

締固めた砂・Ca型ベントナイト混合土の明度に影響を及ぼす要因に関する一考察

早稲田大学 学生会員 ○近藤 誠 学生会員 崎田 知紀
早稲田大学 正会員 小峯 秀雄 フェロー会員 後藤 茂 正会員 王 海龍
安藤・間 正会員 山田 淳夫

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設の一つである浅地中ピット処分における低透水性覆土の材料として、砂・Ca型ベントナイト混合土の使用が計画されている¹⁾。ベントナイト系緩衝材の主要要求性能は低透水性である。所要の透水係数を満足し、低透水性に関する弱部を作らないためには、高密度で均質な施工が求められる。そこで著者らは、写真から得られる情報より、面的な構造物全体としての締固め状況の評価を目的として研究を進めている。この方法は、非破壊で測定可能であり、ほぼリアルタイムで土の物理量を推定することができる点で品質管理上優位であると考えている。本論文では、締め固めたベントナイト混合土の上端面の写真を撮影し、写真から得られる情報として明度の算出を行い、明度に影響を与える要因について検討を行う。また、放射性廃棄物処分の処分施設は、i-Constructionの適用分野として検討される可能性があり、本研究の目的は、i-Constructionへの実装に資することである。

2. 使用した試料の基本的性質と締固め試験の概要

本研究で用いたCa型ベントナイトKB（クミネ工業製・クニボンド）の基本的性質を表1に示す。なお、表1に示すモンモリロナイト含有率は、純モンモリロナイトのメチレンブルー吸着量140 mmol/100 gを基準に算出された値である。砂は青森県で採取したコンクリート用細骨材（土粒子密度2.73 g/cm³、最大粒径4.75 mm）を用いた。混合土中のベントナイト配合率は乾燥質量比で30%とし、ベントナイト混合土の作製には、卓上ミキサーによる練り混ぜ方法²⁾を適用した。

表1 ベントナイトKBの基本的性質

タイプ	Ca型
土粒子密度 (g/cm ³)	2.63
液性限界 (%)	119.9
塑性限界 (%)	52.2
塑性指数	67.7
モンモリロナイト含有率 (%)	71.8

締固め試験の方法は、日本工業規格「突固めによる土の締固め試験方法」（JIS A 1210:2009）に準拠し、自動突き固め試験機を用いて行った。突固め方法は、A法およびC法とした。

3. デジタルカメラを用いた明度測定の方法

締固め後の供試体の撮影を、卓上暗室内に設置したカメラスタンドに取り付けたデジタルカメラを用いて行った。用いたカメラスタンドの概略図を図1に示す。本論文で用いる撮影した写真の色調の数値化手法は、著者らの既往の研究²⁾に準拠した。明度V(%)の算出は以下の式による。

$$V = \left(\frac{V_{\max}}{255} \right) \times 100 \tag{1}$$

ここに、V_{max}：RGBの値の最大値である。

練り混ぜ後のベントナイト混合土の母材の色調・形状・サイズ等の状態が均一ではない影響で、供試体上端面の明度は同一端面上においてもばらつきが生じることが考えられる。そこで本研究では、撮影した画像を実測値で4.7 mmのサイズのメッシュに分割し、締固めた供試体上端面の明度を、それぞれのメッシュの明度の分布により評価することとした。これは、設定した各メッシュのRGB値より明度を求め、全体での分布状況を確認するというものである。4.7 mmのメッシュサイズは、使用した砂試料の最大粒径（4.75 mm）より決定した。

