

セメント・ベントナイト混合土の透水および強度特性について

大林組技術研究所 正員○日笠山徹巳 正員 鳥井原 誠
松尾 龍之

1. まえがき

著者らは、廃棄物最終処分場のしゃ水構造のひとつである土質材料による難透水層（土質しゃ水層）とシートを組合せたしゃ水構造の内、土質しゃ水層の設計や施工、品質管理に関する研究を行っている。昨今、現地発生土砂にベントナイトやセメントあるいは両方を混合した材料を土質しゃ水材として利用する工事例が増加している。そこで、セメント・ベントナイト混合土の透水および強度特性を明らかにするために、セメントやベントナイトの混合率、あるいは供試体作製時の含水比を変化させた室内配合試験を数シリーズに分けて実施してきた。本文は、それらの試験結果をまとめるとともに、得られた知見を述べる。

2. 試料

試験で用いた現地発生土砂は、細粒分を 7%程度含有する山砂であり、その基本物性を表 - 1 に示す。ベントナイトは赤城 250#（豊潤鉱業）を、セメントは普通ポルトランドセメント（太平洋セメント）を用いた。

3. 試験要領

3.1 試験項目および方法 試験項目は、締固め試験、透水試験、一軸圧縮試験であり、それぞれの試験方法を表 - 2 に示す。

3.2 試験ケース 表 - 3 に試験配合（山砂の乾燥質量比）と、各配合における最大乾燥密度 ρ_{dmax} および最適含水比 w_{opt} を示した。供試体作製時の含水比は、自然含水比 w_n の山砂にベントナイト、セメントを混合した場合（「自然含水比配合」と称す）と、それぞれの配合で得られた最適含水比になるように加水混合した場合（「最適含水比配合」と称す）の 2 ケースとした。供試体の密度（締固め度 D_c ）は、3 ケースとした。なお、各配合における供試体条件をまとめて表 - 3 に示す。

4. 試験結果および考察

4.1 締固め試験 最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 w_{opt} を表 - 3 に示す。

4.2 透水試験

（1）セメント混合率と透水特性 ベントナイト混合率 B0、6.4、10%、締固め度 D_c 100%程度のケースにおける、セメント混合率 C と透水係数 k の関係を図 - 2 に示す。

ベントナイト無混合 B0%の場合、セメント混合率が増えると透水係数は小さくなるが、その低下度合いは、今回の混合率の範疇では 1 オーダー程度である。ベントナイト混合率 B6%では、セメントの混合により、透水係数が一度大きくなり、その後低下傾向が見られる。ベントナイトの膨潤作用が、セメントのアルカリ分により阻害されたためと思われる。自然含水比配合である B10%は、締固め度 D_c が 100%近くであったにも関わらず、セメント混合による透水係数の増加が顕著であ

表 - 1 山砂の基本物性

区分	試験項目	山砂
一般	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	2.774
	自然含水比 $w_n(\%)$	14.5
粒度	最大粒径 $D_{max}(mm)$	2.0
	砂分 $(\%)$	93.0
	細粒分 $(\%)$	7.0
	均等係数 U_c	1.64
締固め	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(g/cm^3)$	1.492
	最適含水比 $w_{opt}(\%)$	24.0
透水	透水係数 $k(cm/s)$	8.24E-05

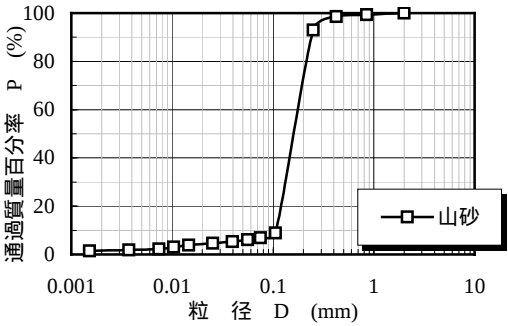


図 - 1 試験粒度

表 - 2 試験方法

試験名	方法	規準
締固め試験	突固め (A-c) 法	JGS 0711
透水試験	変水位法 $\phi 10 \times h10cm$	JGS 0311
一軸圧縮試験	$\phi 5 \times h10cm$, 材令7日	JCAS L-01

