高品質な低透水バリア構築に向けたベントナイト混合土施工法の開発（２）
－敷きならし・締固め施工－

（株）大林組　　正会員　○山本　修一
（株）大林組　　正会員　　松田　武
（株）大林組　　正会員　　木村　志照

１．はじめに

低レベル放射性廃棄物のピット処分では難透水性覆土材料として Ca 型ベントナイト／砂混合土を用いることが計画されている [1),2)]．難透水性覆土においては，施工時に高い締固め密度を確実に確保することにより，透水係数で 10^{-10}m/s 以下という低透水性の確保が求められる．本研究では，難透水性覆土の実施工を考慮し，アスファルトフィニッシャによる混合土の敷きならし試験と３種類の大型振動ローラ（タンデム型，マカダム型，タイヤ型）による締固め試験を行い，ベントナイト／砂混合土の敷きならし密度が締固め密度およびそのバラツキに及ぼす影響と，各大型振動ローラ施工で達成可能な締固め密度および透水係数を検討した．

２．施工試験の概要

(1) 使用した混合土　文献 3)で示される，連続混合方式の二軸パドルミキサーにより，砂と Ca 型ベントナイト（クニボンド）を乾燥重量比 7:3，水を最適含水比 w_{opt}＋4%となるよう均質に混合したものを用いた．

(2) 施工混合土層と品質管理計測　長さ 8m（両端の 1m 緩衝区間を含む），幅 2.8m を試験区間とする混合土層を施工した．４つの試験レーンを設置し，敷きならし方法と締固め機械の組合せで４ケースの試験（各レーンで１ケース）を行った．各ケース２層を施工し，路盤の影響を受けにくい２層目を本研究の対象とした．敷きならし後と，締固め１往復（２パス）ごとに１０測点でレベル計測を行うとともに，締固め施工完了後に砂置換法により６カ所で原位置密度測定を行った．また，室内透水試験用に直径 75mm のシンウォールの貫入により４カ所から試料サンプリングを行った．

(3) 敷きならし施工の方法　混合土の敷きならしにはアスファルトフィニッシャ（図-1 参照）を用い，目標の敷きならし厚は 10cm とした．タンデム型振動ローラでの締固め施工の場合には下記の２通りの敷きならし方法を試験した．マカダム型とタイヤ型の場合は前者（スクリード載荷法）の方法のみの試験を行った．

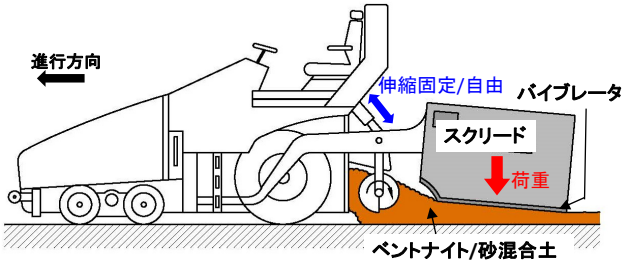

図-1 アスファルトフィニッシャによる敷きならし概念

- 通常のアスファルト施工と同様に，スクリードを可動状態としてスクリード自重を敷きならし材料に作用させ圧接しながら敷きならす方法（以下，スクリード載荷法と呼ぶ）
- スクリードを固定して材料にその自重を作用させないで敷きならす方法（以下，スクリード固定法と呼ぶ）

スクリード載荷法の場合，無処置のままでは混合土がフィニッシャに付着して安定した敷きならしができないため，フィニッシャに付着防止処置を施した．スクリード載荷法の場合には，敷きならし後に直径 150mm のシンウォールにより試料サンプリングし，敷きならし密度を計測した．なお，固定法の場合は敷きならし密度が低いため試料サンプリングによる密度計測は行っていない．

(4) 締固め施工の方法　実施工を想定して締固めには大型振動ローラ（タンデム型（運転重量 7.10t），マカダム型（運転重量 8.77t））および振動タイヤローラ（運転重量 9.00t）を用いた．無振動で１往復した後，スクリード固定敷きならしでタンデム振動ローラ締固めのケースは４往復（８パス），その他は５往復（１０パス）の振動締固めを行った．

３．施工試験の結果

(1) 敷きならし方法の締固め密度への影響　タンデム型振動ローラの場合について，締固め施工完了後の乾燥密度の平均値及び締固め過程での層厚変化の平均値から逆算される乾燥密度の変化を図-2 に示す．図-2 にはスクリード載荷法の場合の敷きならし時の乾燥密度（実測値）もプロットしているが，逆算値と一致し矛盾の無いことがわかる．図-2 から，以下のことが言える．

キーワード　ピット処分，ベントナイト混合土，締固め，敷きならし，透水係数
連絡先　　〒108-8502　東京都港区港南 2-15-2　㈱大林組 低レベル放射性廃棄物処分プロジェクト TEL. 03-5769-1307

- スクリード載荷法はスクリード固定法に比べ乾燥密度で 25%程度以上高密度な敷きならし層を構築できる（乾燥密度は，載荷法で 1.15Mg/m^3，固定法で 0.910 Mg/m^3）
- 敷きならし密度が異なる２つの乾燥密度変化カーブはほぼ平行に推移しており，最終的に達成可能な締固め密度は敷きならし時の初期密度の影響を大きく受ける

図-3 に，全ての施工試験について，締固め完了後の乾燥密度の分布、平均値，変動係数を示す．タンデム型振動ローラの左２ケースの結果を見ると，スクリード載荷法で敷きならした層（敷きならし密度が高い層）の方が締固め後の密度が高いのみならず，そのバラツキ（変動係数）も有意に小さいことがわかる．

