

地下空洞型処分施設における上部埋戻し材の施工時の品質管理に関する検討

(公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○山田淳夫, 秋山吉弘

(株) 安藤・間 正会員 永井裕之, 千々松正和

1. はじめに

図-1に示したような低レベル放射性廃棄物における地下空洞型処分施設の人工バリア(低拡散材・緩衝材)と岩盤との間の空間は、埋戻す必要がある。著者らは、この部位をベントナイトと砂を、乾燥質量比15:85で混合したベントナイト混合土を用い、転圧工法と吹付け工法を併用して施工する施工確認試験を実施した^{1), 2)}。この施工確認試験をとおして、締固め度 $D=90\sim95\%$ 程度で上部埋戻し材の構築ができることを確認できた。次節で詳述するように、上部埋戻し材に求められる品質と締固め度の関係より、目標とする締固め度を設定したが、締固め度 $D=90\sim95\%$ 程度に到達した時に、上部埋戻し材に要求される品質が確保されるのかを確認する必要がある。本報告では、このような締固め度 D 、すなわち、乾燥密度を目安とした施工時の品質を管理する手法が、ベントナイト混合土を用いた上部埋戻し材の構築に適用できるのか、施工後に試料を採取し測定した一軸圧縮強度および透水係数と乾燥密度との関係より、また、現地採取試料と室内圧縮成型供試体との比較により、検討した結果をまとめる。

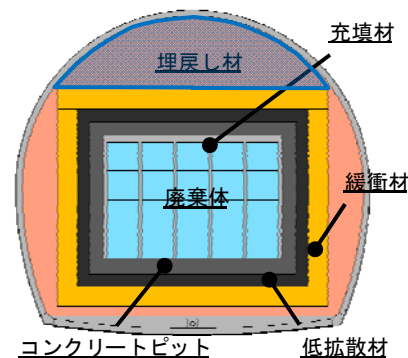


図-1 地下空洞型処分施設の概念

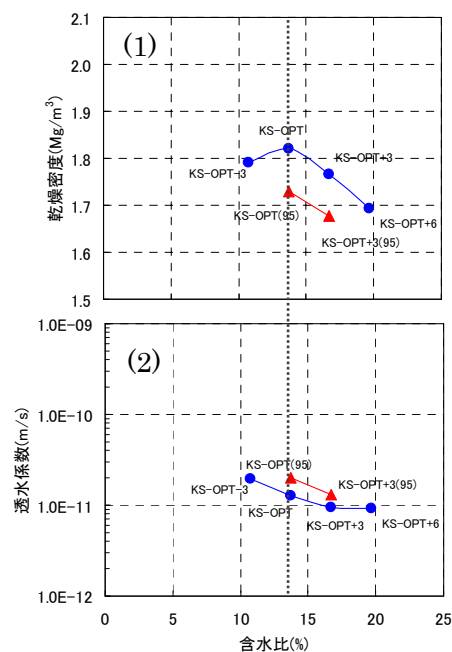
2. 上部埋戻し材の要求品質と施工時目標値の設定

上部埋戻し材の具体的な性能の目標の数値は、今後選定される処分場サイトの特性や、処分場の設計によって決まるものと考えられる。本検討では、既往の検討結果¹⁾を踏まえ、暫定的な目標値として、透水係数で 1.0×10^{-8} m/sとしたが、強度に関する目標値は設定せず、施工後に試料を採取し、乾燥密度との相関性に関するデータを採取することとした。著者らは、図-2に示したように、締固め曲線(A-c法)と透水係数との関係より、施工時の目標値として、暫定目標よりも2桁小さい透水係数である、 1.0×10^{-11} m/s程度が達成できる乾燥密度(=締固め度 $D=95\%$)と含水比($w_{opt}\sim w_{opt}+2\%$)を設定した³⁾。

このように設定した乾燥密度と含水比の目標を満足するように施工し、施工後に試料を採取して品質確認試験を実施した。試験結果は次節以降で説明する。

3. 供試体の作製方法

施工後に、転圧工法および吹付け工法適用箇所それぞれ1か所から供試体3本分の試料をシンウォールサンプラーで $\phi=100$ mm, $h=120$ mmの大きさに回収した。回収した試料を $\phi=50$ mm, $h=100$ mmの大きさにトリミング成形して供試体とした。また、比較対象として、ベントナイトの混合率を乾燥質量比率で10%, 15%, 20%, 含水比 $w=14.7\%$ に調整した混合材を用いた静的圧縮成型供試体を、それぞれ3本ずつ作製した。試験後、供試体を細かく砕き、炉乾燥による含水比測定を行った。また、含まれる細粒分が全量ベントナイト分であるので、細粒分含有率測定でベントナイトの混合率を測定した。

図-2 締固め曲線と透水係数の関係³⁾

4. 一軸圧縮試験の結果

表-1 に試験ケースと乾燥密度, 含水比, ベントナイトの混合率をまとめたものを示す. 表中の「有効粘土密度」とは, 単位体積あたりに含まれるベントナイト分の乾燥質量をそれ自身の体積で割ることにより得られる純粋なベントナイト分の乾燥密度のことである⁴⁾. 図-3 に乾燥密度と一軸圧縮強さの関係を示す. 同図の室内圧縮成型供試体の試験結果は, 乾燥密度の差が小さいのに, ベントナイト混合率が異なれば強度に差が生じることを示している. 有効粘土密度と一軸圧縮強さの関係を図-4 に示す. 室内圧縮成型供試体の結果では, 一軸圧縮強さと有効粘土密度との相関性がみられ, 施工時の品質管理として有効粘土密度を用いることは, 適用性が高いことが示唆される. また, 吹付け工法よりも転圧工法の方が強度は高く, さらに室内圧縮成型供試体の方が強度は高い結果となった. 一軸圧縮強さに差異が出る要因は, 施工に起因する密度の不均一性や, サンプラーから試料を取り出すときに発生する応力解放なども考えられる. そのため, 今後試験データ数を増やして検証することが望まれる.

