

ベントナイト砕石の現場締固め特性

ベントナイト砕石, 締固め特性, 廃棄物最終処分場 (一社) NB 研究所 正会員 ○新井 靖典 正会員 成島 誠一
同上 内川 彦猪 佐古田又規 関谷 浩康
神奈川県 遠藤 清亮

1.はじめに

近年, 廃棄物最終処分場の土質遮水工や放射性物質含有廃棄物の隔離層にベントナイト原鉱を破碎, 分級し, 現地にて敷均し, 締固めたベントナイト砕石工法が適用されている. 筆者らはベントナイト砕石の品質管理方法として, 非破壊で簡便に測定可能な簡易支持力測定器 (以下キャスポルと記す) により得られるインパクト値 (以下 I a 値と記す) を遮水性の代替特性として適用し運用してきた. 本論では, 神奈川県の産業廃棄物最終処分場の土質遮水工として適用されたベントナイト砕石について, キャスポルによる管理に加えて, RI 計器およびブロックサンプルによる現場密度試験を実施し, ベントナイト砕石の現場における深度方向の締固め特性について確認したので報告する.

2.最終処分場と遮水構造の概要

本処分場は, 丘陵地の谷地形に整備された最終処分場で, 段階的な埋立て方法を採用しており, 埋立地は全 7 区画に区分けされている. このうち, 第 1 区画から第 3 区画までは既に遮水工が設置されている. 本件では, 新たに第 4 区画と第 5 区画について遮水設備を設置した. 第 1 区画から第 3 区画までは遮水シート破損時の浸出水漏えいリスクを低減する目的で底面にベントナイト混合土が敷設されているが, 第 4 区画以降では, 図-1 に示すように, より遮水性の高いベントナイト砕石による土質遮水構造が適用された¹⁾. ベントナイト砕石の要求仕様は, 厚さ 100 mm 以上, 締固め度 90 % で透水係数 $k < 1 \times 10^{-10}$ m/s である.

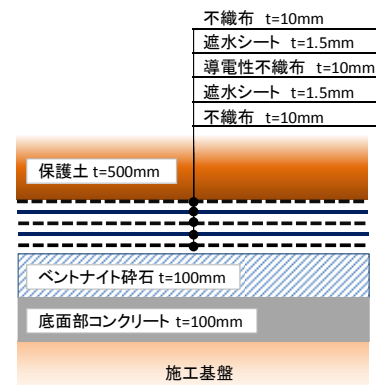


図-1 底面部遮水構造 (第 4, 5 区画)

3.ベントナイト砕石の試験施工

ベントナイト砕石の施工に先立ち, 試験施工を実施した. 試験施工では, 転圧機械の振動の有無. 転圧回数 (2, 4, 6, 8, 10 回) を変化させて, 締固め度, I a 値, 沈下量等を確認し, 所定の品質を確保出来る施工方法を決定した. なお, 転圧機械には, 4 t 振動ローラを使用した. 締固め度は, ベントナイト砕石敷均し時に鋼製モールド ($\phi 150$ mm, $t=50$ mm) を最下部に埋設しておき, 転圧後に回収して現場密度試験 (ノギス法) を実施し算出した. I a 値と転圧回数の関係を図-2 に, 締固め度と転圧回数の関係を図-3 に示す. 事前の室内試験により, I a 値が 13.7 以上であれば, 含水比の値にかかわらず, 締固め度が 90 % 以上であることが確認されており²⁾, 有振動転圧 6 回で I a 値が 15.1 となるため, 所定の締固め度が得られるとの結果になった. 一方, ブロックサンプルによる現場密度試験においては, 有振動の 6 回転圧では, 締固め度が 86.1 % (平均値) であり, 10 回転圧で 90 % 以上の締固め度を得られる結果となった. これらの結果より, 本施工時における転圧回数は有振動 10 回転圧としたが, キャスポルによる I a 値と現場密度試験との結果に差異が生じたため, 仕上がり厚さ 100 mm 程度の薄層転圧においても, 深さ方向に密度勾配が生じている可能性が示唆された.

