

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) 造粒物を用いた繊維質固化処理土の強度特性、(2) 築堤材としての再資源化、(3) 廃石膏ボード紙の活用、(4) ペーパースラッジ焼却灰を用いた土質改良について検討を行った。バケット・ブレード掘削作業の知能化に関する研究に関しては、(1) ブレードによる水中地盤掘削、(2) バケット掘削時の抵抗力を用いた破碎堆積物の粒度推定、(3) 水中における重機のトラフィカビリティについて検討を行った。さらに UAV を用いた地盤情報取得に関して無線計測システムの構築を行った。

The research activities of this laboratory are as follows: For the advanced study of Fiber-cement-stabilized soil method, several investigations were carried out to examine its strength characteristics using granular materials, development of banking materials, application of waste gypsum board paper for Fiber-cement-stabilized soil method, and soil improvement using paper sludge ash. As for the study on intelligent excavation by bucket and blade, several investigations were carried out for soil excavation in water by the flat blade, estimation of crushed rock size by using the resistive force acting on the bucket and trafficability of the vehicle in water. Furthermore, wireless measurement system for acquisition of ground information by UAV was 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) 造粒物を用いた繊維質固化処理土の強度特性：廃材から生成される造粒物を高含水比泥土に添加すると、造粒物が水分を吸収し、見かけの含水比が減少することから、その後に添加する古紙破砕物の量を削減することが可能であることが分かった (Fig.1)。
- (2) 築堤材としての再資源化：市販のシルト・粘土・珪砂を混合することにより、様々な粒度分布の供試土を作成し、繊維質固化処理土工法で改良を試みた。
- (3) 廃石膏ボード紙の活用：古紙の価格が高騰していることから、廃石膏ボード紙（以下、ボード紙）の使用の可能性について検討した。その結果、ボード紙単体では古紙破砕物の代替品にはなり得ないが、ボード紙と古紙破砕物を混合することにより、従来の古紙添加量を半分まで削減できることを確認した (Fig.2)。
- (4) ペーパースラッジ焼却灰を用いた土質改良：ペーパースラッジを土質改良に用いる場合、フッ素の溶出が問題となっていたが、骨炭を用

Advanced studies of Fiber-cement-stabilized soil method

In 2017, the following studies were carried out to advance Fiber-cement-stabilized soil method.

- (1) Strength characteristics of Fiber-cement-stabilized soil by using granular materials: The apparent water content of mud decreases with the addition of granular materials made from disaster debris to high-water-content mud because the granular materials absorb water. It was found that the additive amount of paper debris decreases due to the water absorption characteristics (Fig.1).
- (2) Development of banking materials: To utilize mud produced in dredging work of ponds and rivers as a banking material, various soil samples with different mixture ratios of sand, silt, and clay were modified using the fiber-cement-stabilized soil method.
- (3) Application of waste gypsum board paper to the fiber-cement-stabilized soil method: Since the purchase price of waste paper has been increasing in recent years, this study focused on waste gypsum board paper. It was found that waste gypsum board paper alone cannot be substituted for paper debris because waste gypsum board paper has low water absorption compared to paper debris. However, the additive amount of paper debris was decreased by half when waste gypsum board paper was mixed with paper debris (Fig.2).
- (4) Soil improvement using paper sludge ash: To utilize paper sludge ash



Fig.1 Modified soil with granular materials



Fig.2 Board paper (left) and failure plane of modified soil by board paper (right)



Fig.3 Excavation experiment of the soil in water

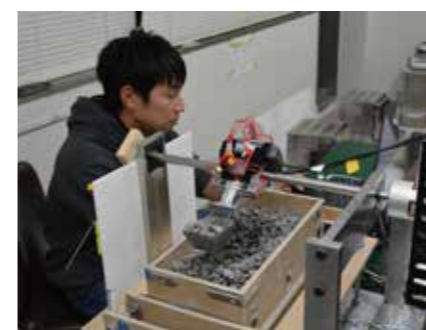


Fig.4 Estimation of crushed rock size by using resistive force acting on the bucket



Fig.5 Tractive force measurement experiment

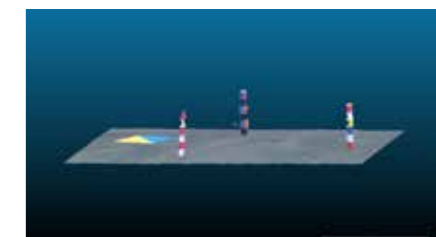


Fig.6 Measurement result of rectangular column depth penetrated in the ground

いることにより、フッ素の溶出を抑制できることを確認した。

バケット・ブレード掘削作業の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・ブレード掘削作業の知能化を目指し、以下の検討を行った。

- (1) ブレードによる水中地盤掘削：ブレードにより地盤を掘削する作業を地盤が空中にある場合と水中にある場合の両方でを行い、掘削の挙動を観察するとともに、掘削抵抗力の比較を行った。その結果、掘削抵抗力は空中に比べてかなり小さくなることを確認された (Fig.3)。
- (2) バケット掘削時の抵抗力を用いた破碎堆積物の粒度推定：近年、岩盤の発破・積み込み作業の効率化を目指し、破碎堆積物の粒度を計測して発破成績を評価し、次の発破に活用する試みが行われている。本年は、バケット掘削時の抵抗力から破碎堆積物の粒度を推定するアルゴリズムを提案し、その有効性を確認した (Fig.4)。
- (3) 水中地盤のトラフィカビリティ：海底資源開発では、海底面における地盤のトラフィカビリティを評価する必要がある。本年は重機の沈下特性を計測できる装置を作製し、沈下実験を行うとともに、牽引力の計測を行った (Fig.5)。

UAV を用いた地盤情報取得技術

土砂災害現場での地盤形状計測に UAV が有効であることは既に確かめられている。本研究室では、UAV の更なる高度活用を目指し、UAV から錘および棒状のコーンを落下させて地盤強度を推定する基礎研究を行っている。本年は、無線計測システムの構築を行うとともに地面に突き刺さったコーンの深さから地盤強度を推定するための基礎実験を行った (Fig.6)。

for soil improvement, a method that can decrease the elution of fluorine from the paper sludge ash is required. This study confirmed that using bone char, the elution of fluorine from paper sludge ash can decrease to 0.8 mg/L or lower, which is a soil environmental standard.

Studies on intelligent excavation by bucket and blade

The following studies were carried out to establish an intelligent system of excavation by bucket and blade.

- (1) Soil excavation in water by flat blade: Testing of soil excavation by blade was carried out on land and in water. This study confirmed that the resistive force in water was lower than that on land because soil shear force decreased as the degree of soil saturation increased (Fig.3).
- (2) Estimation of crushed rock size by using the resistive force acting on the bucket: In 2017, a method was developed for estimating crushed rock size through excavation work. It was found that the developed method was valid (Fig.4).
- (3) Trafficability of the vehicle in water: In seabed resources development, evaluation of the trafficability of a vehicle in water is required. In 2017, an experimental apparatus for measuring soil shrinkage characteristics caused by the crawler vehicle was developed, and soil shrinkage test was carried out. Moreover, the traction force of a small crawler vehicle in water was measured (Fig.5).

Study on the acquisition of ground information by UAV

This laboratory is studying the development of a system for measuring ground strength using an unmanned aerial vehicle (UAV). Two systems are now under investigation. One estimates the ground strength from the impact acceleration of a weight when it impacts on the ground surface. The other one estimates the ground strength from the penetration depth of a rectangular column. In 2017, a wireless measuring system was investigated. Furthermore, the accuracy of measuring the penetration depth of rectangular column was examined (Fig.6).