

粘土の物理化学的特性と圧縮特性に及ぼす微生物等の影響について

長崎大学工学部 学生会員 ○山添 敦 長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖
長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静 正会員 杉本 知史 李 博

1. はじめに

近年、生活環境・様式の変化から様々な環境問題が発生しており日本の土壌環境も例外ではない。改善のための様々な地盤改良技術はこれまでも考案されてきた。また、日本では一般土壌において、1gあたり $10^7\sim 10^9$ 匹の微生物が含まれている¹⁾。様々な土に乳酸菌や光合成細菌を混合することでコンシステンシー特性が変化することは明らかにされている²⁾。そのため、今後は様々な微生物について地盤の工学的特性に与える影響を明らかにしコスト面や環境面を考慮していくことがより必要になると考えられる。本研究では、干潟の腐敗化やため池のヘドロ堆積などの地盤環境問題に対して微生物機能等を利用した地盤改良の有効性を明らかにし、実験により評価することを目的とする。本報では微生物等の散布を行うことによって、粘土の物理化学特性と圧縮特性にどのような影響を与えるかを実験的に明らかにする。

2. 試料

本研究で用いる粘土は模擬的に作成したもので、有明粘土 3000g に有機分として植物（イタドリ）300g を加え嫌気状態にして腐敗させたものを用いる。微生物は身近に存在し、容易に培養できる乳酸菌・光合成細菌を用いる。フルボ酸は有機物の腐敗抑制効果、脱臭・消臭効果が期待されるため用いる³⁾。また、腐葉土にはフルボ酸やフミン酸などの腐植物質が含まれているため比較のために用いる³⁾。

3. 腐敗粘土を用いた試験

試験では蒸留水、光合成細菌、乳酸菌、フルボ酸、腐葉土を腐敗粘土にそれぞれ散布し、温度 30°C、湿度 90% の恒温恒湿槽において 1 週間養生する。各試料 400g に対して、初期の含水状態を考慮し、蒸留水、光合成細菌、乳酸菌、フルボ酸は各 4g を、腐葉土は 16g を添加する。作製した試料を用いて化学的特性である pH 試験・電気伝導率試験を、物理的特性である液塑性試験と圧密試験を行う。

3.1 pH 試験・電気伝導率試験

各微生物を加えた化学特性を比較するため、pH 試験と電気伝導率試験を行う。微生物等の原液の pH は、光合成細菌が 8.28、乳酸菌が 3.16、フルボ酸が 2.62 であった。非乾燥法によって試料を準備する。含水比を測定後、乾燥質量に対する水の質量比が 5 になるように水を加え、攪拌棒で懸濁させ、30 分程度静置した後に pH・電気伝導率計を用いて測定する。その結果を表-1 に示す。各試料を粘土に加えることにより pH、電気伝導率ともにわずかな変化が見られた。

表-1 各試料の pH・電気伝導率

添加材料	水	乳酸菌	光合成細菌	フルボ酸	腐葉土
pH	6.75	6.76	6.86	6.88	7.10
電気伝導率 (mS/cm)	3.32	3.55	3.30	3.45	3.41

3.2 液塑性試験

表-2 に粘土のコンシステンシー特性を、図-1 にそれぞれの塑性指数の値を塑性図にプロットしたものを示す。図のように、液性限界においてフルボ酸を散布した場合に、特に高くなる傾向が見られる。塑性限界においてはフルボ酸、光合成細菌、腐葉土を加えた場合に、特に高くなっている。乳酸菌を散布した場合には液性限界、塑性限界共に蒸留水を散布した場合と大きな違いは見

表-2 粘土(400g)に各添加材料を加えた後のコンシステンシー特性の変化

添加材料	水(4g)	フルボ酸(4g)	乳酸菌(4g)	光合成細菌(4g)	腐葉土(16g)
液性限界(ω_L)	159.4	179.5	159.9	164.9	164.6
塑性限界(ω_P)	59.9	66.7	60.6	64.9	65.1
塑性指数(I)	99.5	112.8	99.3	100.0	99.5

る。特に高くなっている。乳酸菌を散布した場合には液性限界、塑性限界共に蒸留水を散布した場合と大きな違いは見

られない。また、液性限界と塑性限界の差をとった塑性指数においてはフルボ酸を散布した場合に大幅に高くなる傾向が見られた。

液性限界は土の圧縮性の指標として用いられている。つまりフルボ酸、光合成細菌、腐葉土を散布した場合には土の圧縮性が高くなっていることが考えられる。圧縮性が高くなったのはフルボ酸のもつイオン交換特性により粘土内の化学構造が変化した³⁾ためではないかと考えられる。

