

平成 30 年 5 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14271

研究課題名(和文) 地中環形生物に学ぶ土粒子非付着性掘削バケットの開発に関する研究

研究課題名(英文) Study on Development of Non-Adhesive Excavating Bucket based on Ring-shaped organisms

研究代表者

高橋 弘 (TAKAHASHI, Hiroshi)

東北大学・環境科学研究科・教授

研究者番号：90188045

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：バケットの濡れ機構として多孔質材料を通して材料表面の複数の穴から水を染み出させる構造を考え、試作品を設計・製作し、土砂付着量の低減効果を確認した。その後、付着低減が可能な最小水分量について実験的に検討した結果、粘土の成分にもよるが、0.05g/cm²程度の加水を行えば、付着量を軽減できることを確認した。さらに、実際の作業現場の土を想定し、珪砂および複数の粘土に対して付着量を軽減できる最小加水量について検討した結果、粘土では珪砂よりも必要加水量がやや大きくなるが、0.06g/cm²程度の加水を行えば、土質に拘わらず付着量を軽減できることが確認された。

研究成果の概要(英文)：In this study, a new mechanism to reduce the soil adhesion on the excavating bucket was proposed. In order to reduce the soil adhesion, the water seeps out from many holes of bucket surface through porous media because it was confirmed that the water film formed between soils and the surface of materials reduced the soil adhesion. It was found that the minimum water addition was 0.05g/cm² for clay soil. Furthermore, it was confirmed through several experiments that the minimum water addition was 0.06g/cm² regardless of the soils.

研究分野：開発機械学

キーワード：付着 粘土 ネイチャーテクノロジー バケット 濡れ機構 含水比 環形生物 非付着性

1. 研究開始当初の背景

油圧ショベルは、社会インフラなどの建設現場のみならず、資源開発現場、汚染土壌修復現場など様々な分野で用いられている汎用性の高い重機であり、全世界で最も多く稼働している重機である。油圧ショベルはアームの先に取り付けられたバケットで地盤を掘削するが、作業効率は地盤性状に大きく依存する機械でもある。地盤は大きく砂質土と粘性土に大別されるが、砂質土の場合、油圧ショベルの作業効率は非常に高いが、粘性土の場合、土砂がバケットに付着し、効率が著しく低下することが知られている。例えば、汚染土壌を油圧ショベルで掘削し、土質改良機に投入して薬剤と混合して埋め戻す工事では、土壌が粘着力の小さい砂質土の場合、高い作業効率が得られるが、一旦、土壌が粘性土になると付着性が強くなるため、土塊になりやすいばかりでなく、土壌がバケット内部に付着し、土質改良機への投入がスムーズに進まないなど、著しい作業効率の低下を引き起こす。そのため、スクリーンバケット(メッシュ状のバケット)で土塊をなるべく解砕して土質改良機に投入したり、事前処理で焼却灰などを混合し、含水比を下げ、粘着力を低下させるなどの工夫を施しているが、経費がかさむ割には効果が上がっていない状況である。

2. 研究の目的

本研究では、近年、自然の賢さを活かしたもの作りとして注目を集めているネイチャー・テクノロジーの概念を活用して、土壌が付着し難い掘削用バケットを開発し、建設機械の作業能力の向上に貢献しようとするものである。

3. 研究の方法

ネイチャー・テクノロジーの概念は、自然に学び、自然の賢さを上手に活かしたもの作りにある。本研究では、環形生物であるミミズが体表面から体液を分泌し、土粒子を体表面に付着し難くすることにより粘性土壌中でも容易に移動することをヒントにして、バケット表面が濡れることにより土粒子が付着し難い新しい機能性バケットの開発を目指す。具体的には、多孔質の素焼き材料とバケットを構成する金属材料を張り合わせ、素焼き材料側から液体(本研究では水を想定)を染み出させる構造を開発し、付着性の削減効果を定量評価し、実機のバケットに応用してその効果を確認する。

(1) 金属材料表面を濡らす機構の開発

付着性の小さい砂質土に対しては、通常のバケットの状態で構わない。つまりバケット表面は常時濡れている必要はなく、粘性土に対してのみ液体(水)が染み出し、表面が濡れるようになれば良い。そこで、多孔質の素焼き材料を作成し、この材料とバケットを構成

する金属材料(一般にステンレス)を張り合わせ、素焼き材料側の空間に充填した水に圧力(例えば油圧)をかけて金属材料表面に押し出すような機構を考える。金属材料には小さな径の孔を多数開けておき、素焼き材料から染み出てきた水が金属材料表面を濡らすようにする。

