

高压下における火山灰質土の締固めと破碎の特性に関する研究

大成建設株式会社 正会員○秋元宏仁

東京都市大学 正会員 末政直晃, 伊藤和也 学生会員 柴野勝弘

宇宙航空研究開発機構 正会員 金森洋史

東急建設 非会員 柳原好孝, 張媛

日東製網 非会員 鈴木勝也

1. はじめに

現在, 世界各国で月や火星での探査計画が進められている. その中で特に火星探査の一時拠点や宇宙空間の実験, 新たな資源の利用の目的で月面基地計画に注目が集まっている. 月面に基地を建設する上でいくつかの課題が存在する. それは月面には水が存在しないため, セメントのような材料が使用できないことや, 月までに物資を輸送するのに莫大なコストがかかってしまうことである. そこで地産地消を目的に, レゴリスと呼ばれる月面表層土を圧縮し, 建設資材として利用する方法を提案する. しかし, レゴリスの圧縮特性や, 圧縮による固結メカニズムは解明されていない. そこで, 乾燥させた火山灰質土の圧縮特性や固結の把握, 固結メカニズムの解明を目的として, 一連の試験を実施した. レゴリスの生成過程や成分が火山灰に類似していることから, 鹿児島県軽石を検討試料に用いた.

本発表は火山灰質土の圧縮特性や粒子破碎状況を一次元圧縮試験や粒度試験により, 固結試料の強度特性を押し抜きせん断試験により検討し, その結果について述べる.

2. 一次元圧縮試験

本試験は土粒子密度が 2.489g/cm^3 で, 粒径 $0.15\text{mm} \sim 0.3\text{mm}$ に粒度調整された絶乾状態の鹿児島県軽石を使用した. それを圧密試験機に圧縮後の高さが 0.5cm となるように適量投入する. 試験では圧縮する圧力を $1\text{MPa} \sim 100\text{MPa}$ と変化させて比較を行った. 図-1, 図-2 に軽石の圧縮圧力の変化による $e\text{-logp}$ 曲線を, 図-3 に $e\text{-logp}$ 曲線の傾きをそれぞれ示す. 圧縮圧力の増加に伴って間隙比の低下傾向が変動し, $e\text{-logp}$ 曲線が逆 S 字を描くことが分かる. そこで $e\text{-logp}$ 曲線の傾きにおける変曲点に着目し, $e\text{-logp}$ 曲線が折り曲がり始め, 傾きの増加率が上昇する圧力を p_1 , $e\text{-logp}$ 曲線の間隙比の減少傾向が収束し始め, 傾きが最大となる圧力を p_2 , $e\text{-logp}$ 曲線の間隙比の減少が収束し, 傾きに変化しなくなる圧力を p_3 と設定した. そこで p_1 , p_2 , p_3 と粒子破碎と固結の関係を調査するために粒度試験や押し抜き

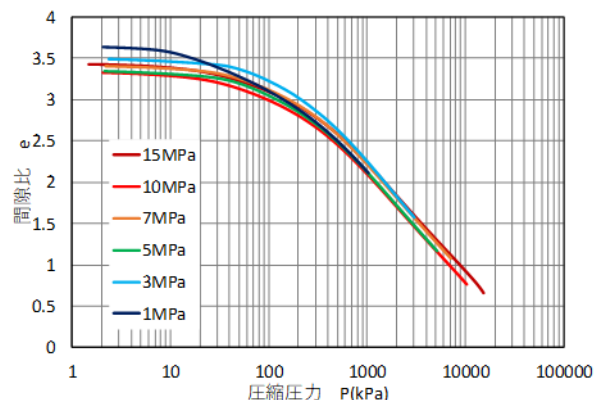


図-1 鹿児島県軽石の $e\text{-logp}$ 曲線 (1)