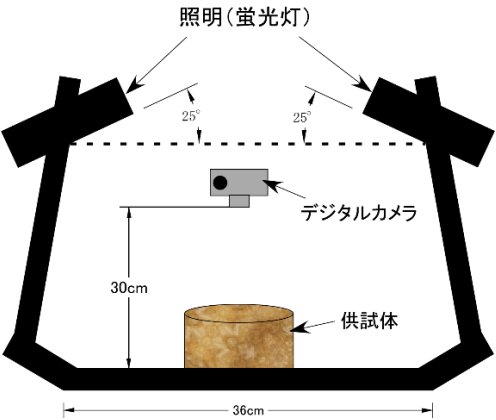


図1 デジタルカメラおよび照明の位置

キーワード ベントナイト、締固め、画像解析、明度

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院 社会環境工学科 TEL 03-5286-2940

4. 締固めた供試体の明度分布測定結果

図 2 は、供試体上端面の明度分布に関する箱ひげ図を、突固め方法ごとに横方向に複数並べたものである。

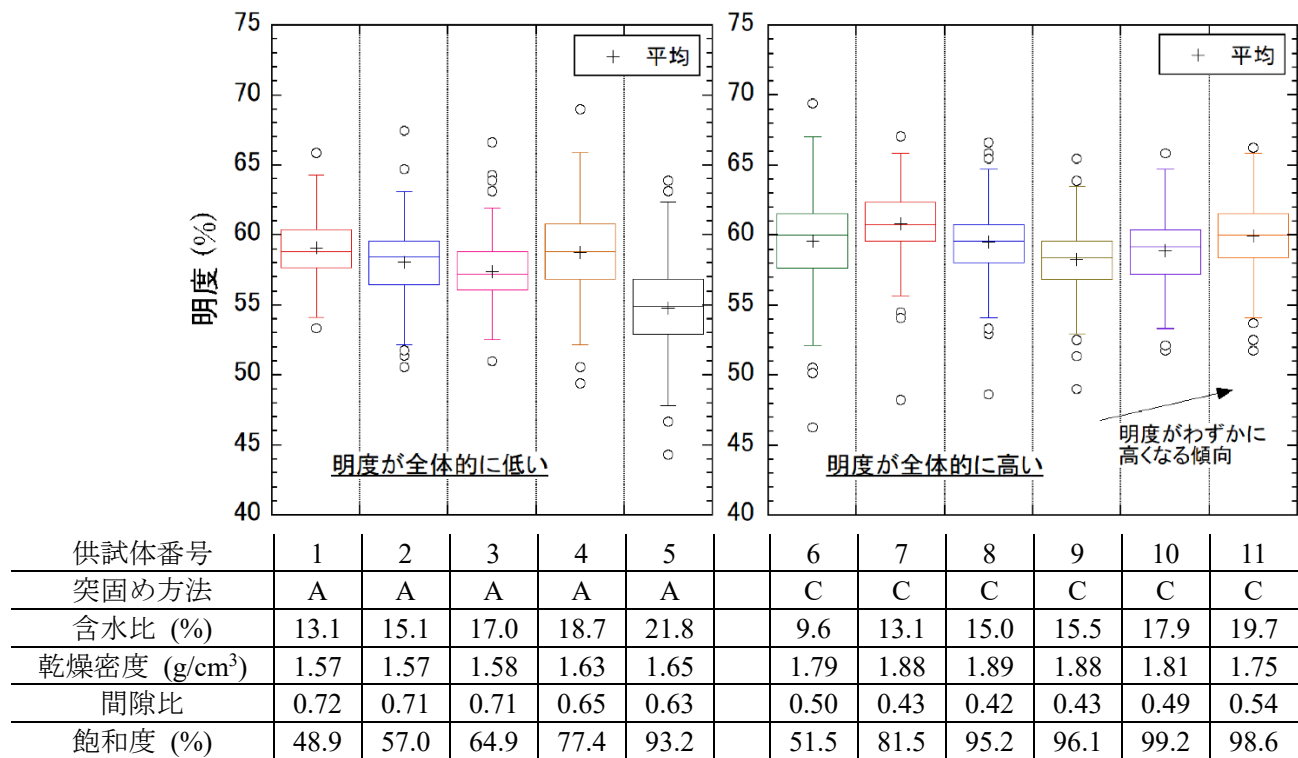


図 2 供試体上端面の明度分布の比較

図 2 より突固め方法の違いに着目すると、A 法を適用して締固めた供試体と比較して、より締固めエネルギーの大きい C 法を適用して締め固めた供試体は、総じて明度が高いことがわかる。締固めエネルギーが大きくなると乾燥密度は高くなる。このことから、明度は乾燥密度を反映することが示唆された。土中に存在する間隙水量が大きくなると明度が低くなることが示唆されている³⁾ことから、乾燥密度と間隙水量の二つが相互に作用し、明度に反映されるものと考えられる。

突固め方法に C 法を適用したとき、高含水比側でわずかに供試体の明度が高くなる傾向が読み取れる。乾燥密度が低下しているならば、前述のように供試体の明度は低くなるはずである。明度が高くなった理由として、端面成形の影響を考えた。含水比が大きいほど粒状体を形成した試料の粒径が大きくなる⁴⁾ことから、供試体の上端面を平滑に仕上げたときの上端面の間隙が少なく、明度が高くなったためと推察している。

以上の結果から現場への展開について提案する。密に締め固めると明度が高くなることを利用して転圧施工に用いることが可能であると考えた。転圧ローラーにデジタルカメラを組み込むことで、連続的な施工後の乾燥密度の測定が可能になると予想できる。今後は、明度分布の変化について定量的な評価を行うことが重要である。また、粒子構造が明度に与える影響について検討する必要がある。

5. まとめ

本研究では、砂・Ca 型ベントナイト混合土を締固めて作製した供試体の上端面の明度分布を測定した。その結果、乾燥密度が高くなると供試体上端面の明度が高くなる傾向がみられた。

参考文献 1)日本粘土学会編：粘土ハンドブック(第三版)，pp.728-733，技報堂出版，2009。2)近藤誠，小峯秀雄，王海龍，後藤茂，崎田知紀，山田淳夫：i-Construction 推進に向けた砂・Ca 型ベントナイト混合土を対象とした明度による締固め状況確認の一考察，第 16 回地盤工学会関東支部発表会，2019。3)近藤誠，山田淳夫，崎田知紀，小峯秀雄，王海龍，後藤茂：砂・Ca 型ベントナイト混合土の締固め管理における明度による評価と整理方法，第 55 回地盤工学研究発表会，地盤工学会，2020。(投稿中) 4)篠崎由梨，小峯秀雄，千々松正和，山田淳夫：砂・Ca 型ベントナイト混合土における含水比および混練方法と団粒形成の相関に関する一考察，第 52 回地盤工学研究発表会，地盤工学会，402，pp.801-802，2017。