

コンシステンシー限界から求めたベントナイト配合表現法

(株)ホージュン (正)岡田朋子
 (財)地域 地盤 環境研究所 (正)福田光治
 岡山大学 大学院自然科学科 (正)水野克己
 岡山大学 環境理工学部 (正)西垣 誠
 京都大学大学院 地球環境学堂 (フェロー)嘉門雅史

1. はじめに 最終処分場の地下水汚染防止を目的としてベントナイト混合土が用いられている。性能評価として室内透水試験を実施しなければならないが、 10^{-8} cm/s オーダーの材料に対する透水試験は多くの時間が必要である。このため、より簡便、かつ確実な代替手法によって難透水性を評価する手法が望まれている。本論では、コンシステンシー限界を用いた新たなベントナイト配合手法を提案する。

2. 試験内容と結果 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赤城を 0 ~ 50 の割合とした。透水試験(JIS A 1218)と土の液性限界・塑性限界試験(JIS A 1205)を行った。ベントナイト混合土の締固め条件は、締固め試験 (JIS A 1210 : Ac 法) から求まる最大乾燥密度に対する乾燥密度 (締固め度 Dc)の比を、90%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採取し、締固め度 Dc90%となるよう静的締固め法により行った。塑性図(図-1)に示されるように、ベントナイト混合土の多くは膨潤性を有する粘土(CH)に位置している¹⁾。図-2に締固め度 90%の供試体に対する透水係数と間隙比(e)の関係を示す。図-2に示す配合量と間に透水係数にかかわる閾値があることが判る。しかし、要求される遮水性能を満足する配合量を求めるためには、図-2のように多くの透水試験と突固め試験などが必要である。図-2に示す閾値を、コンシステンシー限界だけで求めることが本研究の最終目標である。

3. 考察 細粒土の工学的性質の推定に塑性図が多く用いられるが、と同時にコンシステンシー指数(I_c)を用いて自然含水比におけるトラフィカビリティーの性状を把握することができる。自然含水比(w_n)をゼロと最適含水比(w_{opt})と飽和状態($Sr=100%$)におけるコンシ

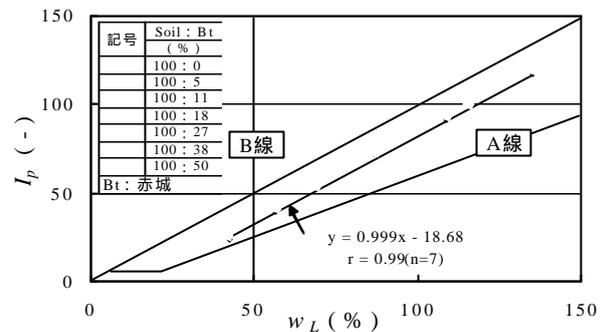


図-1 塑性図

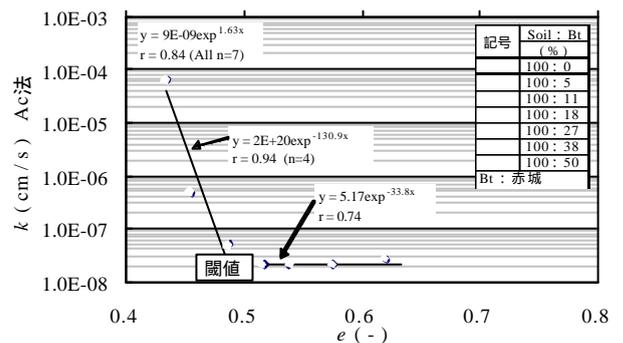


図-2 透水係数と間隙比(e)の関係

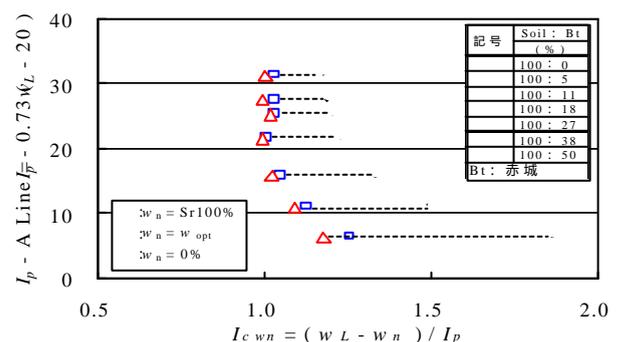


図-3 I_c と $I_p - 0.73(w_L - 20)$ の関係

ステンシー指数(I_c)と A 線からの距離 $I_p - 0.73(w_L - 20)$ の関係を図-3に示す。図-3から閾値を超えた配合では I_c の値がほぼ一定となることが判る。ここで、自然含水比(w_n)をゼロとしたときのコンシステンシー指数を $I_{cE} = w_n / I_p$ と表現し、 I_{cE} を水和エネルギーと定義する。

キーワード 廃棄物, 透水係数, コンシステンシー限界, ベントナイト混合土, トラフィカビリティー

連絡先 (株)ホージュン 〒379-0133 群馬県安中市原市 1433-1 027-385-0233 okada@hojun.co.jp

水和エネルギー(I_{cE})と透水係数の関係を図-4に示す。 I_{cE} の逆数と透水係数は高い相関性を示していることが確認される。これは、 I_{cE} が混合土の構造的安定性のみではなく、透水性も表現することが可能であり、相関係数(n=7)は0.96と高い。水和エネルギー(I_{cE})の逆数が大きくなるほど透水係数は減少しており、 $1/I_{cE}=0.7$ 付近にて透水係数 $\log k = -7$ になっている。 I_{cE} と透水係数との関係は、 I_{cE} の特性からも定性的に説明することが可能である。 I_{cE} の増加は液性限界(w_L)に対して、塑性指数(I_p)が減少することになり、両者の比が大きくなることを表している。水分保持力(水和エネルギー)に着目すると I_{cE} の小さなベントナイト混合土は、液性限界側の多量の間隙水(水和層)を保持した状態から、塑性限界側のごく微量な間隙水に至るまで、塑性体としての性質を保持することが可能であるといえる。これは、浸出水などの浸透エネルギーの減衰(ベントナイトが膨潤することで、難透水性に寄与する間隙の水和エネルギーが高まり、浸透する水のエネルギーを減衰)に寄与する粘土分などの細粒分含有量が適当な粒状体であることを意味しており、締固めによって難透水性を発揮できる間隙径分布が形成されると考えられる。

