難透水性覆土材の環境条件による品質変動確認試験

安藤ハザマ　正会員　○小栗光，山田淳夫，千々松正和
日本原燃株式会社　正会員　塚尾伸，工藤淳
東電設計株式会社　正会員　矢込吉則

１．はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設における難透水性覆土の実工事に際しては，降雨等に影響され施工工程が遅れることにより，製造後のベントナイト混合土の保管が長期化する可能性がある．また，施工期間が長期に渡るため，冬期を跨いでの施工が想定されている．冬期においては，間隙水が凍結膨張して土粒子間隔等の間隙構造が変化し，その結果として，覆土の透水係数の増大が懸念される．そこで，これらの懸念事項に対して室内試験を実施し，養生期間の異なる場合および凍結融解作用を受けた場合のベントナイト混合土の品質変動の有無について調査した．

２．養生期間の異なる場合の品質変動確認

試料として，Ca 型ベントナイト(クニボンド RW)と砂(三沢産コンクリート用細骨材)を乾燥質量比 30:70 で混合したものを使用した．最適含水比 w_{opt}=15%の対象材料をアイリッヒミキサーによる機械練混ぜにより製造した後，0 日，1 日，3 日，7 日養生後に突固めによる締固め試験を実施した．**図 1** に締固め曲線，**図 2** に初期含水比別の乾燥密度変化を示す．また，同様の混合率の試料を手練り混合し，変水位透水試験を実施した．供試体の乾燥密度は締固め規定値 C’値=97%である 1.688Mg/m^3 とし，含水比は w_{opt}+4%=19.0%とした．**図 3** に養生期間に伴う透水係数の変化を示す．**図 2**，**図 3** より，製造直後から 3 日目までは乾燥密度，透水係数とも若干ばらつく結果であったが，3 日目～1 週間程度の養生期間ではどちらも変化はほとんど無いことが確認できた．乾燥密度に関しては，1 ヶ月経過後に測定した結果でもほぼ変化が無く，手練り混合の場合も影響が無いことが確認できた．

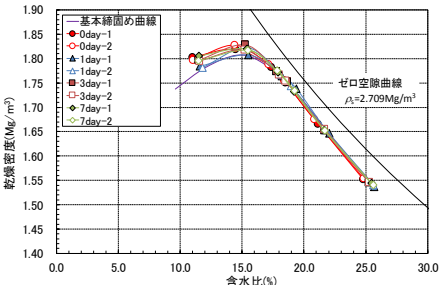

図 1　養生期間別の締固め曲線

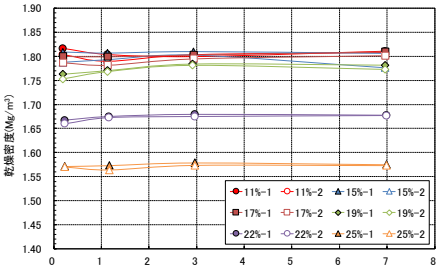

図 2　初期含水比別の乾燥密度変化

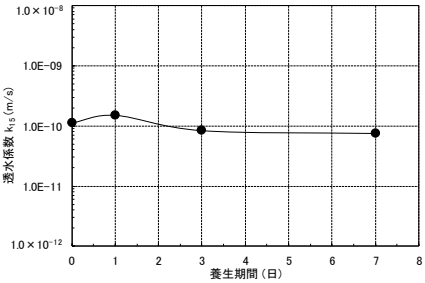

図 3　養生期間に伴う透水係数の変化

３．凍結融解作用を受けた場合の品質変動確認

同じ混合率の試料を用いて，凍結融解作用を受けた場合の影響を確認するため，締固め試験および変水位透水試験を実施した．透水試験は，圧縮成型した供試体を-15℃で 24 時間冷凍し凍結させ，23℃の室内に 24 時間静置することにより融解させた後に実施した．凍結融解の前後で供試体の高さおよび質量を測定し，影響の有無を調査した．締固め試験では，試料を同様の温度条件下にて凍結融解させ試験を実施した．締固め性については，**図 4** に示すように，未凍結試料と凍結融解後試料の結果に有意な差は生じないことが確認できた．**図 5～図 7** に，透水試験用モールド内で凍結融解させた供試体の変化を示す．供試体の作製条件は**表 2** に示す通りである．飽和させてから凍結融解段階に移行させたケース FT100S は，飽和過程において質量が大きくなっているため，凍結前の質量が大きい．凍結後に質量が減少していることから，冷凍庫においても供試体は乾燥していると考えられる．また，FT100S のみ凍結直後の高さが変化しているが，これは供試体中の水分が凍結により膨張したためである．乾燥密度につい

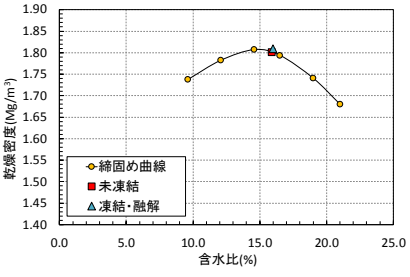

図 4　凍結融解作用の締固め性への影響

キーワード：放射性廃棄物，浅地中ピット処分，ベントナイト混合土，透水係数，養生，凍結融解
連絡先：〒305-0822　茨城県つくば市苅間 515-1　TEL: 029-858-8810　FAX：029-858-8829　E-mail: oguri.hikaru@ad-hzm.co.jp

ては，FT100S のみ凍結膨張作用後の高さ変化により，見かけの体積が大きくなり凍結中の乾燥密度が一時的に小さくなることが確認できたが，他は初期状態と比較して融解後の変化は無かった．凍結融解段階を経てから実施した透水試験の結果を，有効モンモリロナイト湿潤密度と透水係数の関係にプロットしたものを**図 8** に示す．既往の検討結果 [1]の相関性に準じるような試験結果が得られた．既往検討による相関関係よりも若干高めの値となったが，有意な影響は