(2) 土砂の付着力・付着量低減の定量評価

金属材料の表面を濡らす機構を設計・作成した後に、本研究室で現有している土砂付着力測定装置を用いて、材料表面を濡らした場合と濡らさない場合の土砂と金属材料との付着力および付着量を計測し、材料表面の濡れ効果を定量的に評価する。この測定装置は本研究室で設計・作成したオリジナルな装置であり、土砂と材料表面の付着力を計測できるようになっている。計測では、液体に作用させる圧力と染み出る水量との関係を把握し、さらに染み出る水量と付着力・付着量の低減量との関係を調べ、効果の現れる最小水量を把握する。

4. 研究成果

土の固体表面への付着には様々な因子が影響を与えているが、本研究では、粒度、含水状態、活性度の3つの因子について注目し、実験した。試料は7種類(トクレー、脱水ケーキ(粘板岩)、赤土、笠岡粘土、出雲ベントナイト、珪砂9号、珪砂8号)を用意した。

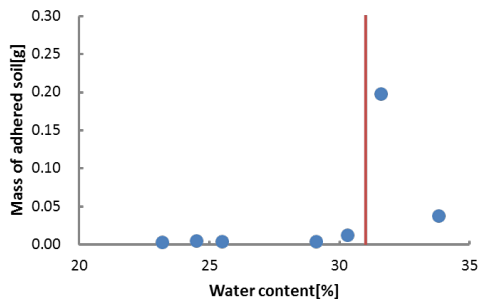
表1 付着実験結果(粒度)

試料	平均付着量 [g]	平均付着力 [N]
珪砂8号	8.3	2.9
珪砂9号	10.7	4.1

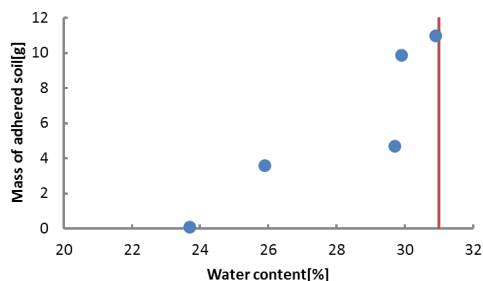
粒度の影響を考察するため、組成が同じで、粒度のみが異なる珪砂8号、珪砂9号の二種類の試料について付着実験を行った。その結果、表1の通り、粒度の細かい珪砂9号の方が付着量も多く、付着力も大きいという結果が得られた。これは、粒度が細かいと毛管力が強くなるためであると考えられる。

含水状態と活性度の影響を考察するため、珪砂以外の5種類の試料について含水比を変えて付着実験を行った。含水状態については図1に実験結果の例を示す。縦軸が付着量、横軸が含水比であり、グラフ中の縦線は各試料の液性限界の含水比である。実験結果より、各試料ともに液性限界付近の含水比で付着量が最も多くなるが、それより高い含水比になると付着量が減るという傾向が得られた。また、飽和度と付着量の関係を見ると、飽和度90~100%で付着量は最も多くなったが、100%に近すぎると付着量が減る傾向が得ら

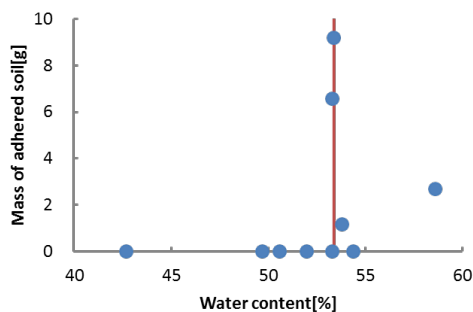
れた。これは、水が多すぎると水膜が肥厚し、毛管力の作用が弱まるためであると考えられる。一方、活性度については、活性度と付着性の間に明確な関係は得られなかった。これは、静電気力や有機物の存在などその他の要因の影響が大きいためであると考えられる。



(a) トチクレー



(b) 脱水ケーキ(粘板岩)



(c) 笠岡粘土

図1 付着実験結果

珪砂9号を用いて行った付着実験の結果の一例を図2に示す。付着量が最も多くなる時の含水比をもとに、水の量を減らす、または増やすことで付着量を軽減できる。本研究では、固体表面から水を染み出させることで土の含水量を増やし、付着を軽減できるか検討した。

