

Ca 型ベントナイト混合土の透水係数に関する評価（その1）
ーベントナイト混合率，試料混合方法の影響ー

早稲田大学 学生会員 ○崎田 知紀 正会員 小峯 秀雄
学生会員 篠崎 由梨 フェロー会員 後藤 茂
非会員 王 海龍
安藤・間 正会員 山田 淳夫

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の浅地中埋設処分において使用が計画されるベントナイト系緩衝材には，放射性核種の漏出を抑制するための要求性能として 1.0×10^{-9} m/s 以下の透水係数が求められる¹⁾。透水係数と他の指標の間に相関がある場合，代替指標の値から透水係数の推定が出来る．これにより現場において長期の試験期間を必要とする透水試験の結果に依らず，透水係数の推定が可能となり，品質管理上有利となるという利点がある．既往の研究では，ベントナイト混合土は含有するモンモリロナイトが透水性に影響するため，これに関係する代替指標が存在することが考えられている．そこで本研究では，Ca 型ベントナイト混合土の試料調整方法に着目し条件を変えて試料を作製し，供試体寸法が直径 60 mm，高さ 20 mm の差圧式小型変水位透水試験装置を用いて透水試験を行う．特にベントナイト配合率，混合方法に着目し試料を調整，作製した供試体の透水係数と，乾燥密度および有効モンモリロナイト湿潤密度の相関を評価し検討する．

2. 透水試験の概要

本試験で使用した材料のうち砂は青森県産コンクリート細骨材（土粒子の密度： $\rho_s=2.75$ Mg/m³）を用いた．また使用した Ca 型ベントナイトの基本的性質は表 1 に示すとおりである．混合土のベントナイト配合率は乾燥質量比で 15%もしくは 30%とし，ミキサー混ぜ²⁾，改良版袋振り混ぜ³⁾の二種類により試料混合を行った．また混合土の含水比が，C 法を適用した締固め試験における最適含水比近傍の 10~20%となるように調整した．調整後の混合土を直径 60 mm，高さ 20 mm の試験容器内に突き棒を用いて 2 層に分けて C 法相当の締固めエネルギーで締固めて供試体を作製した．供試体の事前飽和方法は，密閉水槽内に試験装置を入れ，水槽内の気圧を-0.1 MPa まで下げた後 24 時間静置し，供試体への浸水を促進させる方法を適用した．図 1 に差圧式小型変水位透水試験装置の概略図を示す．本研究では試験装置に接続する二重管ビュレット両方に加圧し，5~100 kPa の範囲で圧力差を付与する．なお水の通水方向は供試体の下端から上端方向とした．通水開始後一日毎に測定を行い，透水係数の値が平均値に対し $\pm 50\%$ の範囲に収まったことを確認した後三回以上測定を行い，各回で求めた透水係数の算術平均値を代表値とする⁴⁾．二重管ビュレットは最大容量：25.0 mL，最小目盛：0.1 mL と最大容量：50.0 mL，最小目盛：0.2 mL の二種類を使用した．「土の透水試験方法（JIS A 1218:2009）」より導出した式(1),(2)を用いて透水係数 k_{15} m/s を算出した．

表 1. Ca 型ベントナイトの基本的性質

土粒子の密度(Mg/m ³)	2.63
液性限界(%)	124.8
塑性限界(%)	55.9
塑性指数	68.8
モンモリロナイト含有率(%)	71.3

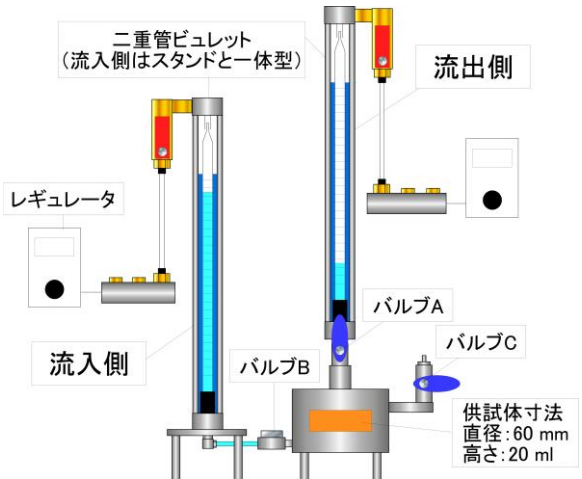


図 1. 加圧式小型変水位透水試験装置概略図

ここで, k_T : $T^{\circ}\text{C}$ における透水係数(m/s), a : 二重管ビュレットの断面積(cm^2), L : 供試体高さ(cm), A : 供試体断面積(cm^2), t_2-t_1 : 測定時間(s), h_1, h_2 : 時刻 t_1, t_2 における水位差(cm), γ_w : 水の単位体積重量(kN/m^3), P : 加圧した空気圧(Pa), k_{15} : 温度 15°C における透水係数(m/s), η_T/η_{15} : $T^{\circ}\text{C}$ と 15°C の粘性係数の比である.

