

III-A 271 ベントナイトを混合した遮水材料の透水係数の一整理方法

鹿島技術研究所 正会員 平 和男
 鹿島技術研究所 正会員 深沢栄造
 鹿島技術研究所 正会員 田中俊行

1. はじめに

フィルダム、一般廃棄物処分施設、放射性廃棄物埋設施設等の高い遮水性能が要求される構造物の遮水材料に適用することを目的として、礫混入ベントナイト混合土（礫+砂+ベントナイト+水）に関する一連の研究を実施している¹⁾。これまで、礫混入ベントナイト混合土の透水特性に及ぼす要因（ベントナイト混入率、礫混入率、締固め時の含水比）の影響について検討した。

本報文では、ベントナイトの混合材料の透水係数を評価する指標として、『有効ベントナイト湿潤密度』を用いれば、礫混入ベントナイト混合土、ベントナイト混合土（砂+ベントナイト+水）やベントナイト（ベントナイト+水）の透水係数を統一的に整理できることを報告する。

2. 使用材料と試験条件

図-1に試験の使用材料の粒度分布を示す。

礫(G)はコンクリート用粗骨材(最大粒径20~5mm)を、砂(S)は図示する粒度範囲のものを用いた。ベントナイト(B)は、Na型ベントナイト(山形県産)を用いた。

検討に供した遮水材料は、①礫混入ベントナイト混合土¹⁾、②ベントナイト混合土^{2), 3)}、③ベントナイト(単体)の3種類の材料である。

表-1に配合条件及び試験結果を示す。

表中には、礫混入率 $G_m(=G/(G+S+B)(\%))$ 、砂混入率 $S_m(=S/(G+S+B)(\%))$ 、ベントナイト混入率 $B_m(=B/(G+S+B)(\%))$ 、締固め時の初期含水比 $w(\%)$ 、乾燥密度 $\rho_d(t/m^3)$ 、有効ベントナイト湿潤密度 $\rho_{tB}(t/m^3)$ を示す。また、試験方法、供試体寸法、動水勾配 i も併記する。

礫混入率は、礫を50~70%混入すれば、礫を混入しない場合と比較して、高い締固め密度や低い透水係数が得られることから、 G_m を40~70%の範囲とした。

試験試料の作成は、①、②はランマーによる突固め方法で、③は、一軸圧縮試験機を用いて静的に圧縮する方法で行った。

3. ベントナイトの混合材料の透水係数の評価

今回、対象としたベントナイトを混合した遮水材料の透水係数等を評価する指標として、有効ベントナイト間隙比 $e_B(=V_v/V_B)$ ⁴⁾やSpecific Clay Volume V_{c5} ⁵⁾を用いて整理する方法が提案されている。

一般の土質材料では、図-2に示すように、 ρ_d と飽和透水係数 k の関係では、同じ ρ_d や間隙比 e でも乾燥側と湿潤側で k が異なり二つの値を持ち、 k は、初期の含水比 w の湿潤側の方が乾燥側より、小さい値を

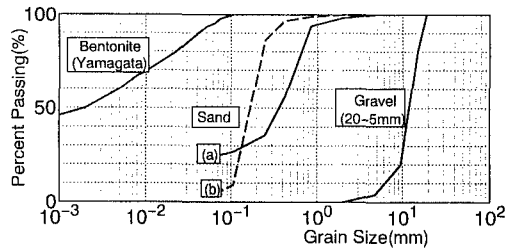


図-1 使用材料の粒度分布

表-1 試験条件及び試験結果

No.	G_m (%)	S_m (%)	B_m (%)	w (%)	ρ_d (t/m^3)	k (cm/sec)	ρ_{tB} (t/m^3)	試験方法及び 動水勾配 i
1	40	51.0	9.0	12.9	1.899	5.90E-09	1.183	定水位透水試験 JIS A 1218 $\phi 100 \times h 127.3mm$ $i = 79 \sim 157$
2	40	42.0	18.0	13.7	1.880	7.30E-10	1.416	
3	50	42.5	7.5	5.7	1.942	1.85E-08	0.784	
4	50	42.5	7.5	8.7	2.002	4.70E-09	1.060	
5	50	42.5	7.5	12.9	1.942	2.62E-09	1.212	
6	50	42.5	7.5	15.5	1.902	2.93E-09	1.284	
7	50	35.0	15.0	5.6	1.932	5.23E-10	1.038	
8	50	35.0	15.0	9.7	1.992	6.21E-10	1.351	
9	50	35.0	15.0	12.8	1.932	5.76E-10	1.401	
10	50	35.0	15.0	14.5	1.892	5.71E-10	1.409	
11	60	34.0	6.0	11.5	2.000	1.00E-09	1.403	
12	60	22.0	18.0	10.9	1.974	5.60E-10	1.472	
13	70	15.0	15.0	11.0	1.906	4.50E-10	1.286	
14	0	85.0	15.0	14.0	1.830	1.00E-09	1.256	三軸透水試験 $\phi 50 \times h 25mm$ 拘束圧 1.0kgf/cm ² 変水位法
15	0	85.0	15.0	17.8	1.755	9.00E-10	1.290	
16	0	85.0	15.0	22.6	1.625	1.50E-09	1.231	
17	0	89.3	10.7	11.5	1.820	6.00E-09	1.015	定水位透水試験 $\phi 80 \times h 25 \sim 30mm$ $i = 20 \sim 50$
18	0	89.3	10.7	16.5	1.790	2.50E-09	1.193	
19	0	89.3	10.7	21.5	1.640	3.00E-09	1.154	
20	0	0	100.0	5.8	1.300	9.00E-10	1.375	
21	0	0	100.0	5.8	1.500	8.00E-11	1.587	
22	0	0	100.0	5.8	1.670	5.00E-11	1.767	
23	0	0	100.0	5.8	1.720	7.00E-11	1.820	
24	0	0	100.0	5.8	1.780	2.00E-11	1.883	

