

島尻層群泥岩の微生物風化に関する研究:一軸圧縮強さと風化期間の関連性

琉球大学大学院 学生会員 ○松崎 史明
 琉球大学大学院 学生会員 広瀬 孝三郎
 琉球大学 正会員 松原 仁

1. はじめに

土の強度は地質・破碎状態・風化・亀裂・固結程度・地盤の物理的特性・膨張性・湧水状態など多くの物理的・化学的・生物学的作用素によって特徴付けられ、実社会においても考慮されている。しかしながら、これらの考慮のほとんどは物理的外乱によるものを対象としており、化学的・生物学的な作用に関しては無視される場合が多い。一見すると土の強度評価に無関係とも思える微生物であるが、近年の研究によりこれらが地形形成に与える影響は極めて大きいことが分かりつつある。Song¹⁾によると、土壌に普遍的に存在するバクテリアの一つである *Bacillus subtilis* が花崗岩を風化させ、微細な穴を形成させる。また、微生物を用いた地盤改良の研究²⁾なども数多く行われてきている。上記のことを踏まえると、微生物が自然界の土または地盤の力学挙動に与える影響は大きいと考えられる。このことは、地盤の浸食に関する配慮されるべきひとつの要因であることを示している。このような状況下において、本研究では、土壌中の微生物が土の強度に及ぼす影響度合いについて調査した。具体的には、微生物の存在と粘土供試体の一軸圧縮強さとの関連性を明らかにする。なお、微生物は影響度合いの即効性を考慮し、写真1に示す乳酸菌を用いることにした。

2. 実験方法

本研究では粘土試料として沖縄県に広く分布する島尻層群泥岩(4.75mm ふるいを通したもの)、微生物は市販の乳酸菌を用いた。供試体は突き固めによる土の締め固め試験(JIS A 1210)によって作成し、強度評価は一軸圧縮試験(JIS A 1216)に従って行った。

供試体は乳酸菌ありと乳酸菌なしの2種類を作製し、供試体における乳酸菌の反応と時間経過による変化を比較するために、15日間隔で5回の(15日、30日、45日、60日、75日)試験を行った。また、1回の試験で乳酸菌あり・なしでそれぞれ5個の供試体を使用し、データのばらつきを抑えるために、最大応力の平均値から遠い2個を除き、残る3個を有意とした。

3. 実験結果

3.1 含水比

本研究では、供試体中の水分の蒸発を防ぐために、不透水性のラップにて供試体を保管した。経過時間と含水比との関係を図1に示す。なお、Lは乳酸菌あり、NLは乳酸菌なしの供試体を表している。図1より、得られた含水比はほぼ一定であり、本手法にて水の蒸発を防げていることがわかる。

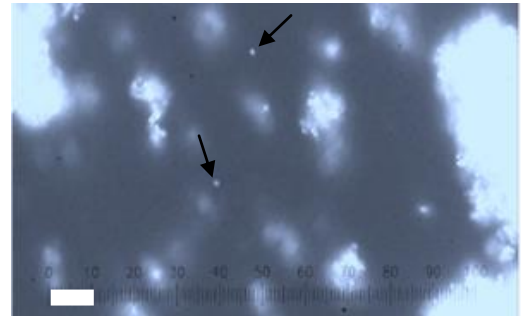


写真1 本実験で用いた乳酸菌、白線:0.1mm

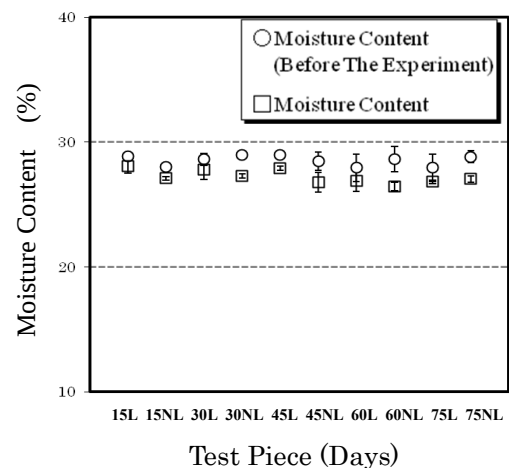


図1 経過時間と含水比の関係

3.2 供試体

写真2に乳酸菌を注入した15日から75日までの供試体をそれぞれ1個ずつ、写真3にその破壊状況載せた。写真2より、15日の供試体のみ表面が粗くなっている様子がわかる。また、写真3より、15日の供試体の破壊は他と比較して激しく生じていることがわかる。

3.3 応力-ひずみ曲線の比較

一軸圧縮試験で得られた応力-ひずみ関係を図2に示す。(a)は乳酸菌あり、(b)は乳酸菌なしの場合である。図2(a)より、15Lの最大応力は83 kPaであり、30L、45L、60L、75Lに関してはほぼ同値の最大応力(それぞれ209 kPa, 219 kPa, 209 kPa, 204 kPa)が得られた。一方、図2(b)より、乳酸菌なしの場合は、経過時間に関わらず、ほぼ一定の最大応力値を示した。

図2(a)の15Lの最大応力のみが低いことに関して、乳酸菌が島尻層群泥岩を分解したためであると考えられた。微生物による土壌の分解は、一般に微生物溶解(BMD)³⁾として知られており、本研究においても島尻層群泥岩の土粒子間構造が破壊されることによ