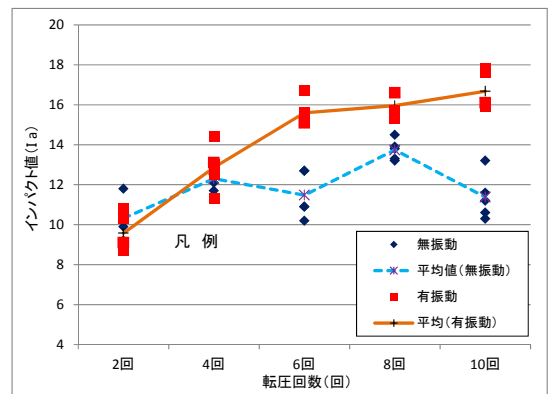


図-2 転圧回数と I a 値の関係

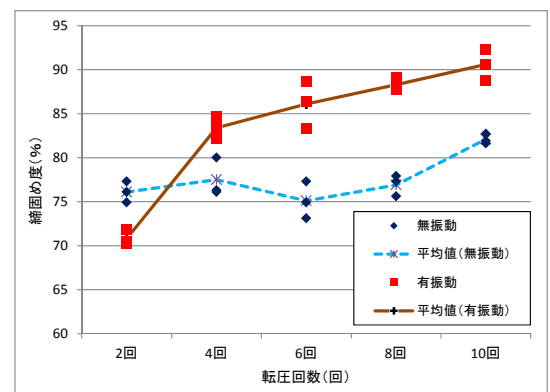


図-3 転圧回数と締固め度の関係

4.ベントナイト砕石の深さ方向の締固め特性

試験施工では, I a 値と現場密度試験との結果に差異が生じたため, 本施工時には, 図-4 に示すように, ベントナイト砕石の下層部および上層部からサンプルを採取し, 現場密度試験を実施した. 測定頻度は測点ごとに左右中央の計 3 箇所 (合計 18 点) とし, キャスポル

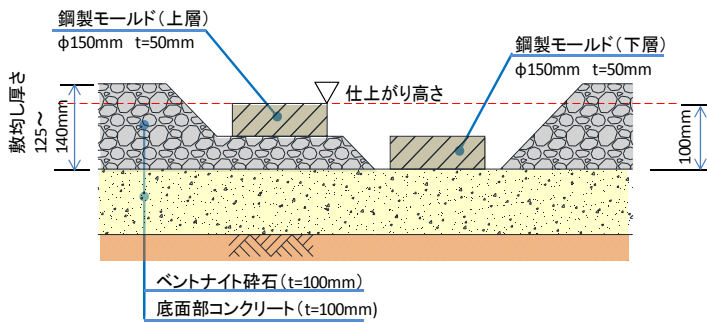


図-4 鋼製モールド埋設概要図

による測定もあわせて実施した。図-5 の測定深さと締固め度の関係から、上層と下層で密度が異なることがわかる。下層よりも上層の締固め度が高く、平均値では、上層が 99.4 % だったのに対して、下層は 93.0 % であり、6.4 % の密度勾配が確認された。また、同一測定箇所と比較した場合には、上層と下層で 1.4~16.0 % の差異があった。一方、図-6 の I a 値と含水比の関係からわかるように、I a 値の測定結果は、締固め度 90 % の I a 値のピークである 13.7 よりも 3.8 以上高い数値 (17.5~20.9) を示しており、上層の締固めの状態と相関関係が高いと考えられる。

5. RI 計器による密度測定

現場密度試験の結果より、上層と下層での締固めの状態が異なることが確認されたため、密度測定結果が表示可能な仕様に変更した簡易型 RI 含水比計 (SRE 社製 以下 WARP と記す) による密度試験を実施した。通常の RI 密度水分計では線源深さが 200 mm であるのに対して、WARP では線源深さが 60 mm と浅いため、本件のように薄層の対象物においても測定が可能である。図-7 に現場密度試験との比較結果を示す。WARP での測定結果は下層の現場密度試験結果と同様の傾向を示した。WARP では、線源深さが 60 mm であるため、深さ 0~60mm 範囲の密度を測定していると考えられるが、測定深さが浅いため、機械下部の空隙の影響が相対的に大きく、密度を過小評価していると推察される。

