# 浚渫土を原料土として作製した固化破砕粒子のせん断強度特性

五洋建設㈱	Æ	新舎 博	Æ	堤	彩人
五洋建設㈱	Æ	○安藤有司			

## 1. はじめに

浚渫土を原料土として作製した固化処理土を破砕し、この破砕粒子を砂礫の代替品として護岸背面の裏埋などに利用 することができれば好都合である.また、その一方で、固化破砕粒子は固化材添加量によって粒子強度が大きく変化し <sup>1)</sup>、固化材添加量が少ない場合に転圧・攪乱を受けて粒子破砕が生じると、砂礫の力学特性が失われて粘土化すること が報告されている<sup>2)</sup>.しかしながら、固化材添加量が多い場合には砂礫としての力学特性を維持する可能性が高いので、 本研究では固化材添加量が100~400 kg/m<sup>3</sup>の場合について、固化破砕粒子のせん断強度特性を調査した.

# 2. 破砕粒子の作製

実験で使用した粘土の物理特性を表-1に示す.粘土は名古屋港海 成粘土を使用した.

固化処理土の配合を表-2 に示す. 固化材は高炉セメント B 種を用い, 固化材と水の質量比が1:0.7のスラリー添加とした. 固化材添加量は含水比を110%に調整した粘土 1m<sup>3</sup>に対して, 100, 200, 300 および 400 kg とした(外割配合).実験での破砕粒子は, 次のように作製した.

- 1) 粘土の含水比を110%(液性限界 wLの1.3倍)に調整した.
- 2) 粘土と固化材スラリーを混合した後,直径 5 cm×長さ 40cm の ビニール袋に入れ、20 ℃,湿度 60 %の恒温室で養生した.試料の作製方法は「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法」 (JGS 0821-2009) に準じた.
- 3) 材齢28日になると、処理土を約1kgのハンマーを用いて人力で5cm立方程度以下の塊に破砕し、その後、破砕機(アルカリ反応試験機1023-A共通)を用いて約10mm以下に破砕した.
- 4) 破砕粒子はふるい分け、次の3種類の粒子を準備した.
  - ・粒子-A : 0.85~2 mm
  - ・粒子-B : 2~4.75 mm
  - ・粒子-C : 4.75~9.5 mm (表-2の粒子強度試験<sup>1)</sup>に使用)

# 3. 破砕粒子の物理・力学特性

(1) 破砕粒子の最大・最小密度

粒子-Aと粒子-Bについて,最大・最小密度試験(JIS A 1224:2009) を実施した.結果を表-3に示す.なお,破砕粒子は乾燥させないで, 破砕状態のまま試験を実施した.粒子を乾燥させなかった理由は, 粒子は水分を含んでおり,乾燥すると粒子が収縮し,破砕状態とは 異なる状態に変化するためである.また,密度が 0.82~0.89g/cm<sup>3</sup> 程度になるのは,図-1に示すように,破砕粒子内に粒子内間隙水が 多く存在するためである.

(2) 破砕粒子の強度特性

破砕粒子の圧密排水(CD)三軸圧縮試験を実施した.供試体の密度 は相対密度 D<sub>r</sub>を 85%に設定した.この D<sub>r</sub>は締固め易さと粒子の破 砕をできるだけ起さないことを考慮して定めたものであるが,供試 体の上面整形の影響などによって,D<sub>r</sub>は表-3に示すように,79.8~ 89.6%となった.

CD 三軸圧縮試験は JGS 0524-2009 に準じて実施した.供試体の

キーワード:固化処理土,破砕粒子,強度特性

連絡先:〒320-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設㈱技術研究所 TEL0287-39-2116

表-1 粘土の物理特性

土粒子密度	粒度組成 (%)			液性限界	塑性限界
$\rho_{\rm s} ({\rm g/cm^3})$	粘土分	シルト分	砂分	$w_L(\%)$	<i>w</i> <sub>P</sub> (%)
2.668	38	44	18	84.3	24.4

表-2 配合と一軸圧縮強さ

Case	粘土		固化材 スラリー		合計	一軸圧縮強さ <i>q</i> u28	粒子強度 σcm
	土粒子	水	固化材	水		(MN/m <sup>2</sup> )	(MN/m <sup>2</sup> )
Casa 100	722	729	100	70	1621	1 205	0.369
Case-100	271	729	33	70	1103	1.205	
Case-200	722	729	200	140	1791	3 540	0.872
Case-200	271	729	66	140	1205	5.540	0.872
Casa 200	722	729	300	210	1961	5 852	1 274
Case-500	271	729	99	210	1308	5.855	1.2/4
Casa 400	722	729	400	280	2131	7.400	1.490
Case-400	271	729	132	280	1411	7.400	1.460

粘土と固化材スラリーの上段は質量(kg), 下段は体積(L)

