

放射性廃棄物処分場における施工管理方法 (その1. 非破壊密度測定による管理)

安藤ハザマ 正会員 ○小栗光, 永井裕之, 山田淳夫, 千々松正和
西武建設 正会員 成島誠一, 新井靖典

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の浅地中ピット処分施設において、ベントナイト混合土を難透水性覆土として用いることが計画されている¹⁾。主要な性能である低透水性を確保するためには、透水係数を測定し品質を確認する必要があるが、測定に時間を要するため、その代替特性として乾燥密度を用いることが検討されている²⁾。著者らは、非破壊密度測定手法のベントナイト混合土への適用性を検討しており^{3) 4)}、推定式により乾燥密度を求めることができることを示した。提案した推定式の現場測定への適用性を高めることを目的として確認試験を実施した。

2. 試験概要

Ca 型ベントナイト(クニミネ工業製クニボンド)と砂(三沢産コンクリート用細骨材)を乾燥質量比 30:70 で混合し、長さ 75cm×幅 75cm×高さ 30cm の鋼製型枠内に締固めにより模擬地盤を作製した。締固めにはランマー等を用いた。試験体の乾燥密度、含水比およびC法による同材料の締固め曲線を図-1に示す。非破壊密度測定として、散乱型 RI 密度水分計 FT-301(フィールドテック製、以下 RI 密度計)、小型 FWD(東京測器社製)、簡易支持力測定器キャスボル(マルイ製)、超小型動的平板載荷試験装置 IST-03(アプライドリサーチ製)を使用し、シンウォールサンプラーを用いたサンプリングと砂置換法による密度測定を併せて実施した。図-2に示す超小型動的平板載荷試験装置⁵⁾は、加速度計を内蔵した約 5.5kg の重錘と、解析処理本体からなり、重錘と地盤の衝突速度、最大反力、重錘重量から地盤反力係数を算出する。落下高さを 100mm とし、測定を行なった。

3. RI 測定による密度推定

シンウォールサンプラーを用いたサンプリングと砂置換法による乾燥密度測定結果を図-3に示す。設定値と比較すると、砂置換では掘削後孔が縮小し乾燥密度が高めに算出されている可能性があり、また、シンウォールサンプラーでは成型時のシンウォールと試料との間(特に試料の上下端部)に生じる空隙に起因して乾燥密度が低めに算出される傾向にあることが分かる。今回は、砂置換法による密度測定結果を比較対象として、非破壊密度測定結果の評価を行なった。RI 密度計による測定を実施後、補正式³⁾により測定値の補正を行ない、乾燥密度を推定する。湿潤密度に関する式(1)と含水量に関する式(2)に、表-1に示す補正係数を代入する。補正係数は湿潤密度 ρ_r により異なる値を設けている³⁾。

湿潤密度の補正式³⁾: $\rho_{tRI} = (\rho_{tRI} - A)/B$ …式(1)

含水量の補正式³⁾: $\rho_{mRI} = (\rho_{mRI} - C)/D$ …式(2)

表-1 補正係数一覧³⁾

条件	A	B	C	D
$\rho_{RI} < 2.10 \text{ g/cm}^3$	0.506	0.775	0.069	0.922
$2.10 \text{ g/cm}^3 < \rho_{RI}$	0.147	1.000		

