

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

ベントナイト砕石 廃棄物最終処分場 超小型動的載荷試験

NB 研究所	○正会員	新井 靖典
同上	正会員	成島 誠一
同上		内川 彦猪
同上		佐古田又規
同上		関谷 浩康

1. はじめに

近年、廃棄物最終処分場における土質遮水工法として、ベントナイト砕石が適用されている。ベントナイト砕石は砕石状のベントナイトを締固めたもので、その透水係数は 1×10^{-10} m/s 以下と難透水性である。これまで筆者らは、ベントナイト砕石の品質管理項目である透水係数の代替特性として、ベントナイト砕石を締固めた後の表面強度が含水比と乾燥密度により変化することに着目し、簡易支持力測定（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）の下限値を透水係数と乾燥密度の関係をもとに設定し、品質管理指標としてきたが、キャスポルの適用は平坦部に限られるため、法面部の測定に課題があった¹⁾。

今回、A市一般廃棄物処分場における法面部のベントナイト砕石の品質管理に、超小型動的載荷試験装置（以下 IST-03 と記す）を適用し、本試験より得られる地盤反力係数（以下 K_{30} IST と記す）を透水係数の代替特性として管理をおこなった。本論では、ベントナイト砕石の同一締固め度における含水比と K_{30} IST の関係を利用して品質管理指標値を設定し、実施工現場に適用した事例について報告する。

2. A市一般廃棄物処分場の概要とベントナイト砕石品質管理上の課題

2.1 遮水構造

A市一般廃棄物処分場の遮水工は、図-1 に示すとおり、500 mm の土質遮水層上に1重の遮水シートと遮水シートの保護層としてシートの上下に不織布を敷設した構造である。また、土質遮水層の上部 400 mm にはセメント改良土を、下部 100 mm にはベントナイト砕石を用いた複合構造である。ベントナイト砕石の透水係数の規格値は、透水係数 $k < 1 \times 10^{-10}$ m/s であり、セメント改良土層はおもにベントナイト砕石層の保護、拘束を目的としており、透水係数の基準を設けず、遮水性はベントナイト砕石において担保する設計思想である。この遮水構造は、底面部と法面部の表面遮水工すべてに適用された。なお、使用したベントナイト砕石は群馬県富岡産で、締固め度（以下 D_c 値と記す）85%において透水係数 $k = 4 \times 10^{-11}$ m/s、 $D_c = 90$ %において透水係数 $k = 3 \times 10^{-11}$ m/s である¹⁾。

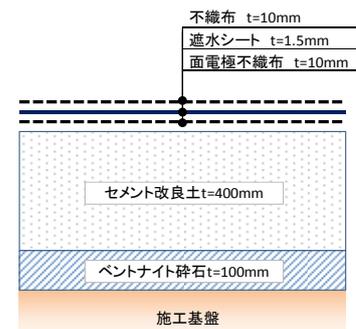


図-1 遮水工断面図

2.2 ベントナイト砕石の品質管理上の課題と対応

本件では、発注者の要望により、ベントナイト砕石敷設後のブロックサンプル等の抜き取り検査はおこなわず、透水係数の代替指標での管理が求められた。そのため、底面部、小段部等の平坦部においては、これまでベントナイト砕石の締固め管理に実績のある、キャスポルにより得られる I_a 値を管理指標とし、法面部においては、斜面地盤においても地盤強度評価が可能²⁾な IST-03 を適用し、本試験により得られる K_{30} IST により管理をおこなった。

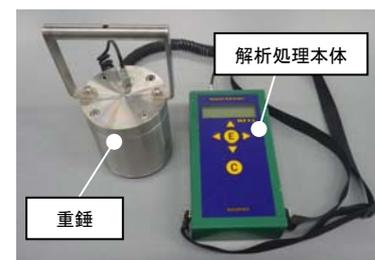


図-2 IST-03 外観

3. 超小型動的載荷試験装置 (IST-03) の概要

IST-03 の外観を図-2 に示す。本試験装置は、衝撃による機械のインピーダンス理論を地盤に適用したもので、加速度計を内蔵した約 5.5kg の重錘と、ポータブル式の解析処理本体からなり、図-3 に示すように、高さ 100~200mm 程度の任意の高さから重錘を落下、または把持したまま打撃することにより測定する。この測定で得られる重錘と地盤の衝突速度 V 、最大反力 F_{max} 、重錘重量 M から算出される地盤反力係数 R は、平板載荷試験 (JIS A 1215) により得られる地盤反力係数 K_{30} と高い相関関係 ($K_{30} = 1.529 \times R$, 相関係数: 0.984) が得られており³⁾、本システムは測定結果として K_{30} IST を表示する。



図-3 IST-03 測定状況 (法面)

4. 締固めたベントナイト碎石の地盤反力係数 (K_{30} IST)

現場での管理基準値を設定する目的で、ベントナイト碎石の含水比と D_c 値を変化させた供試体を数種類作成し、IST-03 の室内試験を実施した。以下に試験に使用した供試体の作製方法、測定結果および現場管理基準値の設定、 K_{30} IST と I_a 値の関係について記述する。

4.1 供試体の作製方法と測定方法

供試体の作製条件を表-1 に示す。試験ケースとして、供試体の D_c 値については、透水係数が既知である $D_c = 85\%$ 、 90% の2種類とし、含水比は自然含水比 (約 23%) から上下約 5% 刻みで3種類変化させ、合計 12 ケースとした。供試体に用いる試料は、含水比を調整後、24 時間養生したものとし、1 供試体当たりの重量を 5 等分し、1 層当たりの高さが 40 mm となるように静的に締固め、鋼製モールドに 5 層に分けて充填した。供試体作製後、その上面、底面の中央付近に IST-03 を用いて、重錘を高さ 100 mm の位置より自由落下させてそれぞれ 1 回ずつ計測し、その平均値を測定値とした。

