

団粒構造の形成による底泥の力学特性の改善

九州産業大学 学生会員 徳永 哉
ワールド・リンク 非会員 藤 龍一

九州産業大学 正会員 林 泰弘
九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

沖縄県では降雨等の影響で赤土等が農地から川や海等に流れ出し植物や動物に被害を与えている。農地の末端に沈砂池を設置して赤土等の流出防止対策としている場合がある。しかし、沈砂池に土砂が堆積し沈砂池の機能が果たされなくなっているもの多い。筆者らは沈砂池に堆積した底泥を農地に活用できるように改良することを目的に研究を行っている。本研究では泥土に耐水性団粒構造を形成することを第一の目標に、改良した底泥の pH、締固め特性、土壌硬度、透水性を検討した。

2. 試料および改良材

沖縄県の代表的赤土である「国頭マージ」を対象試料とした。手島ら¹⁾が対象とした沖縄県金武町屋嘉の沈砂池底泥（屋嘉底泥）の物理特性と合わせて表 1 に示す。国頭マージは、屋嘉底泥に比べて礫分は多いが砂分が少なく、シルト分・粘土分は近い値である。液性限界は、国頭マージの方が大幅に低い値となった。

改良材は、無機系泥土改良材 (DSQ)、マグネシウム系固化材 (GM)、珪藻土 (K) を使用した。無機系泥土改良材は、主にカオチン系のポリマーを含み、短時間で凝集・団粒化が可能で中性である。マグネシウム系固化材は低濃度の重金属不溶化材とともに、強度の発現も可能で、pH は弱アルカリで 9~10 程度である。珪藻土は、珪藻遺骸の堆積物が起源の土であり、粉末の乾燥品を用いた。空隙率が多く液体を吸収する特徴である。

3. 泥土の改良

底泥の含水比は液性限界かそれ以上である事も多いため、国頭マージの含水比を液性指数 (I_L) が $I_L = 1, 2$ となる、 $w=50, 3\%, 73.3\%$ に調整して使用した。

屋嘉底泥を用いた配合実験¹⁾では無機系泥土改良材 (DSQ) を 10

表 1 物理特性

	国頭マージ	屋嘉底泥
自然含水比 W_n	19.4	151.0
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.777	2.73
礫分 (%)	13.9	0
砂分 (%)	20	30.9
シルト分 (%)	25	25
粘土分 (%)	41	44
液性限界 (%)	50.94	151.2
塑性限界 (%)	28.69	33.4
塑性指数 I_p	22.24	117.8
地盤材料の分類名	礫まじり砂質土シルト	砂質粘土 (高液性限界)
分類記号	MH-G	CH-S

表 2 配合表

配合NO.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
設定含水比 (%)	73.3	73.3	73.3	73.3	50.9	50.9	50.9	50.9
DSQ (kg/m^3)	10	10	10	10	10	10	10	10
K (kg/m^3)	0	25	15	0	0	25	10	0
GM (kg/m^3)	0	0	15	30	0	0	15	30
pH	6.84	6.73	9.74	10.34	7.34	7.06	9.59	10.57

kg/m^3 添加することで団粒構造が形成され泥土改良効果が十分得られたが、長期的な団粒構造の維持や pH をより中性に近づけることが課題に挙げられたため、耐水性団粒を発現させること、GM の添加量を抑えた配合を検討するため表 2 に示した配合での改良効果を検討した。

4. 75 mmふるいを通した国頭マージを所定の含水比で泥状にし、所定の改良材を添加し、手で揉むように混合を行った。マグネシウム系固化材を使用する配合は効果が発揮するには養生が必要なため、20℃恒温庫 (20℃±3℃) で一週間密閉養生した試料を実験に用いたがそれ以外は改良直後に実験試料とした。

表 2 の pH は「土懸濁液の pH 試験 (JGS 0211-2009)」に基づき測定した値である。未処理の国頭マージは pH=7.34 であり、DSQ のみと DSQ+K の配合では、大きな変化はなく中性に保つことができたがマグネシウム系固化材を利用した配合はアルカリ性を示した

4. 土壌団粒分析

改良土の団粒量を評価のため土壌団粒分析器を用いて対象土の団粒の大きさと質量を測定した。

粒子残留率と含水比の関係を図1に示した。良好な団粒量の判断基準²⁾である、1 mm以上の粒子残留率 $\geq 15\%$ 、0.5 mm以上の粒子残留率 $\geq 40\%$ の最低基準を図中の赤線に示しており、この線より上が良好な団粒量である。DSQ、DSQ+Kの配合では未処理と同等の残留率で団粒効果が見られなかったが、GMを添加すると耐水性団粒が発現している。pHの上昇を抑えるためにGMの添加量を減らし、Kを補う配合（配合③と⑦）も効果的であった。

