

赤土の土質安定処理による再泥化抑制の検討

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

1. はじめに

沖縄の土壌の 55%は「国頭マージ」と呼ばれる赤土で、粒子が細かく分散しやすいために受食性が高く、透水性は低いので、濁水となって流出しやすい性質を持っている。工事に伴う土砂流亡が激しく降雨などの影響で泥水化し陸域から河川や海域へと流出することで海のサンゴ礁や河川などの環境に被害を与えることから沖縄県赤土等流出防止条例²⁾が公布された。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などの対策がとられている。

本研究では沈殿池に堆積した赤土を固化材等によって処理することで粒度分布を改良し、再泥化を抑制することを目指し、処理した赤土を気乾燥したのちに含水比を調整して締固めた場合のコーン指数などから再泥化抑制効果の検討をした。

2. 土質安定処理の方法

赤土は沖縄県恩納村谷茶から採取されたもので物理特性を表 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、沈殿池における赤土の含水比は 70~90%程度で液性限界を超え、泥状化している。

固化材として高炉セメント B 種(BB)、高炉スラグ(BSE)、酸化マグネシウム系固化材(KM)、製鋼スラグ(SS)、生石灰(L)、固化助剤として中性改良材(DSa)を用いた。

液性限界(以下 w_L)またはその 1.5 倍($1.5w_L$)に含水比を調整した赤土に固化材を 80 または 120kg/m³ 添加し、ハンドミキサーで混合した後、20℃に設定した恒温庫で 7 日間養生した。養生後、JIS A 1228 : 2009 に基づいてコーン指数試験を行った。含水比 $w = 1.5w_L$ ではどれも軟弱で締固めが出来なかった。 $w = w_L$ では BB と SSA のみ締固めが可能で 80 kg/m³ の添加でも十分なコーン指数が得られた(図-1)。固化材の種類 (BB, SSA) の違いは見られなかった。

本研究では沈殿池の赤土をそのまま改良し、改良後に乾燥を待つて利用することを想定したため、赤土の含水比は $1.5w_L$ とした。含水比を調整した赤土に固化材等を添加し均一になるように手で混合した後、40℃に設定した恒温庫にて養生した。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 日目に 9.5mm 以下にほぐし、含水比を測定した後、含水比が変化しないよう密閉養生した。

3. 締固め特性

「突固めによる土の締固め試験方法 (JIS A 1210 : 2009)」に基づいて養生 7 日目に締固め試験を実施し、同時にコーン指数を測定した。未処理赤土のみ A-a 法および A-b 法で実施し、改良土はすべて A-b 法で

表-1 赤土の物理特性

試料名称	赤土
自然含水比 w (%)	20.9
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.729
石分 (75mm以上) (%)	0
礫分 (2-75mm) (%)	0
砂分 (0.075-2mm) (%)	26.1
シルト分 (%)	29.9
粘土分 (%)	44.0
液性限界 w_L	55.3
塑性限界 w_P	36.0
塑性指数 I_P	19.3

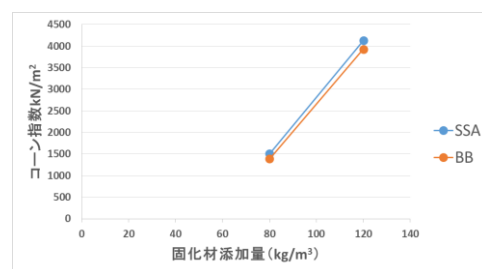


図-1 添加量とコーン指数の関係

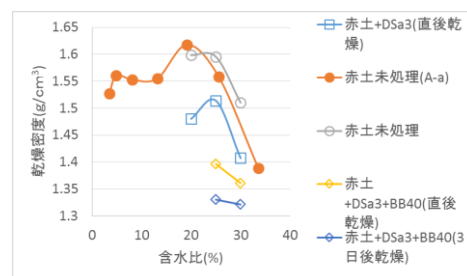


図-2 締固め曲線

実施した。図-2 の締固め曲線より未処理土は最適含水比 $w_{opt} \approx 20\%$ であったが、DSa 改良土は $w_{opt} \approx 25\%$ と高くなり、最大乾燥密度は小さくなった。これは固化助剤を添加することによって、粒度分布が変化したことが考えられ、再泥化抑制には効果的である。DSa と BB による改良土において、直後乾燥養生したものと 3 日後乾燥養生したものを比較すると後者の乾燥密度が大きい。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、十分に固化が進まなかったためであると考えられる。