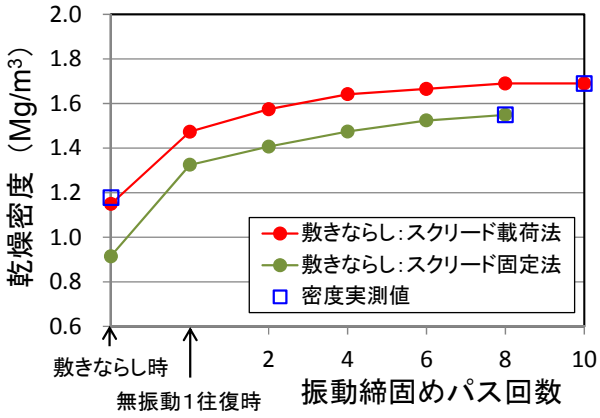

図-2　締固め過程での乾燥密度の変化（タンデム型振動ローラの場合）

(2) 締固め機械の締固め密度への影響

同じスクリード載荷法で敷きならし，異なる機械で締固めた３ケースの結果を比較すると（図-3 の右３ケース），達成密度はマカダム型＞タンデム型＞振動タイヤ型という結果となった．また，高密度となるケースほど変動係数は小さく，密度のバラツキも小さくなる傾向が見られる．なお，図-3 の破線で示す要求性能は，図-4 の透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度の関係（既往データ）から透水係数が 10^{-10}m/s 以下となる有効モンモリロナイト乾燥密度（約 0.75Mg/m^3）に対応する混合土の乾燥密度（約 1.62 Mg/m^3）を示している．スクリード固定法での敷きならしや振動タイヤローラでの締固めでは要求品質を満たす高密度層を構築するのが難しいことが分かる．

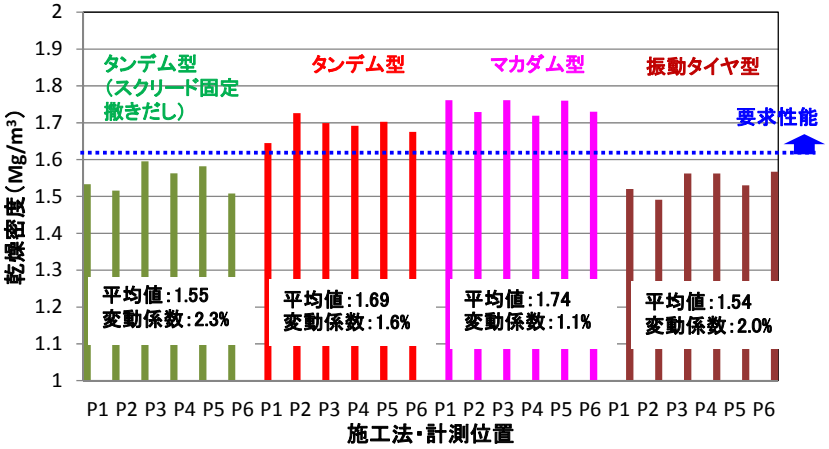

図-3　砂置換法による原位置密度試験結果

(3) 締固め層の透水係数　スクリード載荷法で敷きならし，タンデムおよびマカダム型振動ローラで締固めた層のサンプリング試料に対する室内透水試験結果を，クニボンド／砂混合土に対する既往の透水試験結果データ（有効モンモリロナイト乾燥密度と透水係数の関係）[2]に重ねて図-4 にプロットしている．実施工を想定した本施工法で，既往のクニボンド 30%混合土（C 法締固め曲線上の密度に室内で締固めた試料）に対する室内試験（青プロット）と同等の密度と透水係数が得られること，また，難透水性覆土に要求される，透水係数 10^{-10}m/s 以下の層を構築できることがわかった．

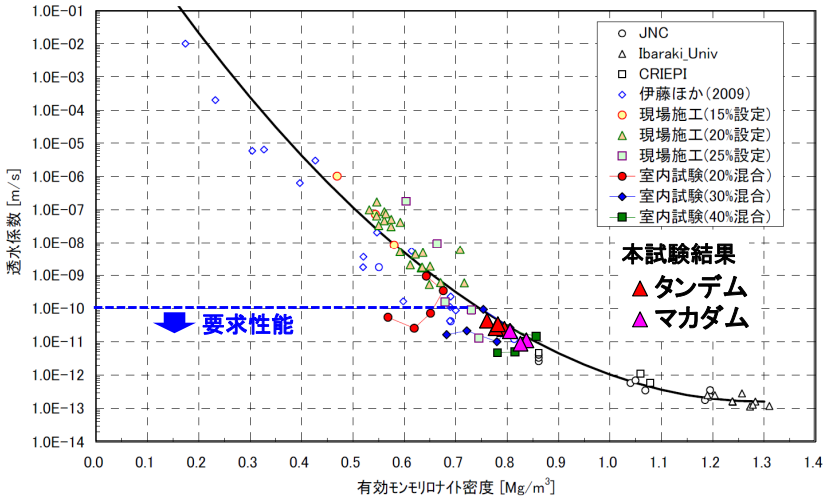

図-4　サンプリング試料の室内透水試験結果：透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度との関係で整理（既往データ [2] に追記）

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 65 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，CS7-017, pp.33-34, 2010.　**2)** 千々松ほか：低配合ベントナイト混合土の現場施工性試験における透水試験結果と配合設定に関する検討，第 67 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，CS13-009, pp.17-18, 2012.　**3)** 松田ほか：高品質な低透水バリア構築に向けたベントナイト混合土施工法の開発（１）－混合土の製造方法－，第 71 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，2016.