3.3 圧縮特性

各試料を散布した粘土の圧縮特性を調べるために圧密試験を行った。圧密試験は JIS A 1217 に則って行い、供試体はスラリー状の粘土をそのまま圧密容器に流し込んで作製した。載荷応力は 1.8kPa、3.7kPa、8.5kPa、18.0kPa、37.1kPa、75.3kPa の六段階で行った。そこで得られたデータを元に圧縮指数を算出した。図-2 に得られたデータの一つである圧密降伏応力を、図-3 に各散布試料と圧縮指数 C_c との関係を、表-3 にそれぞれの圧密前後の含水比を比較したものを示す。図-2 より、微生物等を散布することでより低い応力で降伏点に達することが分かる。図-3 を見ると各試料を散布した粘土は蒸留水だけを加えたものと比べて圧縮指数が低下していることが分かる。これは圧密降伏応力が小さくなったために、早い荷重段階から圧縮傾向に変化が見られたためであると考えられる。また、表-3 からは微生物等を加えた場合に蒸留水だけを加えたものに比べて、圧密後に含水比が低下する割合が大きくなっていることがうかがえる。以上のことを踏まえると、微生物等を散布することによって同じ応力で圧密された場合に間隙中の水分がより多く排出され、圧縮量が大きくなっている。

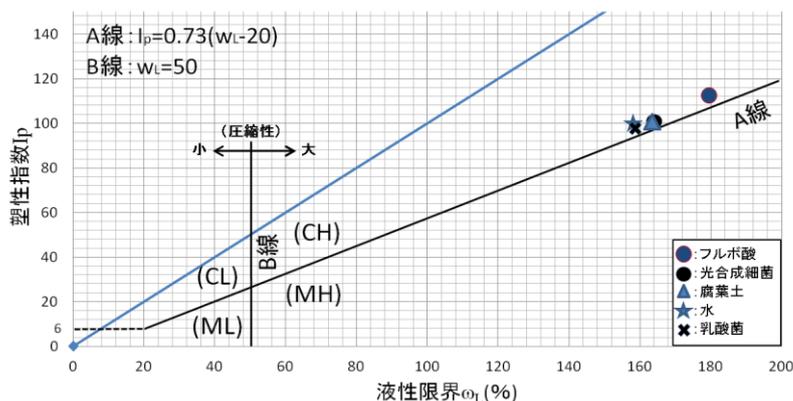


図-1 塑性図

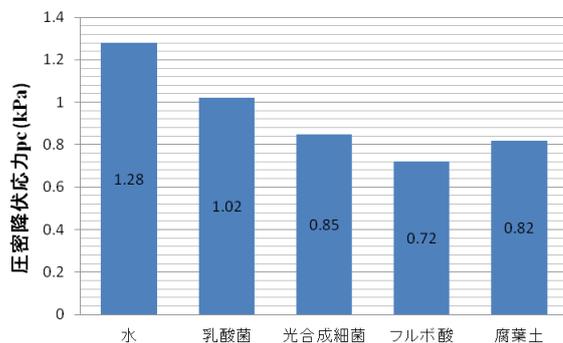


図-2 圧密降伏応力 p_c (kPa)

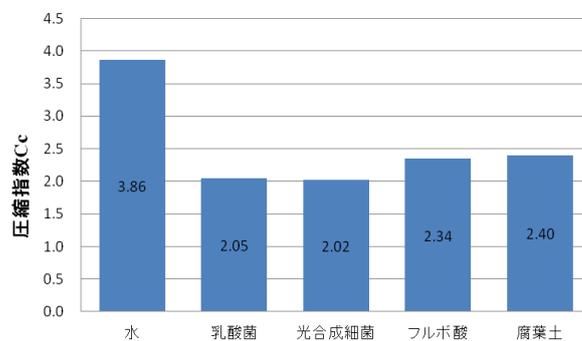


図-3 圧縮指数 C_c

表-3 圧密前と圧密後の含水比の比較

添加材料	水	乳酸菌	光合成細菌	フルボ酸	腐葉土
圧密前含水比 (%)	296.1	274.4	287.7	263.8	273.9
圧密後含水比 (%)	200.9	179.3	192.6	151.3	163.5

4. おわりに

本研究において、光合成細菌・乳酸菌・フルボ酸・腐葉土を粘土に散布することで液性限界は大きくなり、圧密降伏応力、圧縮指数が低下することが示された。微生物やフルボ酸などの腐植物質を粘土に添加すると圧密後の含水比が低下するため、ヘドロ状地盤の改良や運搬時の利便性向上などが期待できると考えられる。今後は、様々な微生物を調べることで地盤特性に影響を与える微生物が特定され、コスト面や環境面に配慮した地盤改良が可能になると考えられる。

- 【参考文献】
- 1) 微生物の代謝活動による固化する新しいグラウンドに関する基礎研究、応用地質、第47巻、第1号、2-12頁、2006
 - 2) 堤大地：地盤特性に及ぼす有用微生物の影響について、土木支部西部学会、2015
 - 3) 鈴木邦威：環境・健康改善の特効剤「腐植土・フルボ酸」の基本と応用、2011