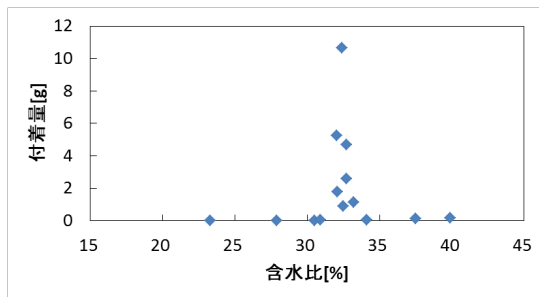


図2 含水比と付着量の関係(珪砂9号)

表面から水を染み出させて付着実験を行うため、図3に示す実験装置を製作した。水を染み出させるため直径1mmの穴が開いている。加水できるように図4のような機構を製作し、本研究では水タンクの水面と固体表面の水頭差によって加水できるようにした。珪砂9号を試料として、本実験装置で予備実験を行った。加水せずに行った付着実験と、圧着中に加水をした付着実験を行った結果を図5に示す。加水した際の水頭差は217mmとした。図5に示すように、加水することで引き離し力が小さくなっており、土の付着を軽減する効果があると考えられる。また、加水量と最大引き離し力の関係を見ると、加水量が増えることで最大引き離し力は下がっているが、ある値に収束すると考えられる。



図3 実験装置(付着部分)

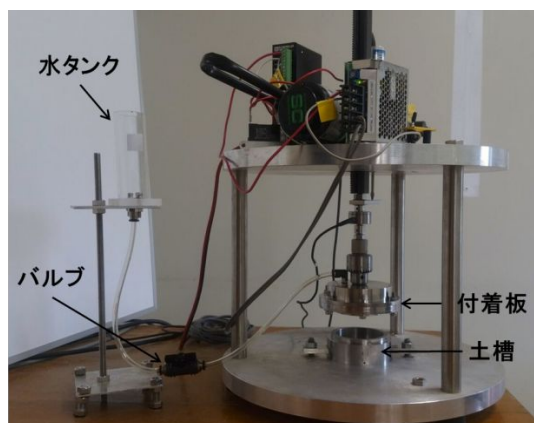


図4 実験装置(全体図)

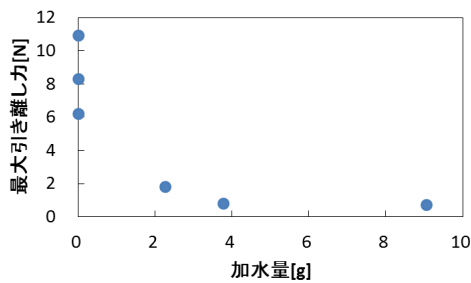


図5 最大引き離し力と加水量の関係

以上のように、固体表面から水を染み出させることで土の付着を軽減できる可能性を示すことができた。

本研究では、固体表面から水を染み出させ、土の含水状態を変化させることで付着を軽減する方法を考案し、その効果を検証した。この方法で、土の付着を軽減できると確かめられたが、付着を軽減する最適な加水量はいくらか調べるため、より詳細で正確なデータを取る必要がある。装置を改良し、加水量や加水速度を調整して付着実験を行うことで、土の付着を軽減する最適な方法を考案したいと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

増田 幸平, 里見 知昭, 高橋 弘, 土粒子と材料表面の付着に関する研究, テラメカニックス, Vol.36, pp.37-42, (2016) 査読無

Kohei MASUDA, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI, A study on Characteristics of Soil Adhesion to Material Surface, Proc. of 11th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Vol.1, pp.1-4, (2016) 査読有

[学会発表](計3件)

高橋 弘, 増田 幸平, 里見 知昭, 土粒子と材料表面の付着に関する研究, テラメカニックス研究会, (2015)

増田 幸平, 里見 知昭, 高橋 弘, 土粒子と材料表面の付着に関する研究, 資源・素材学会東北支部春季大会, (2015)

Kohei MASUDA, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI, A study on Characteristics of Soil Adhesion to Material Surface, Proc. The 11th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, (2016)

[図書](計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www2.kankyo.tohoku.ac.jp/htaka/Japanese/research/recentstudies/recentstudies.html#24>

6. 研究組織

(1)研究代表者

高橋 弘 (TAKAHASHI, Hiroshi)

東北大学・大学院環境科学研究科・教授

研究者番号：90188045

(2)研究分担者

里見 知昭 (SATOMI, Tomoaki)

東北大学・大学院環境科学研究科・教授

研究者番号：80588020