

## コンシステンシー限界を用いたベントナイト配合設計とトラフィカビリティー

(財)地域 地盤 環境研究所 (正)藤原照幸  
 (独)国立環境研究所 (正)遠藤和人  
 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** ベントナイト混合土の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。ベントナイト混合土の工学的な課題とは、締固め前後の降雨による表面の泥土化と乾燥防止である。このためトラフィカビリティーと難透水性の確保を条件に、ベントナイトの配合量を最小頻度の試験にて求めることが必要である。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にあたり、トラフィカビリティーについて報告する。

**2. 試験内容** ベントナイト配合量に応じた強度特性を把握する目的でコーン指数試験(JIS A 1228)と土の液性限界・塑性限界試験(JISA1205)を行った。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。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  $D_c$ )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  $D_c90\%$ となるよう静的締固め法により行った。表-1に試験結果を示す。図-2にベントナイト配合量を変化させた場合の締固め曲線を示す。ベントナイト配合量の増加とともに  $d_{max}$  小さくなり  $w_{opt}$  は大きくなる。図-3に締固め度  $D_c90\%$ 条件で含水比を変化させた  $w$  - コーン指数の関係を示す。図-3の縦軸に示す  $q_c=1,200\text{kN/cm}^2$ (このときの  $w$  を  $w_q$  とする)が、ダンプトラックの走行に必要なコーン指数である。ベントナイト配合量(%)の増加に伴い、降雨による施工性の低下を防止することができる。しかし、図-3では多くの配合試験とコーン指数試験を必要とするため、簡便にベントナイト混合土のトラフィカビリティーを知ることは出来ない。

表-1 試験結果

項目	配合		s	$w_{opt}$	$d_{max}$	k
	まさ土	赤城	( $\text{g/cm}^3$ )	(%)	( $\text{g/cm}^3$ )	( $\text{cm/s}$ )
	100	0	2.633	14.1	1.834	6.50E-05
	100	5	2.625	14.3	1.803	4.70E-07
	100	11	2.635	15.2	1.771	5.10E-08
	100	18	2.639	15.9	1.739	2.10E-08
	100	27	2.643	16.1	1.718	2.10E-08
	100	38	2.596	17.9	1.648	2.10E-08
	100	50	2.601	18.7	1.605	2.50E-08

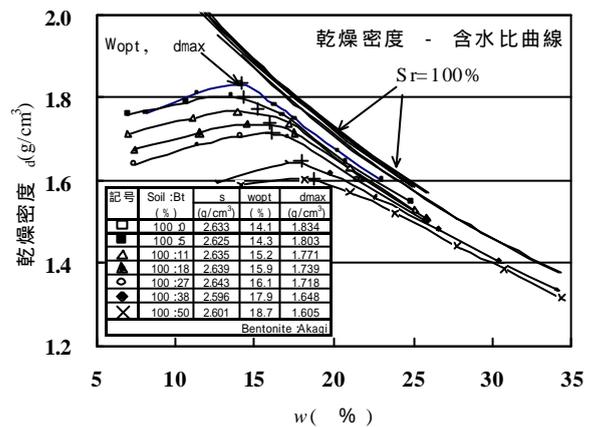


図-2 ベントナイト配合量を変化させた場合の締固め曲線

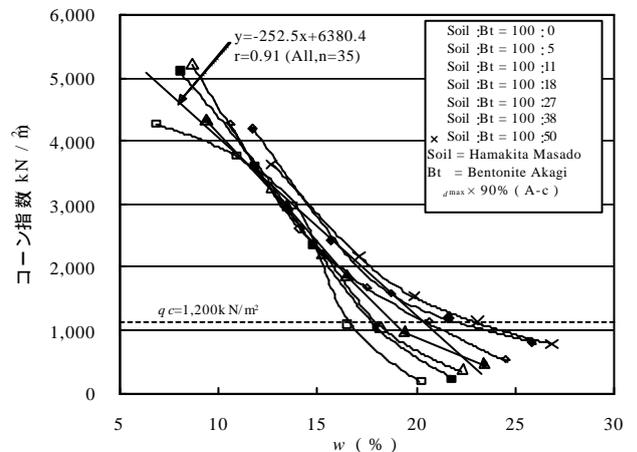


図-3 締固め度  $D_c90\%$ 条件で含水比を変化させた  $w$  - コーン指数の関係

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, 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

**3. 考察** 細粒土の工学的特性の推定に古くから図-4 に示す塑性図が用いられている。B 線を境にして圧縮性(膨潤性)の大小を、A 線 ( $I_p=0.73(w_L-20)$ ) を境にして透水性、タフネス(強じん性)、乾燥強さ(耐泥土化)、体積変化率の大小を推定することができる。また、コンシステンシー指数( $I_c$ )は、乱した状態で自然含水比におけるトラクター走行のトラフィカビリティーの性状を把握する目的で古くから経験的に用いられている<sup>1)</sup>。コンシステンシー指数は  $I_c=(w_L - w_n)/I_p$  によって計算され、 $w_n$  は自然含水比を表している。コンシステンシー指数( $I_c$ )は、土の含水比( $w$ )が  $w_L$  に対して相対的にどのような位置にあるかを示し、 $I_c$  が 1 に近い(自然含水比が塑性限界に近づく)と堅く強度が安定で、 $I_c$  が 0 に近い(自然含水比が液性限界に近づく)と軟弱で僅かの攪乱で不安定になり、 $I_c$  の値から安定性を知ることができる。

