

立命館大学理工学部 学生員 ○黒岩 晃平
立命館大学大学院 学生員 伏見 康介

立命館大学院 学生員 台蔵 憲
立命館大学理工学部 フェロー会員 深川 良一

1. はじめに

現在、JAXA では月探査計画として「SELENE-2」計画が進められている。この計画には大きな3つの目的があり、その中に1つに月面基地開発のための地盤内調査がある¹⁾。地盤内調査のためには1m程度のボアホールを形成する必要がある、本研究ではスクリーオーガ刃を用いたアースオーガ掘削工法を採用した。既往の研究では、月面モデル地盤に対して複数のスクリーオーガ（以下、オーガと呼ぶ）を用いて様々な条件で試験を行い、その結果を比較したところ、オーガの刃の角度、刃間の距離といった形状によって掘削にかかる抵抗値に差があることが分かった²⁾。また、その抵抗値が小さい値をとるオーガ形状、掘削条件も求めることができた。さらに、オーガにおいて掘削時の排土性能が最も高い値を示す条件についても求めている³⁾。しかし、十分なボアホール形成には至っていない。そこで、掘削深さとボアホール形成の関係やオーガの形状が与える排土性能の違いについて検討を行う。

2. 試験方法・結果

本研究で用いるオーガ工法は、回転の力を利用して排出を行うことができる。試験では長さ 50cm のステンレス製のオーガ（図-1）を使用している。また、本研究では、上昇下降操作が行えるフレームに小型回転掘削機を装着して試験を行う。小型掘削機は、掘進速度調整装置と回転速度調整装置を用いて操作を行う。所定の掘削深さまで掘削した後オーガを引き抜き、地上に排出された土とオーガ上に堆積した土をそれぞれ計測する。試験試料としては、レゴリスシミュラント（FJS-1）を使用し、月面モデル地盤の相対密度は90%で全試験を行った。

このオーガ掘削によるボアホール形成の実現性を確認するために、アクリルパイプ（図-2）を用いた掘削試験を実施した。アクリルパイプをボアホールの孔壁と仮定することで、ボアホールの形状が明確になる。また、地上に排出された土はボアホールに戻るこ

がないので、純粋なオーガの排出能力を検証できると考えた。今回の試験では小型掘削機の芯が若干ぶれてしまったため、オーガの直径は5cmであるが、内径6cmのアクリルパイプを使用した。しかし、掘削機の芯がぶれないことを想定すると、理想の形である内径5cmのボアホールを形成できると考えられるので、ボアホールの内径は5cmと仮定して排出土量の割合を算出した。ここでいう排出土量の割合とは、アクリルパイプ内の所定の深さまで入っている土を100%としたときのボアホール外に排出された土の割合である。試験結果を図-3に示す。掘削深さが10cm伸びる毎に約2%ずつ排出土の割合が増加していることが分かる。このままの増加率で行くと、オーガの長さ次第で1m程度のボアホールの形成は可能であることが分かった。

3. 排土性向上方法の提案・検証

オーガによる掘削において、①ボアホール外に排出された土がボアホール周辺に堆積し、オーガを引き抜いた際にボアホール内に落下すること、②所定の掘削深さに到達した後オーガを引き抜く際、オーガ刃上



図-1 ステンレス製オーガ



図-2 アクリルパイプ

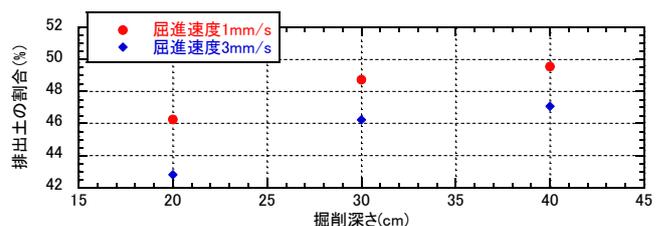


図-3 アクリルパイプ試験結果

の土がボアホール内に落下すること、の 2 点が問題点として挙げられる。そこで、①に対するアプローチとして円錐型の円盤（以下、円盤と呼ぶ、図-4、5 参照）の設置、②に対するアプローチとして外郭壁付オーガ（以下、壁付オーガと呼ぶ、図-6 参照）を作製した。