3. 透水係数と各指標の相関評価

図2に締固めたCa型ベントナイト混合土の乾燥密度と透水係数の関係を示す. ミキサー混ぜの試験結果からベントナイト配合率が増すと透水係数が小さくなっていることが分かる. 本試験では1~2オーダーの範囲で透水係数に差が現れた. 図2中のプロットAについて, 透水係数が同条件の他のケースに比べ3オーダー程度大きくなっているが, この試験ケースは同条件内で供試体の初期含水比が10.0%と最も小さく, 唯一最適含水比よりも乾燥側である. 既往研究より, 膨潤性が低いCa型ベントナイトは飽和後の吸水膨潤性が低く, 透水係数が初期飽和度の影響を強く受けることが考えられており⁵⁾, それに準ずる結果となった. またベントナイト配合率30%のミキサー混ぜと改良版袋振り混ぜの試験結果を比較すると, 改良版袋振り混ぜの透水係数が1~2オーダー大きくなる結果となった. これについて, 改良型袋振り混ぜでは, ベントナイトの混合状況がミキサー混ぜに比べて不均質になっていると考えられ, これに起因して透水係数が大きくなったと推察する.

図3に締固めたCa型ベントナイト混合土の有効モンモリロナイト湿潤密度と透水係数の関係を示す. 各試験ケースでは, いずれも強い負の相関が確認でき, Ca型ベントナイト混合土の透水係数の代替指標に有効モンモリロナイト湿潤密度を適用し得る可能性が示唆される. またベントナイト配合率30%の全試験ケースに対して確認できるのは比較的弱い負の相関となった. このことから, 試料調整方法が有効モンモリロナイト湿潤密度と透水係数の相関に影響を及ぼす可能性が考えられる.

4. 結論

条件を変えて調整し締固めたCa型ベントナイト混合土の透水試験の結果を有効モンモリロナイト湿潤密度との相関性で整理した結果, 透水係数との相関性が高いことが分かった. このことより, 透水係数の代替特性として有効モンモリロナイト湿潤密度が適用し得る可能性が示唆される. また, 材料調整方法によって透水係数の大きさが異なることより, 材料調整の施工後品質への影響が生じることが考えられる.

参考文献 1)伊藤裕紀・庭瀬一仁・金子岳夫・千々松正和・中越章雄: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,土木学会第65回年次学術講演会,CS7-017,2010. 2)崎田知紀,小峯秀雄,篠崎由梨,山田淳夫:Ca型ベントナイト混合土の試料調整方法と締固め特性の相関評価,第15回地盤工学会関東支部発表会,構造1-6,pp.17~20,2018. 3)崎田知紀,小峯秀雄,篠崎由梨,後藤茂,王海龍,山田淳夫:砂-Ca型ベントナイト混合土を対象とした試料混合方法の再現性に関する評価,第54回地盤工学研究発表会(投稿中). 4)地盤工学会:低透水性土質系材料の活用と性能評価技術に関する研究委員会 研究報告書,pp.146-148. 5)地盤工学会:低透水性土質系材料の活用と性能評価技術に関する研究委員会 研究報告書,pp.60-90.

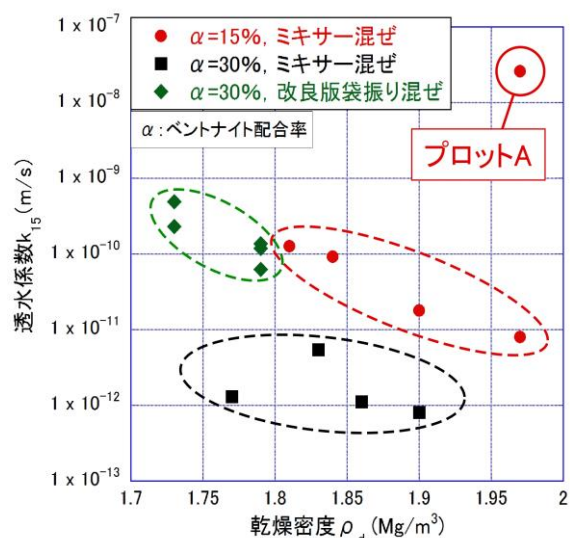


図2. 各試験ケースにおける透水係数と乾燥密度の関係

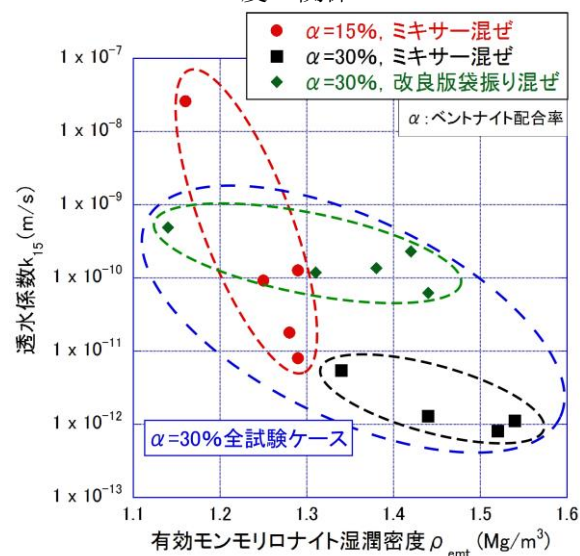


図3. 各試験ケースにおける透水係数と有効モンモリロナイト湿潤密度の関係