図-3 にコーン指数 q_c と含水比の関係を示す。同じ未処理土でも A-a 法により締め固めた方の q_c が低いのは繰り返しによる強度の低下が原因だと考えられる。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大きくなく、乾燥密度が小さい分強度が発揮できなかったと考えられる。DSa と BB で改良したものは他の土に比べ高い q_c が得られた。これはセメントによる強い構造が形成されたためであると考えられる。直後乾燥養生は 3 日後乾燥養生よりもコーン指数が小さいのは、水和反応時に水分が不足したためだと考えられる。

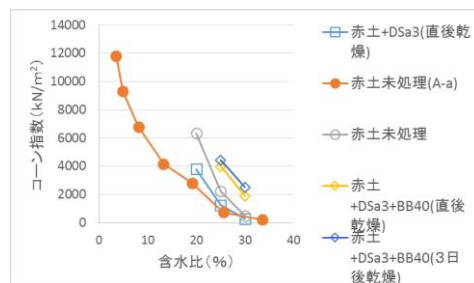


図-3 コーン指数と含水比の関係

4. みかけの粒度

降雨などによって起こる泥状化を抑制するためには細粒分を減らせばよい。養生後の試料を 9.5mm または 2mm ふるいを通過するように解きほぐし、沈降分析とふるい分析を行った。改良や乾燥によって形成された団粒構造による見かけの粒度を評価するために通常の粒度試験 (JIS A 1204) において以下の部分を変更した。まず、解きほぐした全試料を沈降分析に供した。沈降分析前に 2mm または 9.5mm ふるいに通し分散作業において、過酸化水素による処理と分散剤の使用は行わず、環告 18 号試験と同様に液固比 10 で泥水状とし 1 時間または 6 時間振とうさせた。沈降分析後、0.075mm ふるい通過試料を水中でふるい分けた。

得られた粒径加積曲線直後乾燥養生の結果を図-4 に 3 日後乾燥養生の結果を図-5 に示す。凡例において 2mm 通過試料で 6 時間振とうのものを※で示す。未処理土の見かけの粒度は真の粒度に比べかなり見かけの粒径が大きいことが判る。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方が粒度が大きくなった。つまり、コーン指数を改善できたものは見かけの粒径も大きくなっていることになり、再泥化抑制のための粒度改良がコーン指数改善にも効果的であることになる。

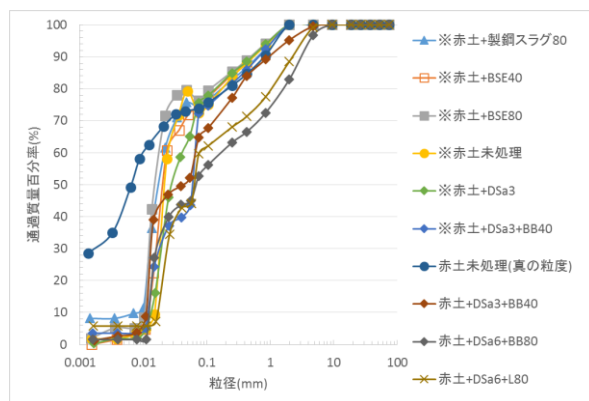


図-4 粒径加積曲線

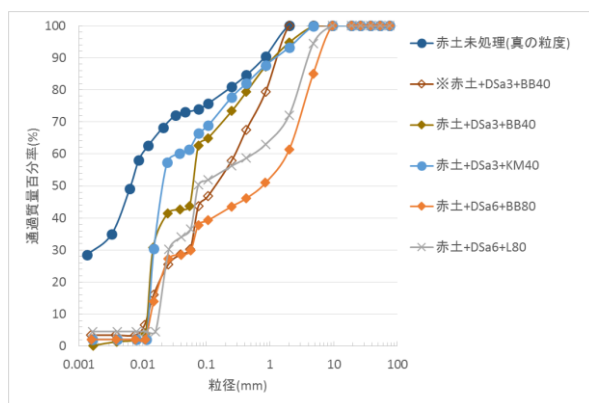


図-5 粒径加積曲線

5. まとめ

赤土に固化材等を添加することで粒径を大きくすることができた。しかし、締固め土の乾燥密度が小さくなり、配合や乾燥開始時期によってコーン指数が小さくなることもあるため、さらにより良い方法を検討する必要がある。

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.