図-5にカオリン系などを用いた文献²⁾や工事事例¹⁾など、異なる粘土鉱物の質と量と土砂を変えた合計41ケースの、水和エネルギー(I_{cE})と透水係数の関係を示す。図-5に示す水和エネルギーを逆数に、透水係数を対数値にすると、図-6に示すように線形関係があり相関性は0.82と高い。すなわち、水和エネルギー(I_{cE})=1.2 ~ 1.3 以下になるような閾値を超えたベントナイト混合土(配合率)を選定すれば、透水係数 $k = 1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ を満足することになり、図-2に示す室内透水試験を実施することなく、コンシステンシー限界の測定によって透水係数を推算することが可能となる。

4. まとめ 水和エネルギー $I_{cE} = w_L / I_p$ と定義し、 I_{cE} をもちいて簡便なベントナイト配合手法を示した。従来、透水係数と間隙比(e)の関係では示すことが出来なかったが、水和エネルギーと透水係数の関係を線形関係で示すことができた。また相関性も 0.82 ~ 0.96 と高い。最終処分場計画・建設時において、図-7の例に示す地域住民を対象としたリスクコミュニケーションの工学的根拠としても有効性があると思われる。

参考文献 1)水野克己, 嘉門雅史, 星野 實, 氏原康博(2003): 最終処分場におけるベントナイト混合土の品質管理と性能評価事例, 地盤工学会, 土と基礎, Vol51, No.8, pp.30-31. 2)坪井秀夫・原田健二(2000): 締固め工法における中詰め材料としてのリサイクル材の適用性と評価, 地盤工学会, 土と基礎, Vol.48, No.6, pp.5-8.

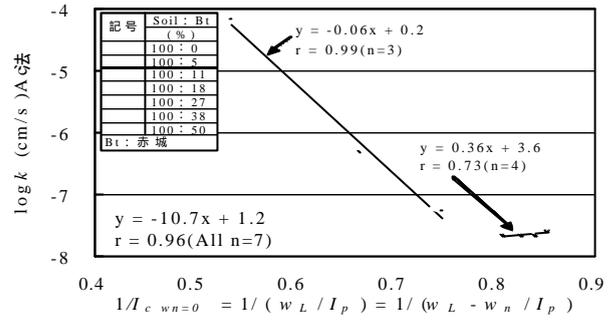


図-4 水和エネルギー($I_{cE} = w_L / I_p$)と透水係数の関係

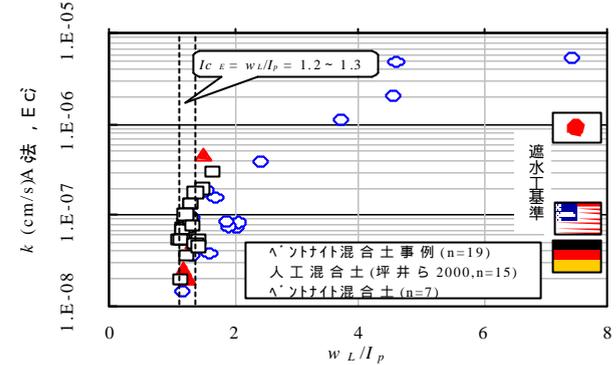


図-5 41 ケースの水和エネルギーと透水係数の関係

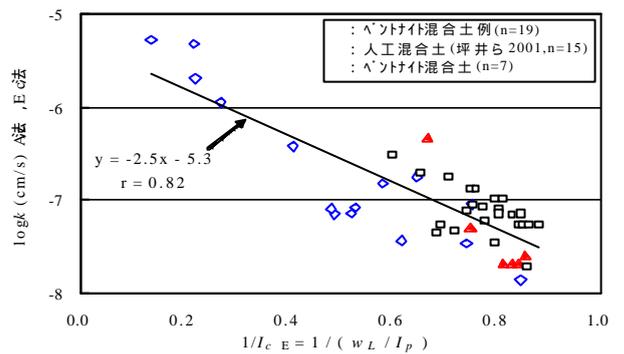


図-6 41 ケースの水和エネルギーと透水係数の関係

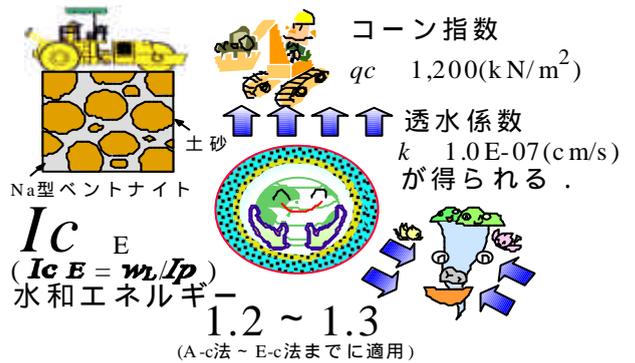


図-7 トラフィカビリティーを考慮した、ベントナイト配合の求め方

最終処分場計画・建設時において、図-7の例に示す地域住民を対象としたリスクコミュニケーションの工学的根拠としても有効性があると思われる。