表 2　圧縮成型による供試体の作製条件

ケース	供試体仕様
FT97	・w_{opt}+4%=19% ・密度；C 値 97%（ρ_d=1.688Mg/m^3）
FT100	・w_{opt}+4%=19% ・密度；C 値 100%（ρ_d=1.740Mg/m^3）
FT100S	・w_{opt}+4%=19% ・密度；C 値 100%（ρ_d=1.740Mg/m^3） ・飽和させた供試体

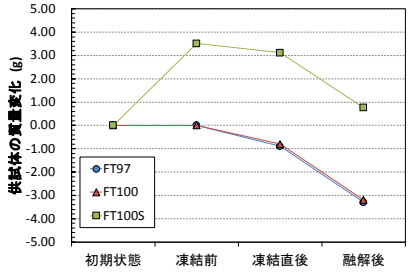

図 5　質量の変化

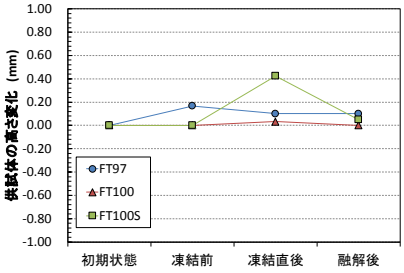

図 6　高さの変化

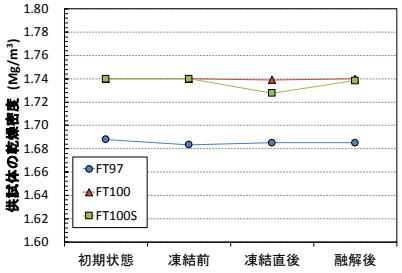

図 7　乾燥密度の変化

生じなかった．透水係数が若干大きくなったのは，凍結段階で供試体内の水分の膨張により空隙が拡張された影響と考えられる．

4．湿乾作用を受けた場合の品質変動確認

材料保管中および施工中，外的要因によりベントナイト混合土が湿潤状態となった場合を想定し，含水比上昇による透水性への影響を確認するため，FT97 のケースにおいて w_{opt}+8%，w_{opt}+10%とした場合について変水位透水試験を行った．既往の検討結果と今回の試験結果を，締固め曲線，透水係数と含水比の関係として**図 9** および**図 10** にまとめた．**図 9** の締固め曲線に示したように，湿潤作用により含水比が上昇すると乾燥密度が小さくなる．また，**図 10** に示したように，含水比の増加に伴い透水係数も大きくなる傾向が確認された．透水係数は含水比 19～20%の範囲で最も小さくなり，この含水比よりも湿潤側になると透水係数が大きくなる傾向を示した．施工後から飽和が進行し，含水比が大きくなる湿潤作用によって，透水係数が施工後の段階よりも大きくなることが予想される結果が得られた．

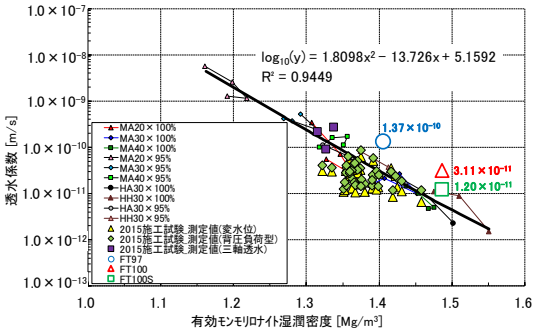

図 8　凍結融解の透水性への影響

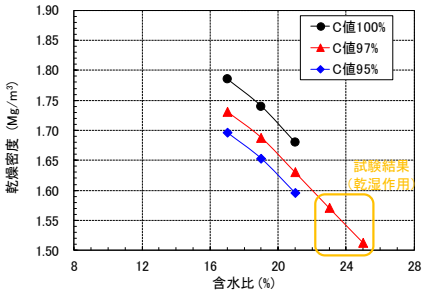

図 9　締固め曲線における本試験結果

5．まとめ

ベントナイト混合土の長期保管に関しては，製造後 0～3 日程度は締固め性，透水性とも若干ばらつく結果であったが，以降 1 週間程度は養生期間に依存せずほとんど変化は無かった．透水性に関しては 1 週間程度，締固め性に関しては 1 ヶ月程度の保管であれば影響が無いことが確認できた．凍結融解に関しても，締固め性と透水性への影響はほとんど無いことが分かった．飽和した供試体の場合でも，凍結による体積変化（膨張）は小さく融解に伴い元の体積に戻ることが確認できた．ただし，拘束が少なく乾燥密度が低下する場合は，影響が出る可能性がある．

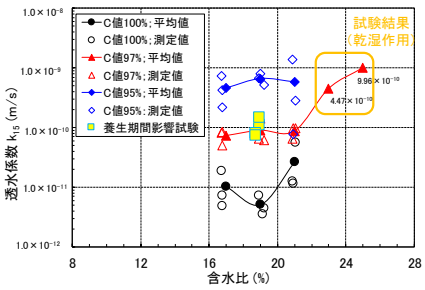

図 10　透水係数と含水比の関係

【参考文献】1) 山田淳夫，永井裕之，千々松正和，浪岡翔吾，工藤淳，増田良一，矢込吉則：難透水覆土の施工後品質測定における簡易手法による乾燥密度測定と補正に関する検討，第 72 回年次学術講演概要集，土木学会，Ⅲ-057, pp.113-114, 2017.