

# 礫を混入した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 平間邦興  
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)とシートを組合わ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。今回、土質しゃ水層の設計法確立のために、現地発生山砂にベントナイトや礫を混合し、それらの混合率が土質しゃ水材としての透水や強度特性に及ぶ影響について検討を行った。

## 2. 試料

山砂は細粒分を 10%程度含有する現地発生砂を、礫はコンクリート用碎石(JIS2005)を用いた。ベントナイトは、赤城 250#である。表 - 1 にこれらの基本物性を示す。

表 - 1 試料の基本物性

試料名		山砂	礫	ベントナイト
		富津産	JIS2005	250#
土粒子密度	$\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.711	-	2.600
礫比重	$G_s$	-	2.688	-
礫吸水率	$Q_s$ %	-	0.64	-
平均粒径	$D_{50}$ mm	0.29	8.50	-

## 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、三軸圧縮試験であり、それぞれの試験方法を表 - 2 に示す。なお、透水および三軸試験の供試体は、締固め試験で得られた最適含水比  $w_{opt}$ 、最大乾燥密度  $d_{max}$  の条件で作製した。

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-T-711
透水試験	変水位法、15 × 12.5cm	JGS-T-311
三軸圧縮試験	飽和CU、10 × 20cm	JGS-T-522

3.2 試験ケース 締固めおよび透水試験は、下式で定義する礫率  $P_g$  が 4 ケース (0、20、40、60%)、ベントナイト率  $P_b$  が 4 ケース (0、5、10、15%) の計 16 ケースの混合材料を対象にした。三軸圧縮試験は、 $P_g$  が 3 ケース (20、40、60%)、 $P_b$  が 3 ケース (0、5、10%) の計 9 ケースを行った。図 - 1 に試験粒度の粒径加積曲線を原試料とともに示す。

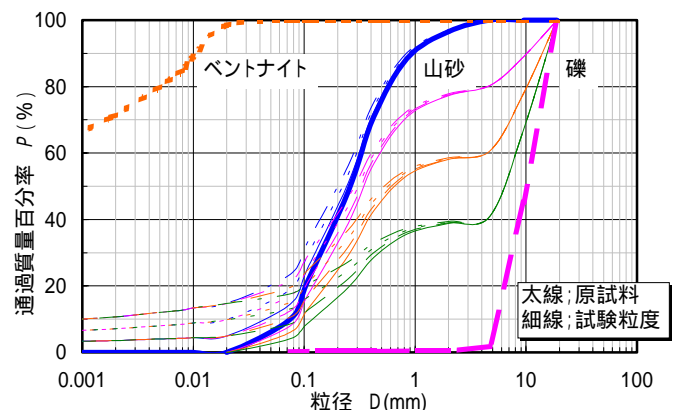


図 - 1 試験粒度

$$P_g = \frac{[\text{礫質量}]}{[\text{全質量 (山砂 + 礫 + ベントナイト)}]}$$

$$P_b = \frac{[\text{ベントナイト質量}]}{[\text{全質量 (山砂 + 礫 + ベントナイト)}]}$$

## 4. 試験結果および考察

4.1 締固め試験 締固め試験結果の内、礫率  $P_g$  と最大乾燥密度  $d_{max}$  の関係を図 - 2 に示す。同図には、礫の占める体積を除いた山砂とベントナイト部分のみの乾燥密度  $d_c$  も合わせて示す。この図より、 $P_g=0 \sim 60\%$  ではベントナイト率  $P_b$  が一定ならば  $P_g$  が増加に伴い、 $d_{max}$  はほぼ比例して増大する。 $d_c$  については、 $P_g=0 \sim 40\%$  はほぼ 0% 時の密度と同程度か若干小さい程度であるが、それ以降急激に減少し、その傾向は  $P_b$  が大きいほど顕著である。 $P_g$  が 0~40% 程度までは山砂とベントナイト部分のマトリックス中の礫が締固めエネルギー