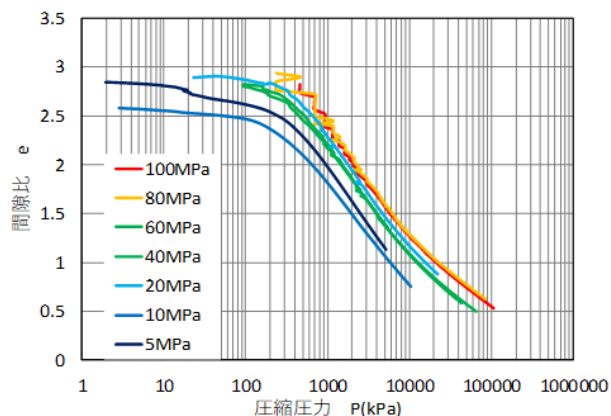


図-2 鹿児島県軽石の $e\text{-logp}$ 曲線 (2)

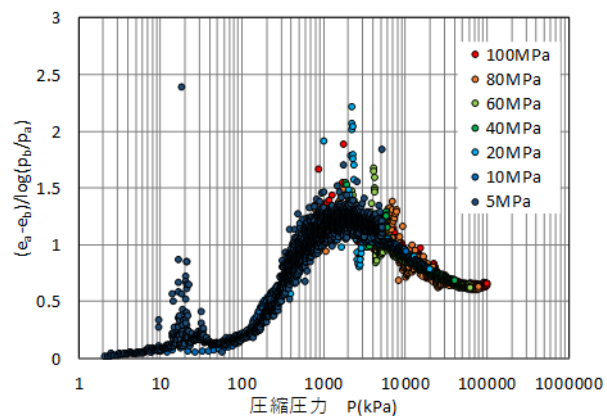


図-3 $e\text{-logp}$ 曲線の傾き

キーワード 火山灰質土 一次元圧縮試験 粒子破碎

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-2202 E-mail:akimo1187@gmail.com

せん断試験を実施した。

3. 粒子破碎評価

圧縮後の試料を一度ほぐしてヴァーダー・サイエンティフィック株式会社製のデジタル画像解析式粒子径分布測定装置を使用して粒度試験を行った。図-4に各圧縮圧力の粒度分布を示す。これより圧縮圧力の増加と共に粒子破碎が促進されることが分かる。そこで圧縮曲線と粒子破碎の関係を示すために、粒子破碎の程度を数値的に評価した。ここでは福本ら¹⁾による粒径加積曲線の15%径の減少(D_{15}'/D_{15})を粒子破碎評価指標として使用した。図-5に D_{15}'/D_{15} の減少傾向を、図-6に D_{15}'/D_{15} とe-logp曲線の比較をそれぞれ示す。図-5から p_2 で D_{15} の減少率が低下しており、 p_3 以上の圧力では D_{15} の減少が完全に収束していることが確認できる。よって p_2 は破碎収束圧力であり、 p_3 は破碎終了圧力であることが示唆される。さらに D_{15}'/D_{15} が1になる圧力を推測すると概ね p_1 と一致した。これより粒子破碎が開始される圧力は p_1 であると示唆される。以上からe-logp曲線により粒子破碎をある程度評価できることが確認できた。

4. 押し抜きせん断試験

鹿児島県軽石は圧縮により固結が確認できたため、圧縮後の試料を直径2cmの棒により押し抜き、押し抜きせん断試験を実施した。その時の最大押し抜きせん断強度を図-7に示す。鹿児島県軽石は圧縮圧力5MPaで固結が確認できたため、その時の最大せん断応力を固結開始強度と定義した。粒子破碎による固結は圧縮により細くなった粒子がインターロッキングされることにより生じると推測される。固結開始圧力は破碎収束圧力 p_2 と一致することが確認できた。また、最大せん断応力は破碎終了圧力 p_3 まで増加したが、それ以上の圧力では低下することが分かる。この強度低下は過剰な圧縮によりインターロッキングされた骨格が崩れたものと考えられる。これらよりe-logp曲線から固結の程度を評価できることが確認できた。