表-3 破砕粒子の最大・最小密度

破砕粒子		$\rho_{\rm max}$ g/cm <sup>3</sup>	$\rho_{\rm min}$ g/cm <sup>3</sup>	三軸供試体 ρ g/cm <sup>3</sup>	D r %
粒子-A	粒子-A-100	0.849	0.616	0.817	89.6
	粒子-A-200	0.877	0.617	0.828	86.0
	粒子-A-300	0.862	0.663	0.817	81.6
	粒子-A-400	0.877	0.665	0.829	81.7
粒子-B	粒子-B-100	0.897	0.712	0.860	83.4
	粒子-B-200	0.903	0.744	0.869	81.7
	粒子-B-300	0.909	0.764	0.880	82.6
	粒子-B-400	0.927	0.766	0.889	79.8



飽和密度 p<sub>sat</sub>=1.31 g/cm<sup>3</sup>, 水中密度p<sup>\*</sup>=0.28 g/cm<sup>3</sup>

**図-1** 1m<sup>3</sup>内の構成(粒子-B-300,  $\rho = 0.88 \text{ g/cm}^3$ )



**図-2** 等方圧密過程における体積ひずみ *ε*<sub>v1</sub>

大きさは直径 5 cm×高さ 10 cm である. 試験は 50 kN/m<sup>2</sup>の背圧を 作用させ, 50, 100, 150 kN/m<sup>2</sup>の等方応力で圧密した後(上下面 排水), 排水せん断を実施した.

図-2に、等方圧密過程において得られた体積ひずみ $\varepsilon_{v1}$ (一次圧 密終了時)の結果を示す。等方応力を作用させると、即時圧縮に よる体積ひずみ(全体の73~79%)が起こり、その後緩やかな体 積ひずみが生じた。体積ひずみは粒子配置の変化や破砕粒子の角 が破砕されることで生じる現象と考えられる。図-2によると、 $\varepsilon_{v1}$ は粒子-Bよりも粒子サイズの小さい粒子-Aの方が大きく、側圧 $\sigma'_{r}$ が大きくなるほど増加し、Cが増加するほど減少した。

圧密後の排水せん断過程で得られた軸ひずみ  $\varepsilon_a$ ~主応力差( $\sigma_a - \sigma_r$ ),および体積ひずみ  $\varepsilon_{V2}$ の測定例を図-3 に示す.主応力差は明確なピークを示さず  $\varepsilon_a$  とともに漸増し,せん断過程における  $\varepsilon_{V2}$ は圧縮側を示した.図-4 に,排水せん断過程の  $\varepsilon_a$ =15%における  $\varepsilon_{V2}$ を示す.  $\varepsilon_{V2}$ は $\sigma'_r$ が大きくなるにつれて増加し, Cが増加するにつれて減少した.

図-5 と図-6 はモールの応力円から,破壊包絡線が原点(粘着力  $c_d=0$ )を通ると仮定して, $\sigma$ と $\phi_d$ の関係を求めたものである.これらの図より,以下のことが述べられる.

- 1) 同じCの場合,  $\phi_a$ は粒子-Aよりも粒子-Bの方が大きい.
- φ<sub>d</sub>は粒径, C, σ'によって大きく変化した.ちなみに, σ'が 100 kN/m<sup>2</sup> で C が 100~400 kg/m<sup>3</sup>における φ<sub>d</sub>は, 粒子-A において 30~38° および粒子-B において 32~45° であった.
- 粒子-A および粒子-B とも、σ'の増加につれてφiが低下した. φiの低下はCが多いほど大きい.
- C が 100 kg/m<sup>3</sup> から 300 kg/m<sup>3</sup>に増加すると、 𝔥 は粒子-A および粒子-B とも増加したが、 C が 300 kg/m<sup>3</sup> と 400 kg/m<sup>3</sup>の𝔥 はほぼ同程度となった.

# 4. まとめ

破砕粒子を砂礫の代替品として利用することを目的として、本研究では一連の CD 三軸圧縮試験を実施した.砂礫としての必要な材料特性として、内部摩擦角が 30°以上と設定すると、粒子-A および粒子-B とも、内部摩擦角は 30°以上を満足すると考えられる.しかしながら、粒子破砕による体積圧縮量が大きいので、現場へ適用する際には体積圧縮の影響などを検討する必要がある.

## 参考文献

1)新舎ら:固化処理土を破砕した粒子の単粒子強度特性,Geo-関東,pp.165-166,2015.2)高田ら:固化処理土の破砕粒子を突き固めた際の土質特性の変化,土木学会第70回年次学術講演会,pp.39-40,2015.







図-4 排水せん断過程における体積ひずみ Ev2



図-5 粒子-Aの $\sigma$ と $\phi$ aの関係

