

油圧ショベルクローラー走行転圧によるベントナイト混合土の施工

(株)ホーجون 正会員 水野克己 岡田朋子
 (財)地域地盤環境研究所 正会員 本郷隆夫 藤原照幸
 大成建設(株) 衛藤英三 岩佐昌昭
 京都大学大学院 フェロー会員 嘉門雅史

1.はじめに 最終処分場の粘土ライナーの施工規模は、一般的に500~50,000m²とまちまちで、また平坦部だけでなく法面部もある。このため、特殊な機械でなく、市販または一般にリースされている重機を用いた施工と締固め管理法の確立が急がれている。著者らは、ベントナイト混合土を用いて20t級油圧ショベルの、クローラーにて走行転圧(以下転圧と呼ぶ)を行い、所定の密度と難透水性の確保と締固め管理方法の研究を行ったので報告する。

2.試験の目的と方法 本件静岡県H市廃棄物最終処分場のベントナイト混合土は、一層25cmで総厚50cm、平坦部5,000m²、3割勾配法面部12,000m²の規模である。本施工に先立って、室内試験からベントナイト混合土の特性を求めた。次に、4t級ローラと20t級油圧ショベルを選定し転圧回数を変えた試験施工を行った。(1)室内試験の内容と結果 ベントナイト混合土の特性把握と締固め管理グラフ作成を目的として、透水試験と強度特性試験を行った。ベントナイト配合量は、乾燥質量比で静岡産まさ土100に対しベントナイト(スーパークレイ)を13の割合とした。ベントナイト混合土の締固め条件は、締固め試験(JIS A 1210:A-c法)から求まる最大乾燥密度に対する乾燥密度の比が、80%、90%、95%(以下、それぞれ締固め度80%、90%、95%と呼ぶ)とした。なお、供試体の作成は設定含水比に含水調整された試料から、予め求めておいた供試体作成に必要な質量を分取し、締固め度80%、90%、95%となるよう静的締固め法により行った。

(a)透水試験 ベントナイト混合土は、転圧後に直ぐに保護土を行うことが原則である。しかし、遮水シートなどの工程上の都合で長期間放置されることがある。このため透水試験は、設計上の安全を考慮し保護土を行う前の状態を想定し、極めて小さな上載荷重1kN/m²(保護土厚さ約5cmに相当)の条件下で得られる透水係数を求めた。JIS A 1218に準拠し透水試験を行った。図-1に締固め度と含水比を変えた透水試験(試験水:水道水)結果を示す。初期含水比10%~25%で、締固め度が80%以上であれば透水係数 $k=1 \times 10^{-7}$ cm/secであることが判る。

(b)強度特性試験 ベントナイト混合土は、母材に含まれる水との相互作用で強度特性が変化する。ベントナイト混合土の転圧を行うためには、施工性の確保が必要であり、含水比の範囲を知ることが重要である。また保護土施工並びにゴミ埋めに際しダンプトラックが走行する。このためJGS T 716に準拠し、コーン指数試験を行った。締固め度と含水比を変化させたコーン指数の値を図-2に示す。何れの締固め度においても10%以下では含水比が低下することで粘着力が小さくなりバサバサ状態となり急激にコーン指数が小さくなった。また、締固め度90%と95%では含水比22%を超えた付近で、ダンプトラックの走行に必要なコーン指数1,176(kN/m²)以下まで低下した。

キーワード 透水係数 ベントナイト混合土 廃棄物最終処分場 締固め度 施工管理

連絡先 〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-9-1 (株)ホーجون TEL066-441-5141 <http://www.hojun.co.jp/>