表 - 3 試験ケースおよび供試体条件

試験配合（山砂乾燥質量比）			ρ_{dmax} (g/cm ³)	w_{opt} (%)	w_n (%)	供試体作製 含水比	供試体の締固め度		$D_c(\%)$
山砂	ベントナイト	セメント					(1)	(2)	
乾燥質量	0%	2.0%	1.524	22.0	11.4	w_{opt}	—	—	100
		3.4%	1.531	22.0	11.2	w_{opt}	—	—	100
		6.8%	1.553	21.0	11.0	w_{opt}	—	—	100
	5%	0.0%	1.630	20.8	13.6	w_n	89	94	98
		0.0%	1.604	21.4	13.6	w_{opt}	80	90	100
	6.4%	2.0%	1.586	22.6	13.4	w_{opt}	80	90	100
		3.4%	1.597	21.0	13.1	w_{opt}	80	90	100
		6.8%	1.614	20.4	12.5	w_{opt}	80	90	100
	10%	0.0%	1.620	21.2	13.3	w_n	89	94	98
		3.0%	1.612	21.5	13.1	w_n	87	93	98
		5.0%	1.620	21.2	12.9	w_n	88	93	97
		10.0%	1.634	20.2	12.3	w_n	87	92	97
	15%	0.0%	1.603	21.7	13.0	w_n	89	94	99
		20%	0.0%	1.578	21.0	12.8	w_n	90	95

キーワード；ベントナイト混合土、セメント混合土、締固め特性、透水特性、強度特性

連絡先；〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0910 FAX 0424-95-0903

る。その際の透水係数は、山砂単体の透水係数相当であり、しゃ水効果が全く見られない。

最適含水比配合の B6%と自然含水比配合の B10%を比較すると、セメント・ベントナイト混合土では、ベントナイト量の影響よりも施工含水比の影響が大きい。このことより、土質しゃ水層造成において、乾燥側での施工は危険であることがわかった。

(2) 締固め度と透水特性 各試験ケースの締固め度 D_c と透水係数 k の関係を図 - 3 に示す。

この図より、セメント無混合 C0%のベントナイト混合土は自然含水比配合であっても、ベントナイト混合率 10%以上であれば十分な締固めにより、しゃ水効果が期待できる。セメント・ベントナイト混合土は、自然含水比配合ではしゃ水効果は期待できないが、最適含水比配合相当の湿潤側でかつ十分な締固めにより、しゃ水効果を高めることができる。セメント・ベントナイト混合土における乾燥側の配合では、セメントとの水和反応に試料中の水分が優先的に利用され、ベントナイトの膨潤作用がよりいっそう阻害されたと考えられる。

(3) 一軸圧縮強度特性 締固め度 D_c と一軸圧縮強度 q_u の関係を図 - 4 に示す。

自然含水比配合と最適含水比配合を比較すると、セメント混合率が大きいにも関わらず、自然含水比配合の一軸強度は最適含水比配合より小さい。乾燥側の施工では十分なセメント固化反応は期待できない。

なお、著者らは、文献 1) においてセメント・ベントナイト混合土の混合から締固めまでの時間と透水係数の関係を報告し(図 - 5)、混合から締固め完了までの時間が透水係数に大きく影響を及ぼすことを指摘した。

5. まとめ

以上の結果より、次のような知見を得た。

- ・ベントナイト混合率 10%以上のベントナイト混合土は、自然含水比配合であっても十分な締固めにより、しゃ水効果が期待できる。
- ・セメント混合率 10%程度までのセメント・ベントナイト混合土は、乾燥側(自然含水比配合相当)では十分締固めたとしても、しゃ水効果が見込めない。
- ・したがって、セメント・ベントナイト混合土による土質しゃ水層造成に当たっては、少なくとも最適含水比相当に加水混合し、施工含水比が乾燥側に移行しないように留意しながら十分締固めるとともに、混合から締固めが終了する時間を考慮した施工方法を検討しなければならない。

《参考文献》1) 日笠山他：現地発生土を用いた廃棄物処分場のしゃ水工法の開発、大林組技術研究所報、No.61、(2000.7)

