

赤土の固化乾燥処理による粒度改良と処理土の締固め特性

九州産業大学 工学部 正会員 ○松尾 雄治 ・ 正会員 林 泰弘
 ワールド・リンク 非会員 藤 龍一 ・ フェロー 山岡 礼三
 りゅうせき商事 非会員 大城 康一 ・ 非会員 百瀬 裕元

1. はじめに

沖縄は侵食されやすく流出しやすい土壌が県全体の約3分の2を占めており、その代表的な土壌である「国頭マージ」と呼ばれる赤土は、粒子が細かく分散しやすいために受食性が高く、透水性も低いことで濁水となって流出しやすい性質を持っている¹⁾。特に、開発工事に伴い表土を掘削すると降雨等の影響で泥水化した赤土の流出が激しく、河川の環境や海中のサンゴ礁の生育に被害を与えている。その背景から、沖縄県赤土等流出防止条例²⁾が公布され、赤土の流出防止として固化材等の添加による泥状化抑制や自然沈殿池への貯水等の対策がとられている。

本研究では、沈殿池に堆積している高含水比で軟弱な赤土を対象として、固化材等の添加による粒状固化処理を施し、粒度分布を改良することで再泥化を抑制することを目指したもので、処理した赤土を乾燥履歴の異なる条件で養生し、粒度分布および処理土の締固め特性をコーン指数から検討した再泥化抑制の効果を報告する。

2. 実験の概要

赤土(OT)は、沖縄県恩納村谷茶で採取された国頭マージで物理特性を表-1に示す。自然含水比状態では細粒分は固結しているものの、沈殿池での含水比は約70~90%と液性限界を超えており泥状化している。固化材は、高炉セメントB種(BB)、高炉スラグ微粉末(BSE)、生石灰(L)、セメント系固化材(SSA)、固化助剤には中性改良材(DSa)を用いた。

含水比を液性限界(w_L)またはその1.5倍($1.5w_L$)に調整した赤土に固化助剤を添加する場合は先にハンドミキサーで混合し、その後固化材を添加混合した。20±3℃の恒温庫内で7日間養生した後、コーン指数試験(JIS A 1228:2009)を行った。

今回は沈殿池に貯まった赤土の有効利用を目標としたため、含水比を $1.5w_L$ の泥土状態と設定したが、改良後も軟弱すぎてコーン指数が得られなかった。そこで、改良土を一旦乾燥することとし、まずは $1.5w_L$ に調整した赤土に固化材等を添加し均質になるまで手で混合した後、40℃設定の恒温庫内で養生した。養生開始直後から非密閉で乾燥したもの(直後乾燥)と養生3日目までは密閉し、その後非密閉にしたもの(3日後乾燥)を準備した。6日経過後に9.5mmまたは2mmふるいでほぐし、含水比を測定した後、以後の含水比変化が生じないように密閉養生した。

3. 処理土の見かけの粒度

降雨等により生じる泥状化を抑制するためには流出しやすい細粒分を減らせば良い。固化乾燥処理によ

表-1 赤土の物理特性(国頭マージ)

試料名称	赤土(OT)
土粒子密度 ρ_s g/cm ³	2.729
礫分(2~75mm) %	0.0
砂分(0.075~2mm) %	26.1
シルト分(0.005~0.075mm) %	29.9
粘土分(0.005mm未満) %	44.0
自然含水比 W_n %	20.9
液性限界 W_L %	55.3
塑性限界 W_P %	36.0
塑性指数 I_P	19.3

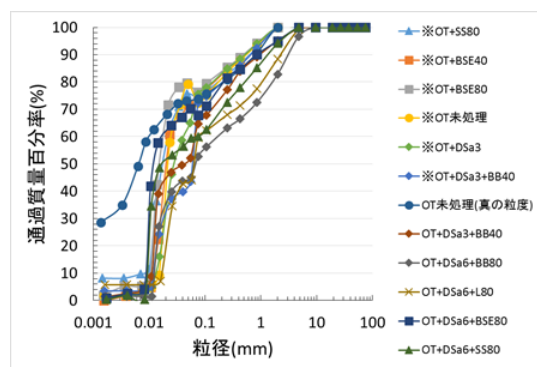


図-1 粒径加積曲線(直後乾燥養生)

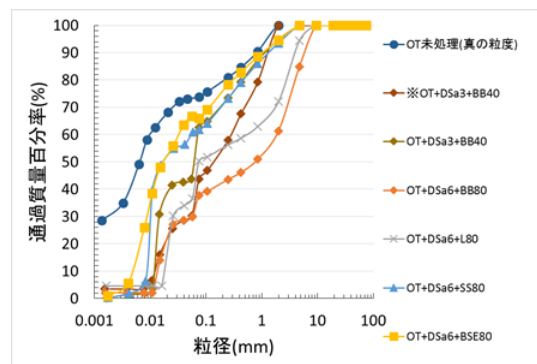


図-2 粒径加積曲線(3日後乾燥養生)

キーワード 赤土, 固化処理, 粒度分布, 細粒分含有率, 締固め特性, コーン指数

連絡先 福岡市東区松香台 2-3-1 九州産業大学工学部都市基盤デザイン工学科 Tel 092-673-5685 Fax 673-5093

て形成された団粒構造は、見かけの粒度と想定されるため、それを評価するために通常の粒度試験（JIS A 1204:2009）とは次の手順を変更した。まず、養生後の試料を 9.5 または 2mm ふるいを通過するように解きほぐした全試料を沈降分析に供した。その際、分散作業は過酸化水素による処理と分散剤の使用は行わず、環告 18 号試験と同様の液固比 10 で泥水状とした試料を振とう機で 1 時間または 6 時間攪拌した。沈降分析後に水中で 9.5～0.075mm のふるい分けを行った。