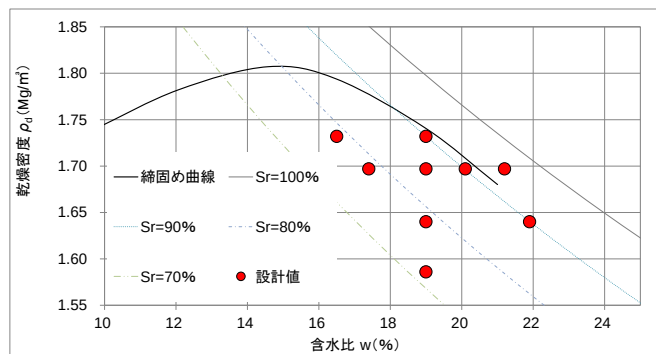


図-1 試験条件と締固め曲線との関係



図-2 超小型動的平板載荷試験装置

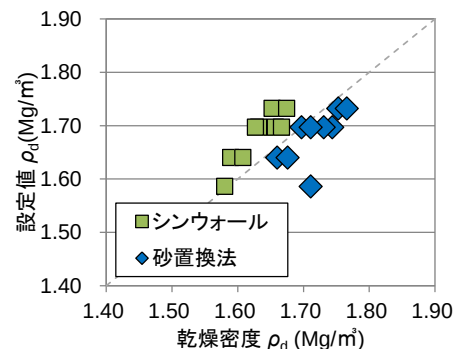


図-3 小型土槽の乾燥密度測定結果

補正前後の含水比、乾燥密度について、それぞれ砂置換法による密度測定結果との比較を図-4に示す。補正式を用いて補正した各値は、補正前と比較して、砂置換法による密度測定結果との相関性が上がっていることがわかる。RI密度計を用いた測定値について、既往の研究にて提案した補正式の適用性が確認できた。

4. 地盤支持力測定による密度推定

文献4)の方法に倣い、小型FWDおよびキャスボルを用いて測定した地盤反力係数 K_{30} の測定結果を飽和度=70~80%、80~90%、90~100%の3グループに分類し、式(3)によるラインと合わせて図-5に示す。式(3)

の α 値には表-2のパラメータを設定した。

推定式⁴⁾: $K_{30} = \alpha \cdot (\rho_d - 0.4)^{9.5}$ …式(3)

図-6にキャスボルと小型FWDによる K_{30} の測定結果と砂置換法による密度測定

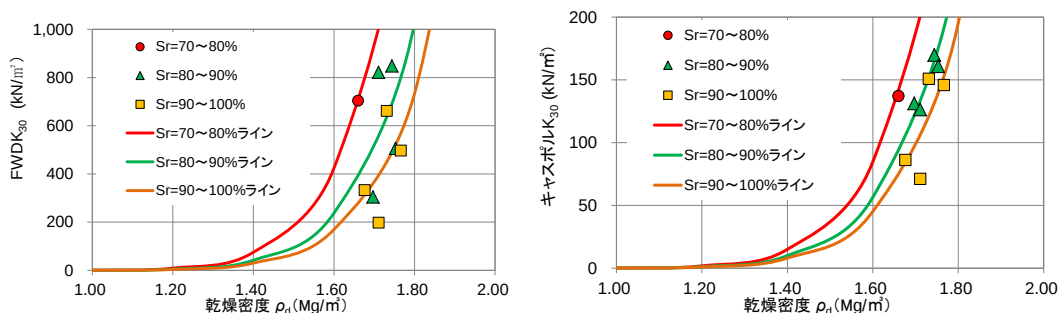


図-5 推定式をプロットした試験結果(左: 小型FWD-砂置換, 右: キャスボル-砂置換)

結果との比較を示す。キャスボルの方が比較的砂置換法との相関性が高いことがわかる。式(3)より乾燥密度は、 α 値と K_{30} から求められるので、キャスボルの測定結果 K_{30} から乾燥密度を推定し、図-7に示した。砂置換法による測定値との相関が確認できた。さらに、超小型動的平板載荷試験装置を用いた測定結果を同様に整理し、図-8のようにキャスボルとの比較を行なったところ、良い相関が確認できた。

5. まとめ

小型土槽を用いてベントナイト混合土の非破壊密度測定手法について検討した結果、既往研究にて提案している推定式により、RI密度計による測定値から乾燥密度を算出できることを示した。また、キャスボルによる測定値から乾燥密度を推定した方が、小型FWDよりも推定精度が高いことが分かった。また、超小型動的平板載荷試験装置とキャスボルの測定値は相関性が高いことから、超小型動的平板載荷試験装置もキャスボル同様に非破壊密度測定に使用可能であることが示唆された。