ベントナイト混合土で遮水工を構築する上で、最適含水比から飽和までの範囲内で、ベントナイト混合土の保有する水が圧密で排水され、表面が泥土化しないことである。特に、降雨あけ直ちに施工を開始できることが、全工程のクリティカルパスを管理する上で重要な課題である。表-1 に示す から までのベントナイト配合で、締固め度 90%

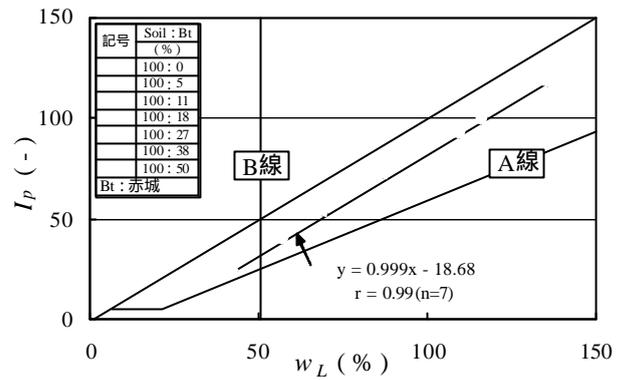


図-4 塑性図

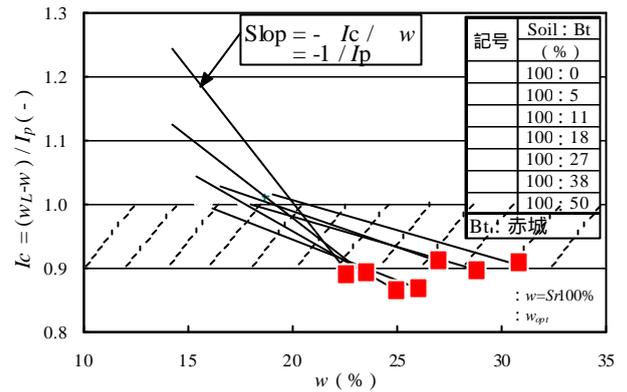


図-5  $I_p=0.73(w_L-20)$ とコンシステンシー指数( $I_c$ )の関係

に対する最適含水比( $w_{opt}$ )から飽和状態( $S_r=100\%$ )までのコンシステンシー指数( $I_c$ )の関係を図-5に示す。 から の配合ではトラフィカビリティーが確保できるが、難透水性( $k = 1.0E-07cm/s$ )を得ることはできない。しかし、以降の配合であれば含水比の幅(最適含水比から飽和度までの  $w$ )が大きく、可塑性(plasticity)が強くなりトラフィカビリティーが確保できる。なお、図-5に示す  $-1/I_p = -I_c/w$  すなわち勾配を示す。図-6に同じベントナイト配合で Ac 法と Ec 法による締固め法の違いによる、自然含水比( $w_n$ )をゼロと最適含水比( $w_{opt}$ )と飽和状態( $S_r=100\%$ )におけるコンシステンシー指数( $I_c$ )と A 線からの距離  $I_p=0.73(w_L-20)$  の関係を示す。塑性限界試験は、ひもすなわち供試体をころがすことにより圧縮引っ張り応力を与え、密度は増大し力学的挙動の臨界点である塑性限界( $w_p$ )は細密充填に達する<sup>1)2)</sup>。このようにメニスカスの破綻が乾燥側と湿潤側で存在する。乾燥側が塑性限界で湿潤側が液性限界でありメニスカスが保たれている限り塑性体として保たれる。このため、自然含水比( $w_n$ )をゼロとした  $I_c$  の値では Ac 法( $550kJ/m^3$ )と Ec 法( $2,500kJ/m^3$ )による締固めエネルギーの影響は小さいと考えられる。

**4. まとめ** 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では、遮水性とトラフィカビリティーの両者を満足する範囲が重要であり、図-6に示すように自然含水比( $w_n$ )をゼロとしたときの、コンシステンシー指数( $I_c = w_L/I_p$ )が、おおよそ 1.2 ~ 1.3 の範囲であれば遮水性とトラフィカビリティーが確保できる。

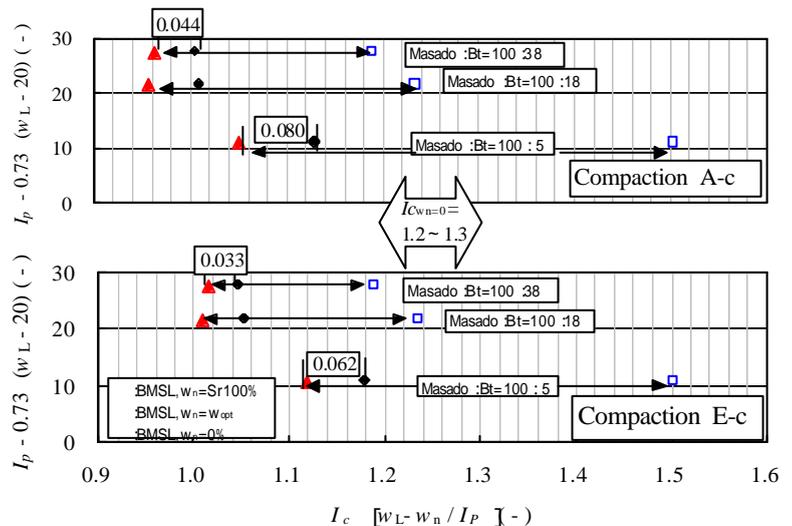


図-6  $I_p=0.73(w_L-20)$ とコンシステンシー指数( $I_c$ )の関係

参考文献 1)久馬一剛(1997)：最新土壌学，朝倉書店。2)東山 勇(1974)：Atterberg Limits の工学的意義，土壤物理学会，土壤の物理性 30,pp.23-28。