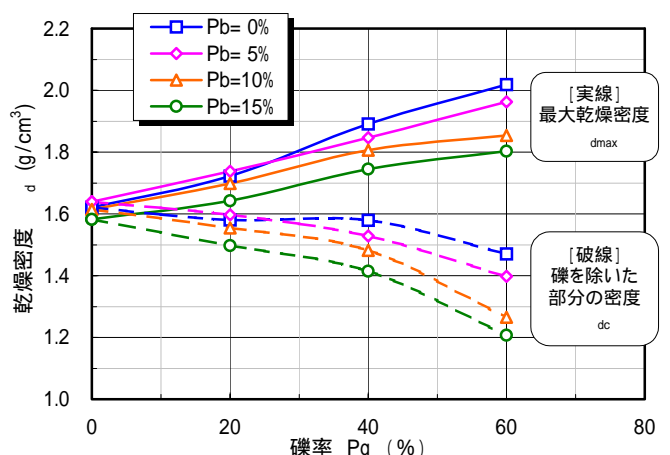


図 - 2 礫率  $P_g$  と最大乾燥密度  $d_{max}$  および礫を除いた部分の密度  $d_c$

キーワード ; ベントナイト混合土、礫、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

一の伝達機構に關与せず<sup>1), 2)</sup>、砂ベントナイト混合土の締固め特性を有していることを示す。

4.2 透水試験 透水試験の結果について、ベントナイト率  $P_b$  と透水係数  $k$  の関係を図 - 3 に示す。この図より、 $k$  は  $P_b$  が 0~10% までは急激に低下するが、それ以降の低下傾向は少ない。礫率  $P_g$  に着目すると、 $P_b$  一定では  $P_g$  が大きいほど  $k$  が小さい傾向がある。この現象を明らかにするために、砂に対するベントナイト率  $P_{bs}$  (=ベントナイト質量/山砂質量) で透水係数  $k$  を整理すると図 - 4 となる。その結果、礫を混合したベントナイト混合土の透水係数  $k$  は、礫率  $P_g$  に関わらず砂とベントナイトの配合条件  $P_{bs}$  に依存する。

### 4.3 三軸圧縮試験

(1) モール円 三軸試験の結果より得られるモール円を、礫率  $P_g = 40\%$  を例に図 - 5 に示す。この図より、ベントナイト率  $P_b$  が 0~10% と増加すると、各拘束圧  $\sigma_3$  (49, 98, 196kPa) において最大せん断強度  $\sigma_{1-3max}$  ( $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}/2$ ) が急激に小さくなるのがわかる。この傾向は、 $P_g = 20, 60\%$  でも同様であった。

(2) せん断抵抗角  $\phi_{cu}$  せん断抵抗角  $\phi_{cu}$  に及ぼす礫やベントナイトの影響を明確にするために、砂に対するベントナイト率  $P_{bs}$  を横軸に  $\phi_{cu}$  を図 - 6 にまとめる。この図より、 $P_{bs}$  が一定であれば  $P_g$  が増加すると  $\phi_{cu}$  も大きくなり、一方、 $P_g$  が一定であれば  $P_{bs}$  が増加すると  $\phi_{cu}$  は小さくなる。

(3) 粘着力  $c_{cu}$  粘着力  $c_{cu}$  は、砂に対するベントナイト率  $P_{bs}$  一定では礫率  $P_g$  の影響は見られなかったが、 $P_{bs}$  が増大するにつれて 100kPa から 60kPa へと小さくなった。これは、 $P_b$  が増加すると、図 - 5 のモール円に示すように最大せん断応力  $\sigma_{1max}$  が高い拘束圧ほど小さくなったためと考える。

## 5. まとめ

礫を混入したベントナイト混合土の土質しゃ水材としての基本物性を把握するために、締固め、透水、三軸圧縮試験を実施した。その結果は、次のとおり。締固め特性は、礫率  $P_g$  が 0~40% 程度までは礫を除いた部分の特性に支配される。透水係数  $k$  は、礫率  $P_g = 0~60\%$  では礫率  $P_g$  に関わらず、砂に対するベントナイト率  $P_{bs}$  に依存する。せん断抵抗角  $\phi_{cu}$  は、砂に対するベントナイト率  $P_{bs}$  が一定であれば礫率  $P_g$  が大きいほど大きく、 $P_g$  が一定であれば  $P_{bs}$  が大きいほど小さい。

《参考文献》1) 久楽ら、「締め固めた礫まじり土の工学的性質に関する実験的研究」、土と基礎 Vol.31-2, 1983.2, 2) 日笠山ら、「粗粒材料の締固め特性(その1)」、大林組技研報 NO.51, 1995.8