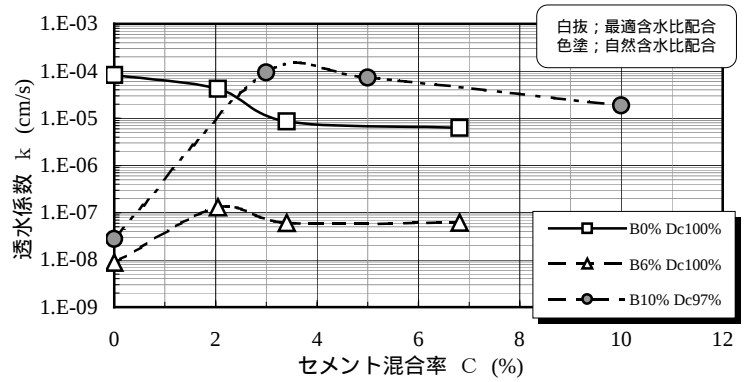


図 - 2 セメント混合率 C と透水係数 k の関係

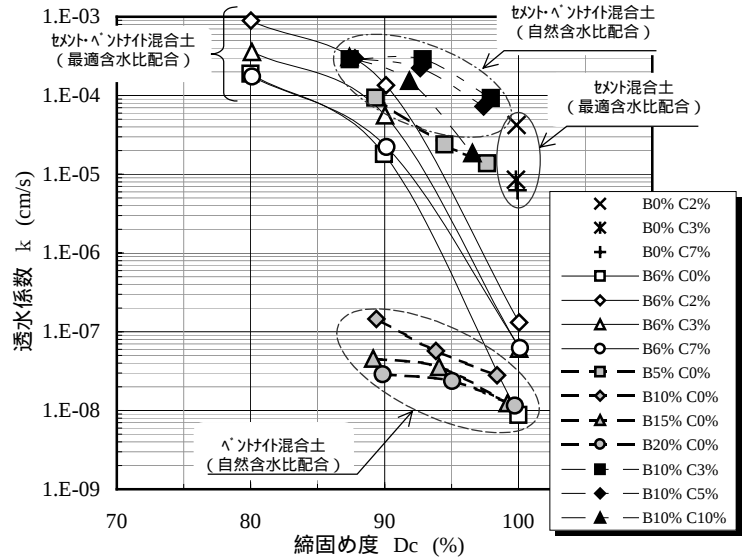


図 - 3 締固め度 D_c と透水係数 k の関係

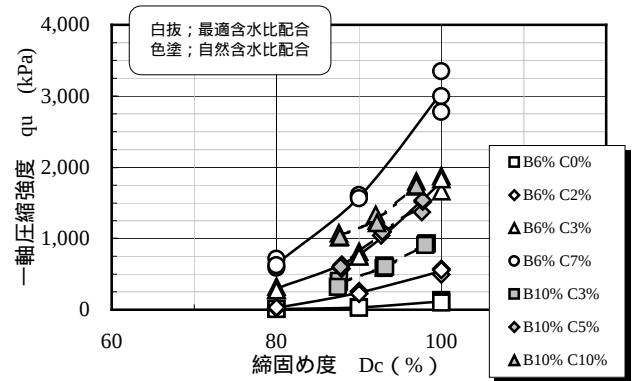


図 - 4 締固め度 D_c と一軸圧縮強度 q_u の関係

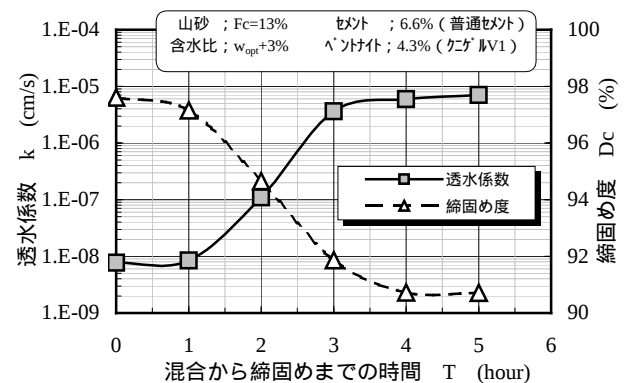


図 - 5 混合から締固めまでの時間と透水係数¹⁾