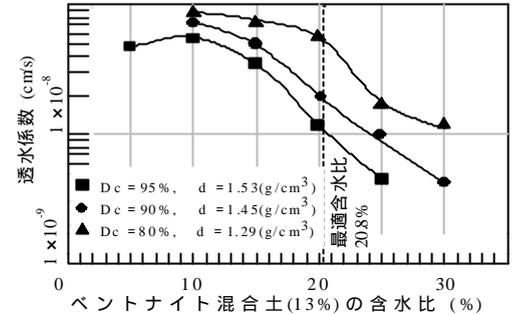


図-1 初期含水比~乾燥密度~透水係数の関係図

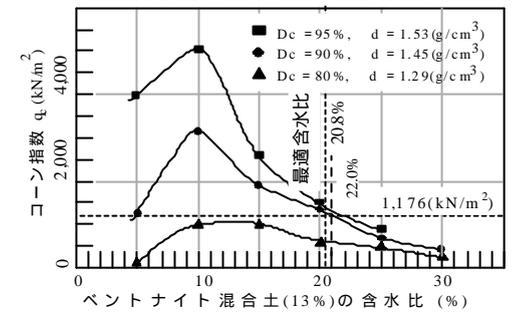


図-2 初期含水比~乾燥密度~コーン指数の関係図

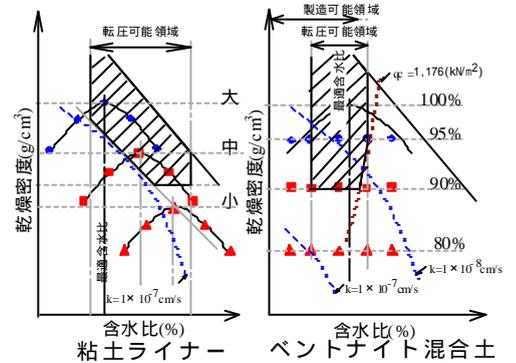


図-3 締固め管理グラフによる管理領域の相違

(c) 粘土ライナーとベントナイト混合土の締固め管理グラフで

の管理領域の相違 本件で要求される透水係数は $k = 1 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ である．このため、透水試験とコーン指数試験結果から、透水係数と施工性の両方を満足する管理領域をグラフにて求めた．この結果ベントナイト混合土の含水比は、10%～22%の範囲内で、締固め度は90%以上となった．これは、含水比～乾燥密度の関係を示した締固め管理グラフと呼ばれ、この管理領域内に

締固めたベントナイト混合土の乾燥密度と含水比が位置する様に、砂置換法による土の密度試験(以下砂置換法と呼ぶ)やRI計器による土の密度試験(以下RI法と呼ぶ)にて品質管理される．図-3に示すに室内試験から、粘土ライナーとベントナイト混合土では管理領域が異なることが判った．天然粘土を用いて乾燥側で締固めた場合は、コラプス現象を生じやすいことから、一般に最適含水比以上(湿潤側)で施工される．しかしベントナイト混合土では、混合土の製造と施工性から、最適含水比以下(乾燥側)で施工される．これは、ベントナイトの膨潤性により乾燥側においても難透水性が得られることから施工可能となっている．以上より、粘土ライナーは空気間隙率あるいは飽和度に基づいた締固め管理がなされるのに対して、ベントナイト混合土は含水比と乾燥密度を基準値とした、締固め管理が妥当であると考える．

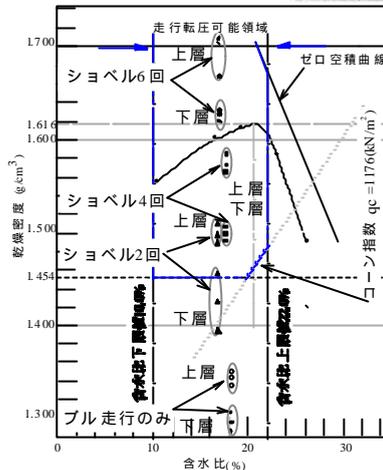


図-4 砂置換法による試験結果

表-1 無振動，振動ローラ使用時の密度特性

施工条件	位置	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm³)	締固め度 (%)
4t 無振動ローラ	上層	16.0	1.433	88.7
	下層	17.2	1.129	69.9
4t 振動ローラ	上層	15.5	1.572	97.3
	下層	15.8	1.511	93.5
4t 振動ローラ	上層	15.9	1.582	97.9
	下層	15.1	1.508	93.3

