

## 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



Group Photo



本研究室では、環境調和型開発機械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。本年は、繊維質固化処理土工法の高度展開に関して、(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) 繊維質固化処理土の強度定数、(3) AIを用いた繊維質固化処理土の最適配合条件の推定などについて検討を行った。建設機械の高度化・知能化に関する研究に関しては、(1) バケットに作用する掘削抵抗力を用いた破碎堆積物の粒度推定、(2) 軟弱地盤のバケット掘削と地盤強度推定、(3) 礫混じり地盤の掘削抵抗力などについて検討を行った。さらに UAV を用いた地盤情報取得および土砂サンプリングに関しては、落下コーンの貫入距離と衝撃加速度を用いた地盤強度推定およびオーガー式土砂サンプリング装置開発のための要素研究を行った。

The research activities of this laboratory are as follows. For the advanced study of the fiber-cement-stabilized soil method, (1) an evaluation of the unconfined compressive strength of fiber-cement-stabilized soil with perlite by-products, (2) an evaluation of shear strength parameters of modified soil, and (3) an estimation of optimum mixing conditions of fiber-cement-stabilized soil using artificial intelligence (AI)—specifically, a multilayer neural network—were conducted. For the study on advancement and intelligence of construction machinery, (1) an estimation of grain size of crushed rocks using excavating resistive force by excavator bucket, (2) an estimation of soft ground strength by excavator bucket, and (3) an evaluation of excavating resistive force on soil mixed with gravel by excavator bucket were conducted. Furthermore, for the acquisition of ground information and soil sampling using an unmanned aerial vehicle (UAV), an estimation of ground strength using fall cone penetration depth and impact acceleration and fundamental studies for developing an auger-type soil-sampling device were conducted.

### 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再資源化率向上を目指して、泥土に古紙破砕物とセメント系固化材を混合することにより良質な地盤材料に改良する繊維質固化処理土工法を開発した。本年は本工法の高度展開を目指し、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：パーライト副産物 (Fig.1) は粒径が小さく多孔質であるため、高含水比泥土に混合することにより見掛けの含水比を低減できる可能性がある。本年は、パーライト副産物を混合した繊維質固化処理土の強度特性を計測することにより、パーライト副産物混合の有効性を確認した。本研究結果は地球科学技術に関する国際シンポジウム 2020<sub>J</sub>にて発表し、優秀論文賞を受賞した。
- (2) 繊維質固化処理土の強度定数：昨年に引き続き、繊維質固化処理土を用いて一面せん断試験を行い、強度定数(粘着力および内部摩擦角)を測定した。さらに一軸圧縮試験もを行い、繊維質固化処理土の一軸圧縮強度から強度定数を推定する方法について検討した。

### Advanced study of the fiber-cement-stabilized soil method

The following studies were conducted to achieve advanced development of the fiber-cement-stabilized soil method.

- (1) Evaluation of unconfined compressive strength of fiber-cement-stabilized soil with perlite by-products: As perlite by-products (Fig.1) have small particle sizes and porous structures, it is possible to reduce the apparent water content by mixing them with high water content mud. In 2020, the effectiveness of mixing perlite by-products was confirmed through measurement of the unconfined compressive strength of modified soil with perlite by-products. The results were presented at the International Symposium on Earth Science and Technology 2020 held at Kyushu University, and the best paper award was received.
- (2) Evaluation of the shear strength parameters of fiber-cement-stabilized soil: Continuing from 2019, the shear strength parameters (i.e., cohesion and internal friction angle of fiber-cement-stabilized soil) were obtained from box shear test. In addition, unconfined compression tests were conducted, and the estimation of shear strength parameters from the unconfined compressive strength of modified soil was investigated.