6. まとめ

以下に本論文のまとめを記す。

- ・ 4 t 振動ローラによる厚さ 100 mm のベントナイト碎石の施工では、深さ方向に 1.4~16.0 % の密度勾配が確認された。
- ・ キャスポルにおける測定は、上層 50 mm 範囲の密度状態と相関性が高いことが推察される。
- ・ 簡易型 RI 含水比計では、下層部の現場密度測定結果と同様の傾向を示すため、安全側の管理が可能と考えられる。

7. 今後の課題

4 t 振動ローラによるベントナイト碎石の施工では、100 mm 程度の薄層でも上下層で密度勾配が生じることが確認されたため、今後は、転圧回数の削減など施工の効率性も考慮し、締固めエネルギーの大きな機械の適用により、締固め状態の均質性向上を図りたい。

【参考文献】

- 1) 遠藤清亮, 田口雅文: 最終処分場ベントナイト遮水層の品質管理に関する一考察, 第 60 回生活と環境全国大会抄録集, pp.52-53, 2016.10.
- 2) 新井靖典, 成島誠一, 内川彦猪, 佐古田又規, 関谷浩康: 超小型動的載荷試験装置を用いたベントナイト碎石の品質管理事例, 第 51 回地盤工学研究発表会論文集, pp.907-908, 2016.9.

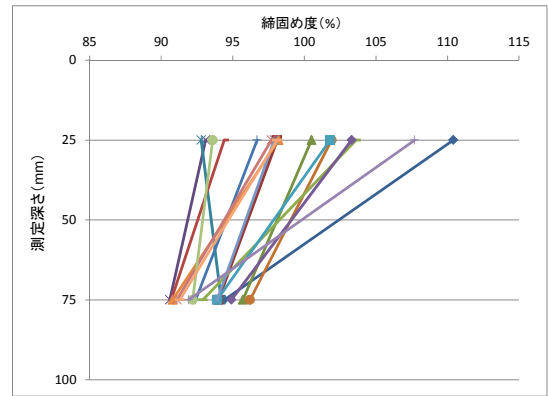


図-5 測定深さと締固め度の関係

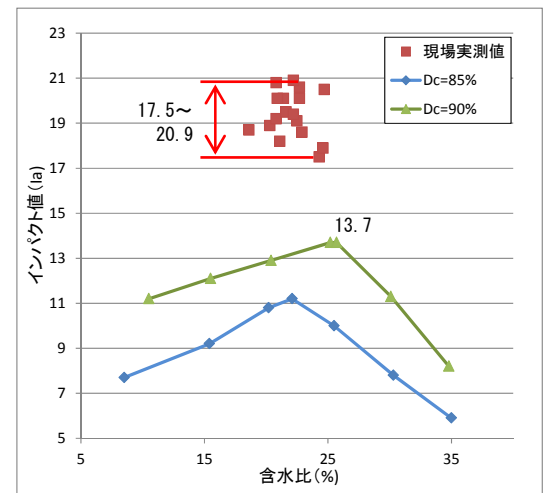


図-6 I a 値と含水比の関係

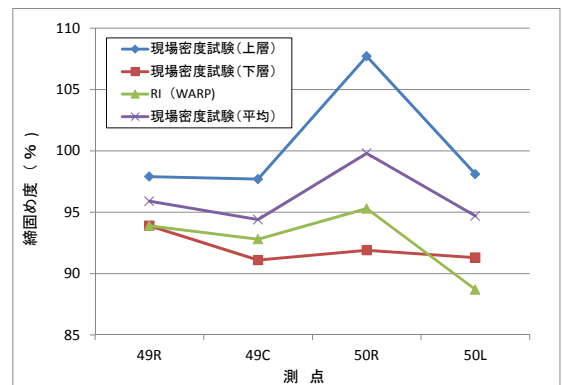


図-7 測定方法による締固め度の比較



図-8 WARP による密度測定状況