5. まとめ

一次元圧縮試験や粒度試験、押し抜きせん断試験より鹿児島県軽石の圧縮特性や強度特性を把握した。それらから一次元圧縮試験より得られたe-logp曲線において粒子破碎や固結がある程度評価できることが確認できた。

本研究はJSTイノベーションハブ構築支援事業に基づくJAXA宇宙探査イノベーションハブとの共同研究「液体を使わない建設資材の現地生産技術の研究」として実施したものである。

参考文献

1) 福本武明：粒子破碎の程度を示す指標，土と基礎，Vol.29 No.12 pp.64-65 (1981.12)

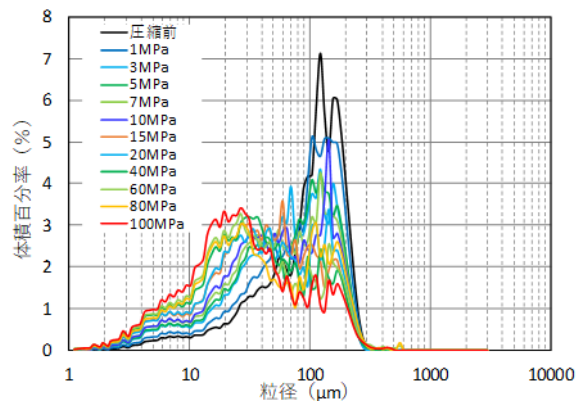


図-4 粒度分布

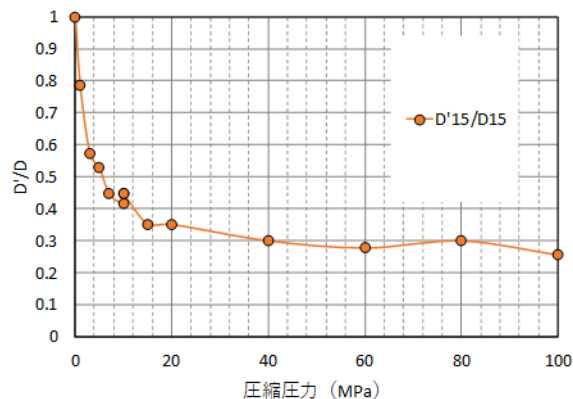


図-5 D_{15}'/D_{15} の減少傾向

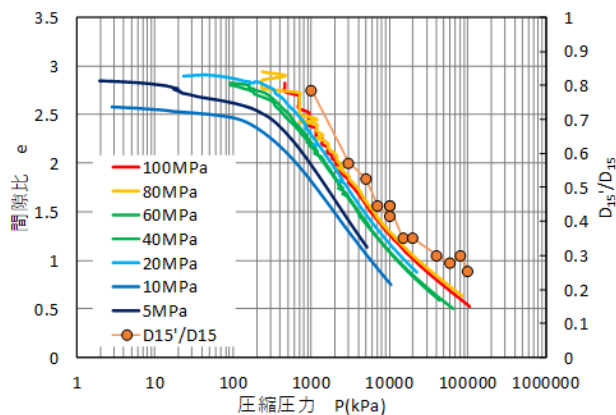


図-6 e-logp 曲線と D_{15}'/D_{15}

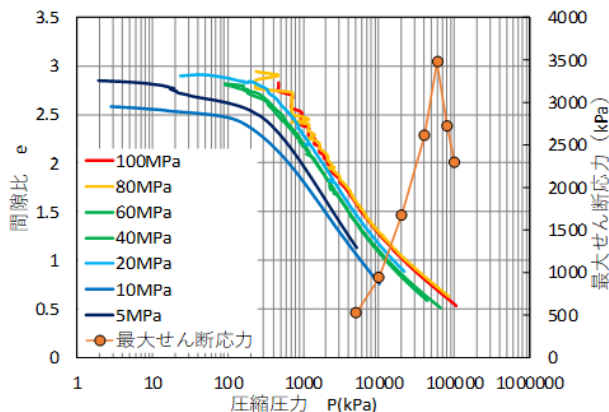


図-7 e-logp 曲線と最大せん断応力