図-1 に直後乾燥、図-2 に 3 日後乾燥の粒度分析結果を示す。凡例は、2mm 通過試料の 6 時間振とうを※で示し、それ以外は 9.5mm ふるい通過試料の 1 時間振とうである。未処理土の見かけの粒度は真の粒度に比べるとかなり粒径が大きいことがわかる。さらに、同じ配合でも直後養生と 3 日後乾燥養生では後者の粒度が大きくなっている。

粒度分析結果から求めた細粒分含有率と粘土分の関係を図-3、4 に示す。両者はバラツキの範囲は広いものの相関があることがわかる。流出しやすい泥状化を抑制するには、細粒分と粘土分の両者を減らすことが望まれるが、固化乾燥処理により、特に粘土分を減らすと細粒分含有率が大きく低下することがわかり、粒度改良が有効な処理方法であると言える。

4. 処理土の締固め特性

養生 7 日で締固め試験を実施し、その時のコーン指数を測定した。未処理土は A-a 法および A-b 法、処理土はすべて A-b 法で実施した。図-5 の締固め曲線より未処理土（A-b 法）は最適含水比 $w_{opt} \approx 20\%$ であったが、固化助剤 DSA による改良土は $w_{opt} \approx 25\%$ と高く、最大乾燥密度は低くなった。固化助剤を添加することで、見かけの粒度分布が変化したためと考えられた。DSA と BB による改良土に関しては、改良直後において直後乾燥と 3 日後乾燥を比較すると後者の乾燥密度が低い。直後乾燥の場合、養生初期に含水比が低下することによって水和反応に必要な水分が不足し十分な固化が進まず、団粒構造の強度が発揮されなかったものと考えられる。

図-6 にコーン指数 q_c と含水比の関係を示す。DSA で改良したものが未処理土より q_c が低いのは DSA 混合によって形成された団粒構造はあまり強度が高くなく、乾燥密度が低い分強度が発揮されなかったと考えられる。見かけの粒度が大きくなったものはコーン指数も改善されており、粒度改良が効果的であると言える。

5. まとめ

赤土に固化材等を添加し乾燥することで見かけの粒径を大きくすることができ、コーン指数も改善できた。固化乾燥処理により粘土分や細粒分を減らすことができた。しかし、締固め時の乾燥密度が低くなり、配合や乾燥開始時期の違いによってコーン指数が低下することもあるため、さらに検討を進める必要がある。

【謝辞】本研究にあたり、実験およびデータ整理等を担当した本学平成 27 年度卒業研究生 田中 蓮 氏に謝意を表す。

参考文献 1) 沖縄県：赤土等流出防止条例関係, 2014. 8 2) 沖縄県：沖縄県赤土等流出防止条例, 1994. 10

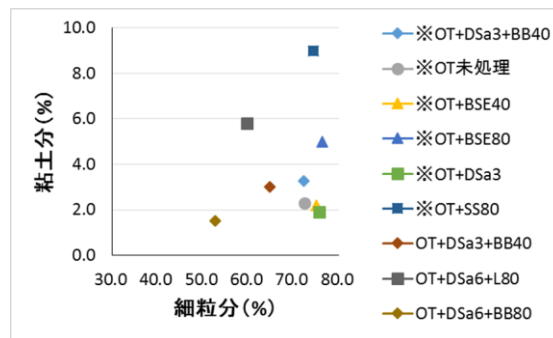


図-3 細粒分含有率～粘土分（直後乾燥養生）

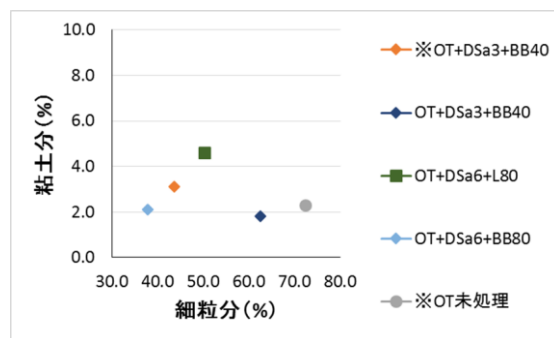


図-4 細粒分含有率～粘土分（3 日後乾燥養生）

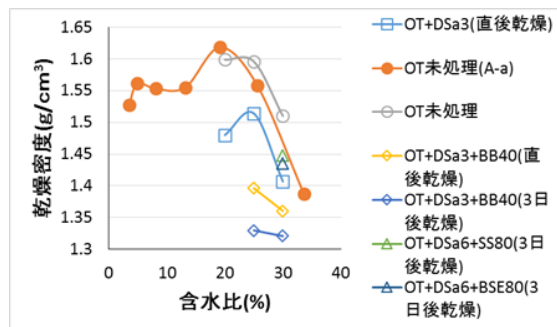


図-5 締固め曲線

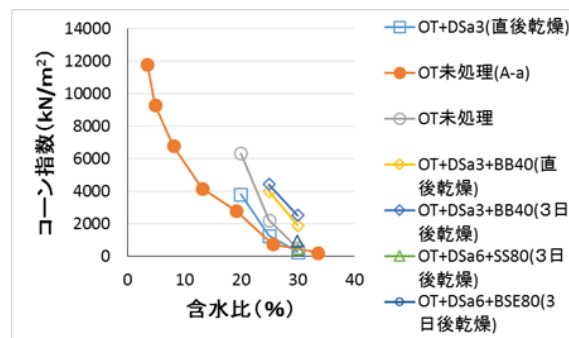


図-6 含水比～コーン指数