the original soil.

#### Advanced study on construction machinery

(1) Elemental research on the development of a hand-guided, sludge-recovery machine: A large amount of weak mud is generated at disaster sites, whereas mud deposited on private houses and roads is removed by hand. In 2022, fundamental experiments were carried out on blade design in the mud collection section and on the estimation of the water content of the mud (Fig.6).

(2) Study on estimating grain size of crushed rocks by using images: Conventional methods only used the surface image of the crushed rocks, making it difficult to determine the grain size inside the deposits. A fundamental study on estimating the grain size by bucket excavation was conducted for full automation of mining.