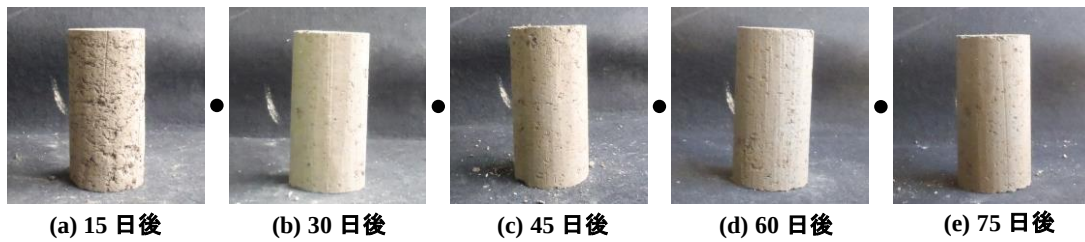


写真2 実験時、実験後のL供試体（乳酸菌あり供試体）

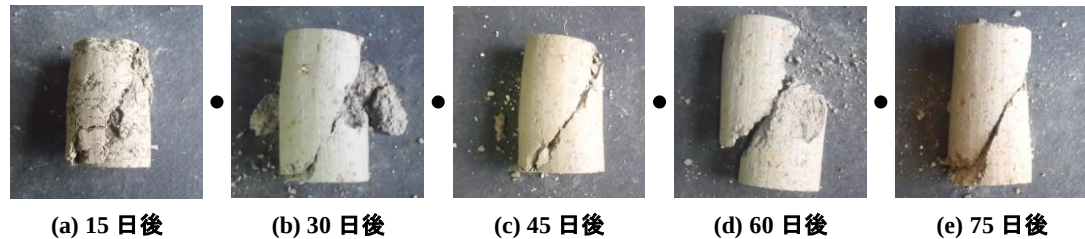
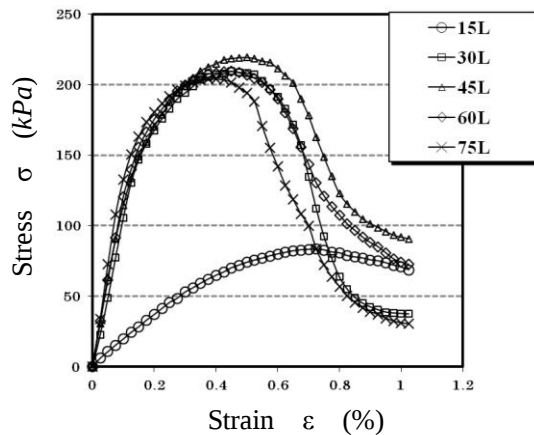
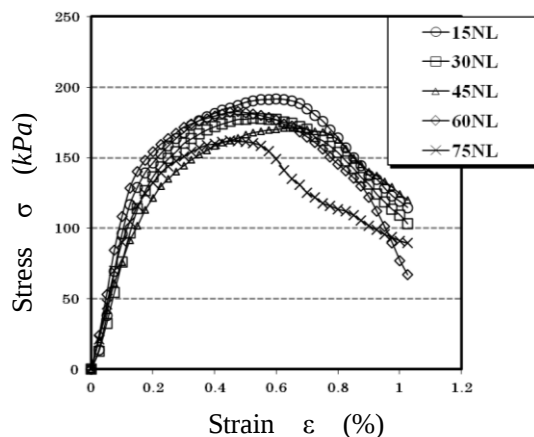


写真3 実験時、実験後のL供試体（乳酸菌あり供試体）



(a) Stress - strain curve (L)



(b) Stress - strain curve (NL)

図2 応力とひずみの関係

り強度が低下したと考えられた。このことは写真2に示したトリミング時の15Lの供試体の表面が15日以降の反応日数を有する供試体と比べて粗面になっていたということを考慮しても理解できる。つぎに、図2(b)に対して図2(a)の30L, 45L, 60L, 75Lの最大応力が高くなっている。この原因に関しては、

微生物の溶解活動停止による粘性の増加ということが考えられる。

すなわち、15日以降の供試体では、乳酸菌が死滅し、そして、乳酸菌によって、分解された土粒子は、チキソトロピー⁴⁾によって土粒子構造を再構築し、粘性が増加したと考えられた。乳酸菌が死滅することにより微生物の溶解活動が止まり、その後チキソトロピーにより強度が増加したと考えられる。

おわりに

本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) 粘土供試体に乳酸菌を注入すると15日目までは一軸圧縮強さは下がった。これは微生物溶解により土粒子間の構造が破壊されたためだと考えられた。
- (2) 15日目以降の乳酸菌を注入した粘土供試体は一軸圧縮強度が上がった。これは乳酸菌が死滅し、微生物溶解の活動が止まることで、チキソトロピーによるものだと考えられた。

参考文献

- 1) W. Song, N. Ogawa, C.T. Oguchi, T. Hatta, Y. Matsukura, Effect of Bacillus on granite weathering, A laboratory experiment, 2007.
- 2) 土屋 慧, 細尾 誠, 畠 俊郎: 微生物機能を用いた土の強度増加に関する基礎的検討, 土木学会中部支部研究発表会, 2009.
- 3) 河野 元治, 富田 克利: スメクタイトの微生物溶解, 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, 2003.
- 4) 林 唯一, チキソトロピーによる地盤の液状化—新潟地震噴砂・変形堆積構造を例として—, 地質学論集, No.27, pp.55-69, 1986.