円盤設置による試験は、掘削深さ 40cm、月面モデル地盤には直径 20cm、高さ 50cm の円柱状のカラムを使用して試験を行った。結果を図-7 に示す。全ての場合においてオーガ刃上の土量はほぼ同じ値を示したが、排出土量に関しては、円盤を設置した場合の方が約 5% 増加した。排出土が円盤周辺に堆積すると予想していたが、円盤上に堆積し、排出土がボアホール内に落下する結果となった。円盤の高さと幅の最適化を検証することで、排出能力の向上につながると考えられる。

壁付オーガによる試験は掘削深さ 15cm、月面モデル地盤には直径 50cm、高さ 25cm の円柱状のカラムを使用している。結果を図-8 に示す。通常のオーガに比べ、オーガ刃上の土量は約 4 倍の値をとったが、排出土量に関しては約 4 割と低い結果となった。また、試験途中において、排出がうまく行われていない様子が目視で確認できた。壁付オーガの場合は、運搬土と摩擦のかかる面が孔壁とではなく外郭壁と接している面に発生する。外郭壁は削れることがないため、その面に大きな摩擦がかかり、運搬がスムーズに行えなかったのではないかと考えられる。また、本試験では排出土量を調べるために、モデル地盤の上にアクリル板をのせて試験を行った。壁付オーガで試験を行った際に、すべての試験で外郭壁がアクリル板に引っ掛かり、排出土がアクリル板の下に入り込んでしまった。この影響により、排出土を他の場合同様に計測することができなかった。

4. おわりに

本試験により、オーガ掘削によるボアホールの形成が可能であると考えられる。円盤設置による掘削は、円盤の高さと幅の最適化を行うことでより排出能力が向上するだろう。また、壁付オーガによる掘削は、排出がスムーズに行えていないことから、更なる改善が必要である。今後の課題として、新たな掘削手法、オーガ形状の開発、小型掘削機の改善が必要である。

謝辞

本研究において、若林幸子氏（JAXA）、小林泰三氏（福井大学）にはご支援と多くのご助言を頂いた。記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) JAXA, 月着陸探査機「SERENE2」, <http://www.jspec.jaxa.jp/activity/selene2.html>, 2013.1.29.
- 2) 北脇慎太郎: スクリューオーガによる月面模擬地盤に対する掘削性能の検証, 2011 年立命館大学卒業論文, pp.44-45, 2011.
- 3) 伏見康介: スクリューオーガによる月面地盤掘削に関する実験的考察, 2010 年立命館大学卒業論文, p.45, 2010.

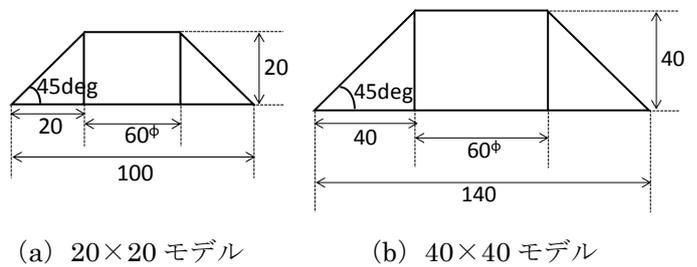


図-4 円盤の寸法 (mm)

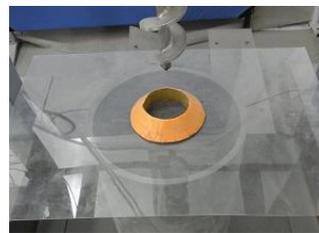


図-5 円錐型円盤



図-6 外郭壁付オーガ

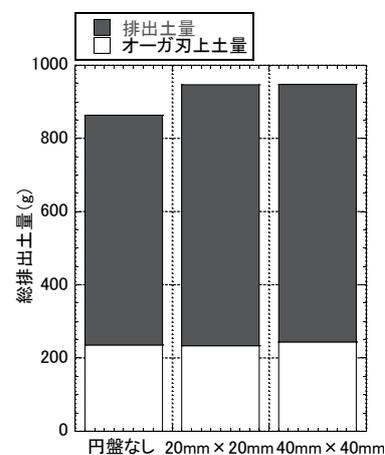


図-7 円盤設置による
試験結果

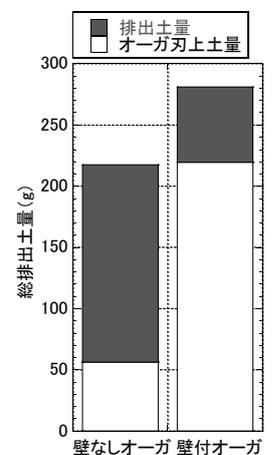


図-8 壁付オーガ
による試験結果