5. 締固め特性

締固め試験は、「突固めによる土の締固め試験 JIS A 1210:2009」を参考に湿潤・繰返し試料を用いてA法で行った。図2の締固め曲線を見ると未処理土に比べて改良土の最適含水比はやや大きく、最大乾燥密度が低くなった。配合④と配合⑧は設定含水比のみ異なる配合であるが設定含水比の低い配合⑧の方が最大乾燥密度が高い値となった。また、改良土の締固め曲線は緩やかになっており、含水比の変化に対しても密度の変化が小さく、締まりすぎないことから農地に適していると考えている。

農地土壌において気相、固相、液相の三相分布の一般的な割合³⁾は、気相 15~25%、固相 40~50%、液相 25~45%である。これを飽和度に換算すると $Sr=40\sim 90\%$ となる為、締固め試験の結果から図3の飽和度と含水比の関係（Sr-w 曲線）を作成した。この図から読み取った飽和度 40%、60%、80%の含水比と、図2より得られる乾燥密度を以降の実験の供試体作製条件とした。

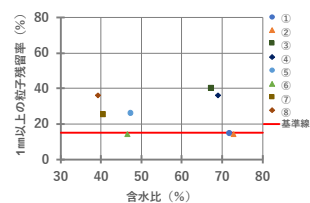
6. 土壌硬度

土壌硬度は植物根の伸長、透水性や通気性に影響する。山中式土壌硬度計（標準型）を採用し貫入量⁴⁾が 10~22 mmを目標値にしている。図4に飽和度と土壌硬度の結果を示した、飽和度によらず貫入量は目標値より大きい。締固め試験で用いた仕事量が大きいためであると考えている。

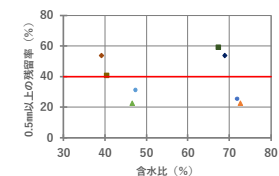
7. まとめ

耐水性団粒構造を形成するための配合を検討した。マグネシウム系固化材による pHの上昇を抑えるためにマグネシウム系固化材の添加量を減らし、珪藻土で補うことが効果的であった。団粒構造を形成することで締まり過ぎず、十分な強度が得られる可能性を示した。また、配合②と配合⑥の締固め試験と土壌硬度をもとめ、さらに「土の透水試験（JIS A 1218:2009）」によって透水性の検討を行い発表会で報告する。

参考文献：1) 手島ら：沈砂池底泥を農地に還元するための改良実験、平成 30 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp377-378, 2019.3 2) 吉田吉明：JAcom 農業協同組合新聞,第7回露地野菜・畑作の土壌診断と土づくり (3) 2009.9.4 3) 農林水産省：土壌診断の方法, (3) 土壌物理性, p 75 5) 松中照夫：農学基礎シリーズ 新版 土壌学の基礎 生成・機能・肥沃度・環境, (一社) 農山漁村文化協会, 2018.11.



(a) 1 mm以上の粒子



(b) 0.5 mm以上の粒子

図1 土壌団粒分析結果

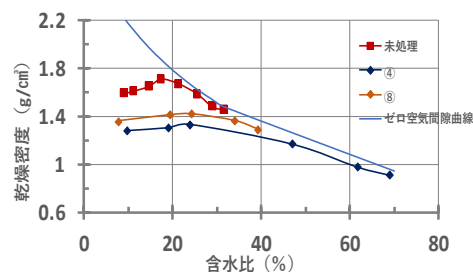


図2 締固め曲線

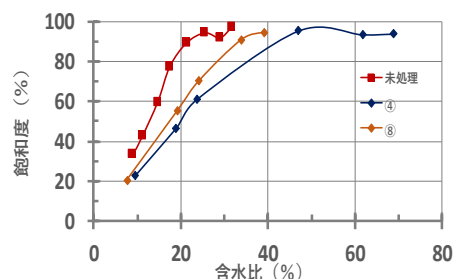


図3 Sr-w 曲線

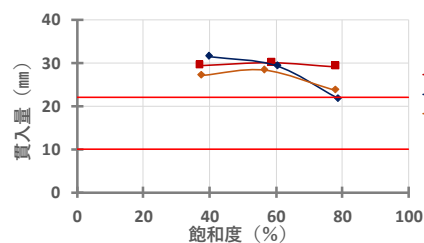


図4 土壌硬度試験結果