4.2 試験結果

図-4 に示すように、締固め度の異なるそれぞれのケースで含水比が上昇するとともに K_{30} IST の値は上昇し、 $D_c = 85\%$ では含水比 25.0% で 34 MN/m³、 $D_c = 90\%$ では含水比 24.9% で 51 MN/m³ の最大値を示し、それ以降は含水比の上昇とともに K_{30} IST の値は下降する結果が得られた。このことより、含水比が約 25% の場合において、ベントナイト碎石の地盤強度が最大となることがわかる。これは、図-5 に示す同一条件でキャスポルにより得られた I_a 値と含水比の関係からもわかるように、 I_a 値が最大を示す含水比には数%の相違があるものの、同様の傾向があるため、 K_{30} IST のベントナイト碎石の品質管理への適用は可能であることが示唆された。また、図-6 に示す K_{30} IST と I_a 値の相関図より、 K_{30} IST と I_a 値には正の相関が得られた。

4.3 現場管理基準値の設定

実施工における K_{30} IST による管理値は、要求される透水係数が $k < 1 \times 10^{-10}$ m/s であることを考慮し、 $D_c = 85\%$ 時 ($k = 4 \times 10^{-11}$ m/s) の K_{30} IST の最大値である 34 MN/m³ とし、施工現場では IST-03 による試験を法面の施工面積 100 m² に 1 回の頻度で 5 箇所実施し、その平均値が 34 MN/m³ 以上であることを確認した。

5. まとめ

本件では、締固めたベントナイト碎石の IST-03 による室内試験結果より、 $D_c = 85\%$ 、 90% における、含水比と K_{30} IST との関係把握し、 K_{30} IST を透水係数の代替指標として実施工現場に適用した。また、本試験は、重錘を把持したまま測定面を打撃することにより実施できるため、法面部の品質管理にも適用可能である。これにより、法面部においても簡易に多点管理が可能となり、ベントナイト碎石の品質確保に寄与することができた。

【参考文献】

- 1) 成島誠一, 水野正之: ベントナイト碎石の締固め度に関する土質特性, 地盤工学会第 47 回研究発表会論文集, pp. 1969~1970, 2012.
- 2) 山下健太郎, 極檀邦夫, 境友昭: 接触インピーダンスを応用した斜面の締固め管理方法, 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集, III-343, 2009.
- 3) 佐藤陽, 佐藤賢宏, 極檀邦夫: 超小型動的平板荷重試験装置による土の締固め管理と応答波形について, 平成 19 年度土木学会東北支部技術研究発表会, VI-5, 2008.

表-1 供試体作製条件

項目	諸元
供試体寸法	φ 206mm × h 200mm
締固め度	85%, 90% (2種類)
含水比	10%~35% (6種類)
締固め方法	5層 静的締固め

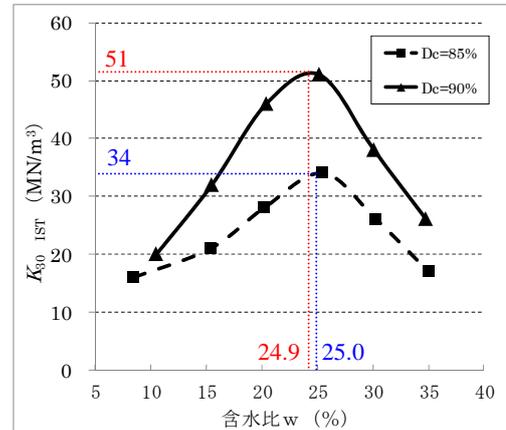


図-4 含水比と K_{30} IST の関係

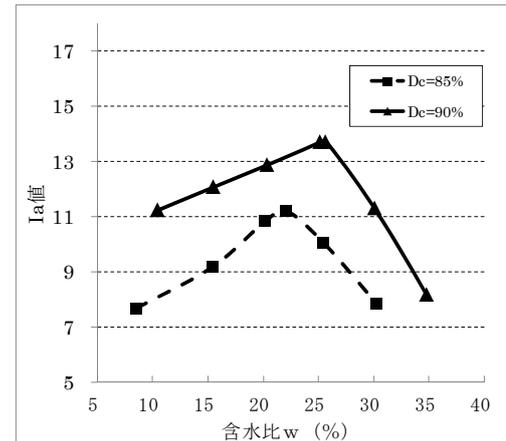


図-5 含水比と I_a 値の関係

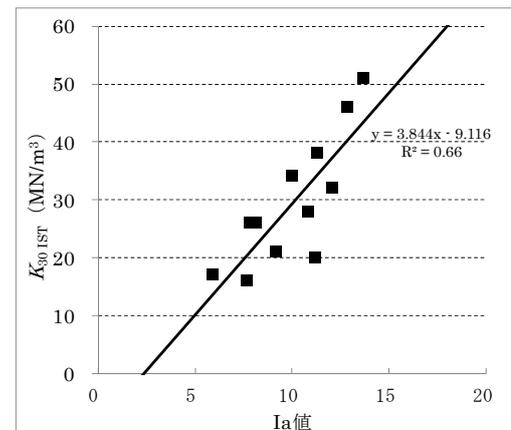


図-6 I_a 値と K_{30} IST の関係