Fig.1 Perlite by-products

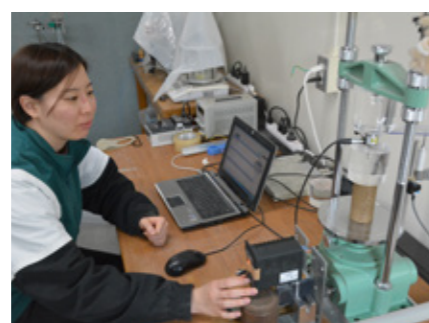


Fig.2 Unconfined compression test of modified soil



Fig.3 Bucket excavation experiment of crushed rocks

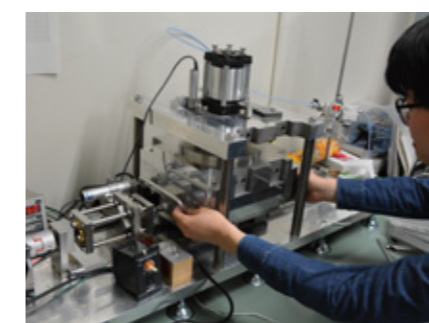


Fig.4 Box shear test of soil mixed with gravel



Fig.5 Cone with impact accelerometer



Fig.6 Auger screw-type soil sampling device

(3) AIを用いた繊維質固化処理土の最適配合条件の推定：繊維質固化処理土の配合条件は、これまで試行錯誤で決定することが多く、非効率であった。そこで昨年はニューラルネットワークを用いて繊維質固化処理土の最適配合条件を推定するための基礎研究を実施した。本年は、教師データを増やすためのデータ収集を行った。2021年は精度の高い推定手法について検討する予定である。

### 建設機械の高度化・知能化に関する研究

土木建設現場や資源開発現場などでは、重機による地盤掘削が不可欠である。特に災害現場での復旧作業や海底資源開発、宇宙などの極限環境下では、重機の遠隔操作あるいは自律作業など掘削作業の知能化が必要不可欠となっている。本年は、バケット掘削作業の知能化を目指し、以下の検討を行った。

- (1) バケットに作用する掘削抵抗力を用いた破碎堆積物の粒度推定：発破成績は一般に破碎堆積物の粒度分布で評価される。発破成績を自動的に評価できるシステムの確立を目指し、本年は破碎堆積物のバケット掘削における抵抗力を測定した (Fig.3)。
- (2) 軟弱地盤のバケット掘削と地盤強度推定：豪雨による災害現場での復旧作業の効率化を目指し、軟弱地盤のバケット掘削時の抵抗力計測実験を行うとともに、地盤強度を推定する手法について検討した。
- (3) 礫混じり地盤の掘削抵抗力：通常の地盤は礫を含んでいるため、本年は礫混じり地盤を作製し、バケット掘削時の抵抗力を計測するとともに、地盤定数の推定を行った (Fig.4)。

### UAVを用いた地盤情報取得および土砂サンプリング

本年は衝撃加速度を設置したコーンを空中から地面に落下させ、コーンの貫入距離と衝撃加速度から地盤のコーン指数を推定する方法について検討した (Fig.5)。さらにスクリー式土砂サンプリング装置の開発を目指し、2019年に作製した装置を改良した (Fig.6)。その結果、30cmの深さまでスクリーを貫入させ、土砂をサンプリングできることを確認した。さらに反力を取る方法について検討した。

(3) Estimation of optimum mixing conditions of fiber-cement-stabilized soil using artificial intelligence (AI): As the mixing conditions of fiber-cement-stabilized soil were determined by trial and error, the work efficiency was low. In 2019, the fundamental study on estimation of optimum mixing conditions of modified soil using a multilayer neural network was conducted. In 2020, additional datasets were collected through unconfined compressive tests to increase the amount of teaching data (Fig.2).

### Study on advancement and intelligence of construction machinery

The following studies were conducted to achieve intelligence of the bucket excavation work.

- (1) Estimation of grain size of crushed rocks using excavating resistive force by excavator bucket: Blasting performance was evaluated by the grain size distribution of the crushed rocks. The resistance force of crushed rocks during bucket excavation was measured to develop an automatic evaluation system for blasting performance (Fig.3).
- (2) Estimation of soft ground strength by excavator bucket: The excavating resistive force on soft ground was measured through bucket excavation experiments, and the estimation method of ground strength was investigated.
- (3) Evaluation of excavating resistive force on soil mixed with gravel by excavator bucket: The excavating resistive force on soil mixed with gravel was measured through bucket excavation experiments, and the shear strength parameters were evaluated (Fig.4).

### Study on acquisition of ground information and soil sampling using unmanned aerial vehicle (UAV)

A cone with an impact accelerometer was dropped from the air to the ground, and the estimation method for the cone index of soil from the cone penetration depth and the impact acceleration were investigated (Fig.5). Furthermore, to develop an auger screw-type soil-sampling device, the device developed in 2019 was modified (Fig.6). The results confirmed that the screw could penetrate to a 30-cm depth and sample the soil. In addition, a method to obtain the reaction force was investigated.