とることが知られている。

そこで、筆者らは、その事実に基づいて、図-3に示す礫と砂の骨格部分を除いたベントナイトと間隙の部分のみの初期の湿潤密度を、有効ベントナイト湿潤密度 ρ_{tB} (式(1))と定義し、透水係数を整理する方法を試みた。

$$\rho_{tB} = \frac{W_B + W_w}{V_B + V_v} = \frac{B_m(\%) + w(\%)}{\frac{B_m(\%)}{r_w \cdot G_B} + \frac{100 \cdot w(\%)}{S_r(\%)}} \quad (1)$$

ここに、 W_B 、 V_B 、 W_w 、 V_v ：混合土中のベントナイトのみの重量、体積、水の重量、間隙の体積、 S_r ：初期飽和度、 w ：初期含水比、 G_B ：ベントナイトの土粒子の密度(2.70)

図-4に k と ρ_{tB} の関係を示す。なお、ベントナイト(単体)の湿潤密度 ρ_t と ρ_{tB} は同じ値となる。

この図から、今回の試験結果の範囲では、 $\log k$ と ρ_{tB} の関係はほぼ直線関係にあり、相関係数 $r=0.96$ と良好な相関関係が得られた。式(2)に k と ρ_{tB} の相関関係式を示す。

$$k = 3.70 \times 10^{-2.71 \rho_{tB} - 6} \quad (2)$$

このことから、 ρ_d 、 e が同じ値でも w が変化すると k が異なる土質材料の透水係数の評価は、『有効ベントナイト湿潤密度』で整理するのが良好であると考えられる。したがって、礫混入ベントナイト混合土、ベントナイト混合土、ベントナイト単体の全て透水係数は、 ρ_{tB} を用いれば良好に整理できることができると言えよう。すなわち、 B_m 、 S_r 、 w が分かれば、式(1)から ρ_{tB} を算出し、式(2)から透水係数を予測できるものと考えられる。

4. まとめ

今回、ベントナイトの混合材料の透水係数を有効ベントナイト湿潤密度 ρ_{tB} を用いて整理した結果、礫、砂、ベントナイト混入率の相違、乾燥密度、含水比等の相違に係わらず、混合材料の透水係数を良好に整理することができることが分かった。

参考文献

- 1) 田中・深沢・平・須山：人工地盤構築材料の開発(その3)、鹿島技術研究所年報、Vol.43、1995.12.
- 2) T.C.Kenny, et al: Hydraulic conductivity of compacted bentonite-sand mixtures, Can. Geotech. J., 29(3), 1992.
- 3) 谷澤・今村他：ベントナイト・砂混合土の透水特性、土木学会第48回年次講演会、1993.9.
- 4) 緒方・小峰：ベントナイト-砂混合材料の透水係数に関する一考察、第29回地盤工学研究発表会、1994.6.
- 5) Graham, J., et al.: Strength and Volume Change Characteristics of a Sand-Bentonite Buffer, Proc. 2nd Conf. on Radioactive Waste Management, Canadian Nuclear Society, 1986.

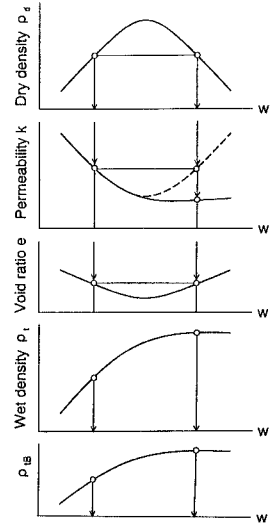


図-2 ρ_d 、 e 、 k 、 ρ_t 、 ρ_{tB} と w の関係図

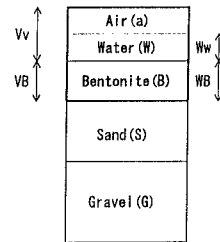


図-3 有効ベントナイト湿潤密度 ρ_{tB}

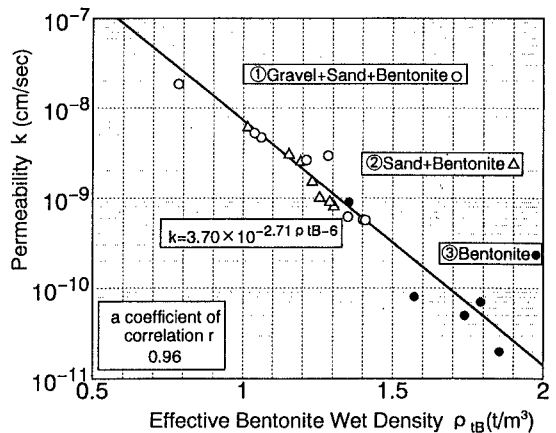


図-4 k と ρ_{tB} の関係