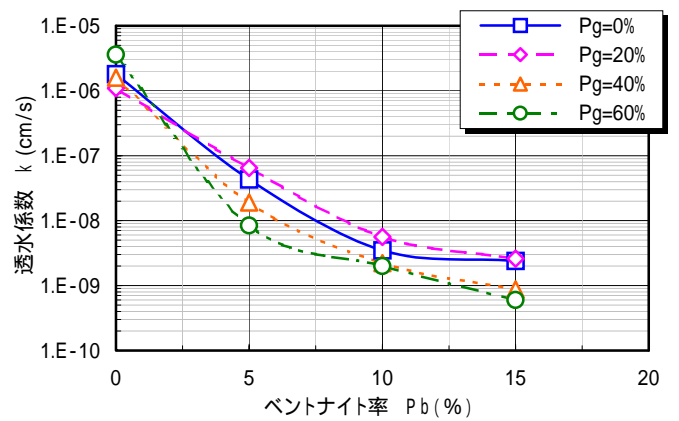


図 - 3 ベントナイト率  $P_b$  と透水係数  $k$

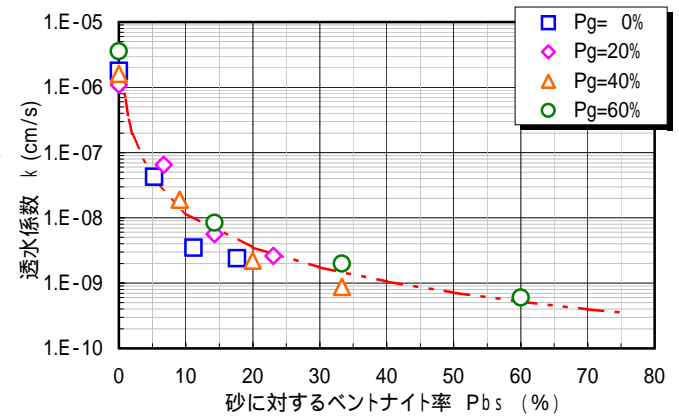


図 - 4 砂に対するベントナイト率  $P_{bs}$  と透水係数  $k$

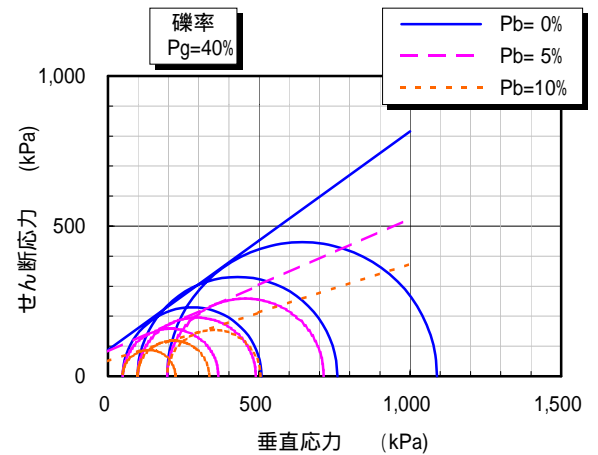


図 - 5 モール円

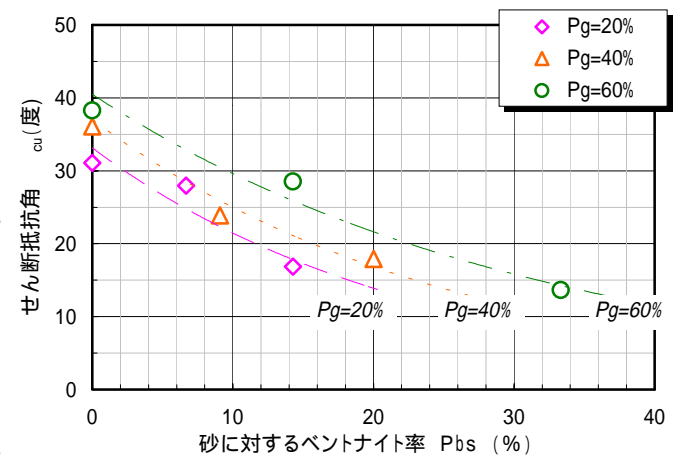


図 - 6 砂に対するベントナイト率  $P_{bs}$  とせん断抵抗角  $\phi_{cu}$