5. 透水試験の結果

図-5 に, 透水試験の結果得られた透水係数と有効粘土密度の関係を示す. ベントナイトの混合率が大きくなれば, 透水係数は小さくなると考えられるので, 有効粘土密度を用いて整理した. 室内圧縮成型供試体と現場採取試料, さらに工法による違いによらず, 有効粘土密度の増加に伴い透水係数が小さくなる傾向が見られた. このことより, 有効粘土密度で施工時の品質管理ができる可能性が示唆された. また, 供試体全体の平均的な有効粘土密度が同じであれば, 透水係数は一軸圧縮強さほど供試体内の密度の不均一性の影響を受けないと考えられ, 室内圧縮成型供試体を用いた結果も設計に反映できるものと考えられる.

6. まとめ

上部埋め戻し材の品質管理手法として, 乾燥密度とベントナイトの混合率から算出される有効粘土密度を用いることは, 適用性が高いことが示唆される結果が得られた. また, 室内圧縮成型供試体を用いた試験結果で設計を行う場合, 透水係数に関しては, 室内圧縮成型供試体の結果を設計に反映することができると考えられる結果が得られた. 強度に関しては, 今後試験データ数を増やして検証することが望まれる. 本報告は経済産業省からの委託による「平成26年度管理型処分技術調査等事業(地下空洞型処分施設閉鎖技術確認試験)」の成果の一部である.

【参考文献】

- 1)原子力環境整備促進・資金管理センター:平成25年度管理型処分技術調査等事業 地下空洞型処分施設閉鎖技術確認試験報告書, 2014. 2)石濱ほか:地下空洞型処分施設における上部埋戻し材の施工確認試験(その1)―施工性の確認―, pp.47~48, 2014. 3)山田ほか:地下空洞型処分施設における上部埋戻し材の施工確認試験(その2)―施工後品質の確認―, pp.49~50, 2014. 4)土木学会エネルギー委員会:余裕深度処分における地下施設の設計, 品質管理および検査の考え方, 土木学会, 2009年7月

表-1 一軸圧縮試験結果の一覧表

試験ケース名	乾燥密度 (Mg/m ³)	有効粘土 密度 (Mg/m ³)	含水比 (%)	ベントナイト 混合率 (%)	一軸圧縮 強さ (kN/m ²)
UCS 10-1(室内)	1.706	0.399	15.1	10.2	117.7
UCS 10-2(室内)	1.710	0.402	14.9	10.2	119.4
UCS 10-3(室内)	1.710	0.398	14.9	10.1	118.2
UCS 15-1(室内)	1.718	0.564	14.4	15.2	140.8
UCS 15-2(室内)	1.718	0.558	14.3	15.0	139.8
UCS 15-3(室内)	1.715	0.561	14.5	15.2	139.2
UCS 20-1(室内)	1.723	0.705	14.3	20.2	156.6
UCS 20-2(室内)	1.727	0.703	14.2	20.0	155.1
UCS 20-3(室内)	1.726	0.708	14.2	20.2	155.3
UCS C1-1(転圧)	1.722	0.566	13.4	15.2	110.1
UCS C1-2(転圧)	1.703	0.550	12.7	15.1	111.1
UCS C1-3(転圧)	1.731	0.576	12.8	15.3	98.6
UCS C2-1(吹付)	1.666	0.564	13.9	16.5	76.6
UCS C2-2(吹付)	1.686	0.581	14.1	16.6	84.0
UCS C2-3(吹付)	1.715	0.599	13.5	16.5	87.6

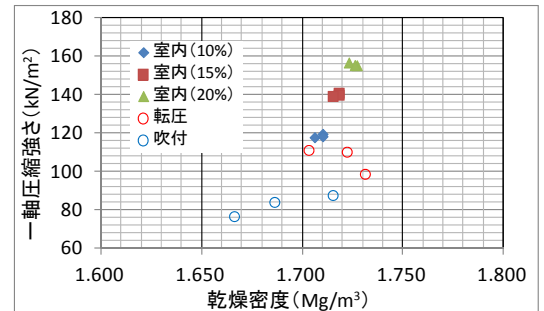


図-3 乾燥密度と一軸圧縮強さの関係

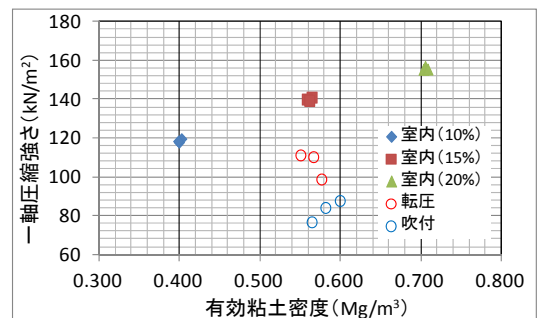


図-4 有効粘土密度と一軸圧縮強さの関係

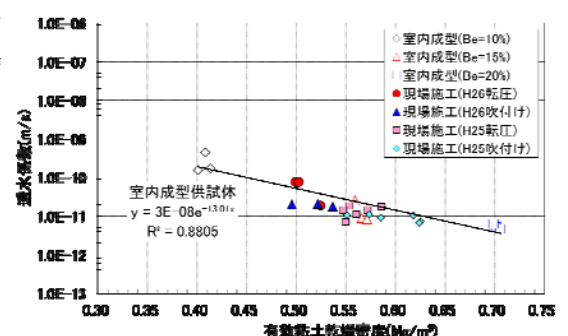


図-5 有効粘土密度と透水係数の関係