【参考文献】1) 伊藤ほか: 低配合ベントナイト混合土の長期状態変化を踏まえた設計手法に関する一考察, 第66回年次学術講演概要集, 土木学会, CS-017, pp.33-34, 2010. 2) 工藤ほか: 低透水性材料であるベントナイト混合土の施工品質を評価する代替指標の提案, 第50回地盤工学研究発表会要旨集, 地盤工学会, 169, pp.337-338, 2015. 3) 永井ほか: 難透水性覆土の品質確認へのRI計器, SDGの適用性検討, 第60回地盤工学シンポジウム, 3-4, 2016. 4) 山田ほか: ベントナイト混合土を用いた難透水性覆土の施工後の品質確認方法の検討, 第60回地盤工学シンポジウム, 3-3, 2016. 5) 新井ほか: 超小型動的載荷試験装置を用いたベントナイト砕石の品質管理事例, 第51回地盤工学研究発表会要旨集, 地盤工学会, 454, pp.907-908, 2016.

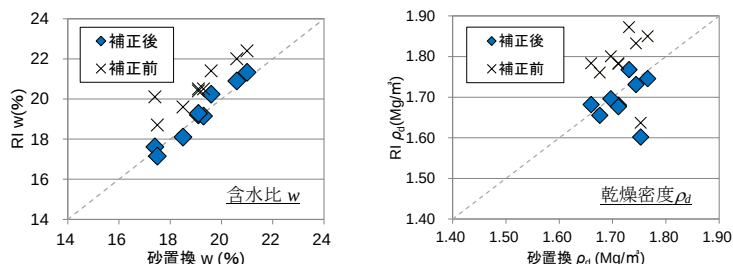


図-4 RI補正式による補正前後各値とサンプリングとの関係

表-2 パラメーター一覧

飽和度範囲(%)	α 値 FWD	α 値 キャスボル
$S_r=70\sim80$	75	15
$S_r=80\sim90$	42	10
$S_r=90\sim100$	30	8

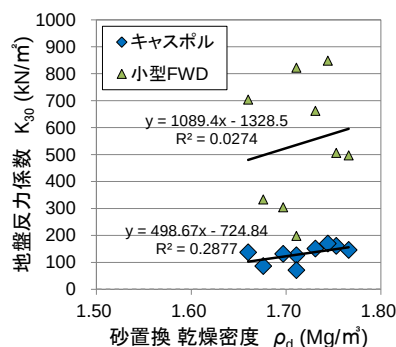


図-6 キャスボルと小型FWDによる乾燥密度とサンプリング結果との関係

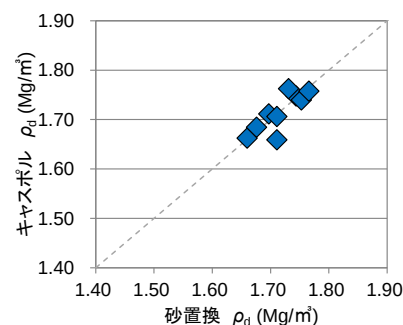


図-7 キャスボルによる乾燥密度と砂置換との関係

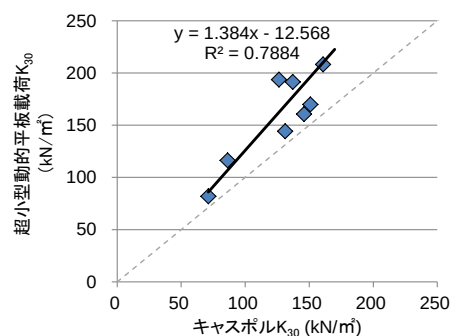


図-8 IST-03とキャスボルの地盤反力係数の比較