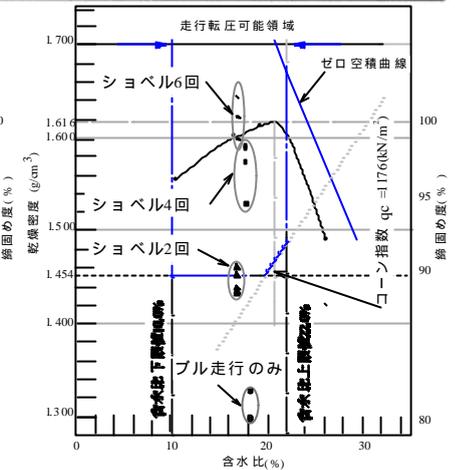


図-5 RI法による試験結果

図-3に示すに室内試験から、粘土ライナーとベントナイト混合土では管理領域が異なることが判った．天然粘土を用いて乾燥側で締固めた場合は、コラプス現象を生じやすいことから、一般に最適含水比以上(湿潤側)で施工される．しかしベントナイト混合土では、混合土の製造と施工性から、最適含水比以下(乾燥側)で施工される．これは、ベントナイトの膨潤性により乾燥側においても難透水性が得られることから施工可能となっている．以上より、粘土ライナーは空気間隙率あるいは飽和度に基づいた締固め管理がなされるのに対して、ベントナイト混合土は含水比と乾燥密度を基準値とした、締固め管理が妥当であると考える．

(2) 現場試験の内容と結果 移動式混合攪拌機を用いベントナイト混合土を製造した．平坦部にベントナイト混合土を、4t級ブルドーザ(機械質量3,630kg)を用いて約30cm厚で撒き出し、25cm仕上がり厚になる様に整地を行った．4t級ローラ(無振動時151.0N/cm)で無振動2往復と4t級振動ローラ(加振時339.3N/cm)にて4回(以下1往復を2回と呼ぶ)と6回の転圧を行った．同様に20t級油圧ショベル(接地圧36.38kPa)で、2回と4回と6回転圧を行った．施工後に砂置換法とRI法を実施した．砂置換法では、転圧したベントナイト混合土の天端部から-10cmまでの層(以下、上層と呼ぶ)と-10cmから-20cmまでの層(以下、下層と呼ぶ)の乾燥密度と含水比を求めた．なお、含水比は赤外線水分計、乾燥は電子レンジ法にて行った．

(a) 4t級ローラ転圧結果 表-1に砂置換法による4t級ローラ転圧時の試験結果を示す．振動4回と6回転圧で上層と下層共に締固め度は90%以上であった．なお、4t振動ローラによる転圧では、4回と6回転圧時の締固め度は大きく変化しなかった．また、無振動4回転圧では上層と下層の密度差が大きく、上層と下層共に締固め度は90%以下であった．

(b) 20t級油圧ショベル転圧結果 図-4に砂置換法と図-5にRI法による20t級油圧ショベル転圧による結果と13%配合時の室内試験結果(A-c法による突固め試験)を合わせて締固め管理グラフ図中に示す．20t級油圧ショベルで2回転圧では、上層と下層共に締固め度90%以下であった．しかし、4回と6回転圧で上層と下層共に締固め度は90%以上であった．なお、20t級油圧ショベル転圧では、転圧回数(締固め仕事量)が増大することで締固め度は大きくなった．

(c) 砂置換法とRI法の密度相違 図-4と図-5からRI法にて行われた乾燥密度の値は、砂置換法による上層と下層のほぼ平均値を示している．

(d) 室内試験結果と現場転圧の密度相違 室内試験にて静的締固め法により作成した供試体密度と、締固めプロセスの異なるRI法から得られた乾燥密度を比較した．図-1と図-5から、室内試験で得られた締固め度90%は油圧ショベル2回転圧と、締固め度95%は油圧ショベル4回転圧とほぼ同じ密度であった．

3. まとめ 本件、静岡県H市廃棄物最終処分場では、3割勾配法面部が平坦部より面積が大きい．このため2段(最大高さ10m)ある3割勾配法面部で振動ローラでは、作業上安全に転圧が出来ないと考え、20級油圧ショベル(転圧回数6回)を採用するに至った．なお、締固め管理は締固め管理グラフを用いてRI法にて本施工を実施した．