# 火山性高間隙土等に見られる粒子破砕性がもたらすせん断特性

東京大学生産研究所 学生会員 ○佐藤 樹 東京大学生産研究所 フェロー会員 桑野 玲子

### 1. はじめに

日本には火山由来の高間隙構造を有する土が各地に分布し、様々な災害の起因層になっており、長野県西部地震によって発生した緩い軽石層をすべり面とする御嶽崩れ、宮崎県都城市で発生した大陥没の起因となったしらす層、熊本地震による南阿蘇村の軽石層起因の緩斜面災害、セメンテーションを持つ緩い非塑性火山灰質土を起因層として傾斜が 1~2°程度の緩斜面で土砂が長距離流動した宮城岩手内陸地震など、多くの事例が挙げられる。火山性超高間隙土の高間隙はセメンテーションによる土粒子間結合構造と、粒子そのものが空隙を持つ破砕性高間隙粒子の二つに起因し、筆者らは以前、前者の影響について検討」した。本研究では、破砕性高間隙粒子を人工的に再現し、それがせん断挙動にもたらす影響について調査した。

# 2. 超高間隙構造人工試料の作成と実験方法

一般に原位置から採取した不攪乱試料は不均質であり、同一地点から採取しても試料ごとに特性が異なり、

さらに採取時に土構造や粒子構造に乱れが生じる。粒子の空隙由来の高間隙土の挙動を体系的に調べるためには、これらの影響をできる限り排除した上で、粒子の破砕抵抗性を自由に変えられる供試体が必要となる。実験室で再現性のある実験を行うべく、普通ポルトランドセメントを用いて粒子破砕性を持つ人工供試体を作成した。人工土の材料には、自然高間隙特殊土は粘性が小さいものや非塑性であるものが多い<sup>1)</sup>ことから、非塑性細粒土のDL-Clayを用いた。表2に示す質量比で DL-Clay、水、セメントを混合し、8分かけて手で混ぜ合わせ、土塊を細かくしていき、その後4.75mm



図 1 養生後の人工土

のふるいにかけ、直径 4.75mm 以下の土粒だけを抽出した。これによってできたサクションによって保持された DL-Clay の粒で構成された土粒子を持つ人工土を、湿潤環境下で7日間養生した。養生後、直径 4.75mm 以下の土粒同士が弱いセメンテーションで固結しているため(図 1 参照)、軽く手で土粒間の固結を崩し再びふるいにかけたのち、含水比を一定にするため乾燥炉で24時間乾燥させた。

乾燥後に高さ 20 cmの空中落下により作成した人工供試体の土粒子密度、乾燥密度、間隙比などは表 1 のようになった。粒子の破砕抵抗性が強いものと弱いものを作り比較するため、セメント量を 10%と 15%の 2 種類を作成した。なお、比較のため砂の最小密度試験と同様の方法で作成した緩詰め D1 clay 供試体の実験結果も表 1 に記載する。最緩詰め D1 clay の間隙比は 1.6 程度であったため、間隙比が 2 を超えた今回の人工供試体は、破砕性粒子による超高間隙を十分に再現できていることが確認できた。

数 1 人工版件正理 1 NP中少为工匠 2 大数 是										
case	試料	配合質量比	ρs	$\rho_{d}$	初期間隙比	背圧	圧密前圧力	圧密圧力	試験条件	B値
		DL Clay:セメント:水	[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]	е	[kPa]	[kPa]	[kPa]		
10-A	人工破砕性粒子10%	90:10:25	2.66	0.84	2.15	300	10	20	- CD	0.99
10-B				0.84	2.16		30	200		0.99
15-A	人工破砕性粒子15%	85:15:25	2.69	0.86	2.14		10	20		0.99
15-B				0.87	2.10			200		0.98
15-C				0.87	2.10	200	20	50	- CU	0.96
15-D				0.87	2.09			300		0.96
D-A	最緩詰めDL Clay	-	2.65	1.03	1.05	300	30	100	CD	0.97
D-B				1.04	1.03				CU	0.98

表 1 人工破砕性粒子供試体の物性値と実験一覧

キーワード セメンテーション, 高間隙構造土, 火山灰質土, 粒子破砕, 破砕性粒子, 定常状態 連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 TEL03-5452-6843

# 3. 実験結果

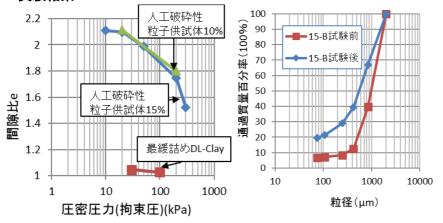


図 2 疑似圧密曲線

図 3 15-B 試験前後の粒度変化

図 2 に各試験の圧密過程における圧密前の間隙と圧密終了後の終局体積 ひずみから計算して得られた疑似的な圧密曲線を示す。DL-Clay、人工破砕 性粒子供試体 15%は 2,3 点しかプロットできなかったため判断が難しいが、 5 点プロットできた人工破砕性粒子供試体 10%の疑似圧密曲線では、明確な 圧密降伏点を持たず、圧縮性が上がっていく挙動が観察され、これは粒子 の破砕に起因すると思われた。CD 試験の結果を図 4 に示す。人工破砕性粒 子供試体は緩詰めの砂のようなせん断強度変化と極度の負のダイレイタン シーを見せた。15-B では試験前後の粒度試験を行い(図 3)、試験前後で細 粒分の増加が確認されたため、粒子破砕が実際に起きていると考えられた。 セメント量 10%、15%の間であまり大きな挙動の違いは見られなかった。

図 5 に示すのは CU 試験の結果である。粒子破砕性を持つ人工供試体は、 緩詰め DL-Clay よりも極端に圧縮性がある挙動をみせ、軸ひずみが 15%程度を越えると軸差応力が定常状態に至った。また、300kPa で実験した 15-D のケースでは、低ひずみ領域で一度せん断強度のピークを見せたのち、強度が一定の値まで下がって収束するひずみ軟化挙動となった。この定常状態に至る脆弱な挙動は、斜面災害被害の甚大化の一因になっている可能性が考えられる。

#### 4. まとめ

- 1) セメントを用いて破砕性土粒子を持つ超高間隙土の再現に成功した。
- 2) 破砕性高間隙粒子土は極めて高い圧縮性を示し、高い拘束圧下ではほぼ水平方向のひずみが生じなかった。
- 3) 破砕性高間隙粒子土は排水条件では緩い砂のようなせん断挙動を示した。
- 4) 破砕性高間隙粒子土は非排水条件では軸ひずみが 15%程度を越えると軸差応力が定常状態に至り、また拘束圧 300kPa 下では低ひずみ領域で一度ピークに至ったあとひずみ軟化を起こした。

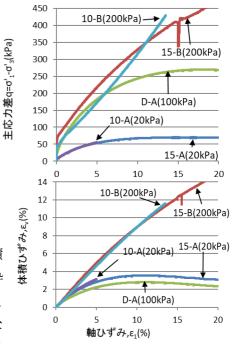


図 4 CD 試験結果まとめ

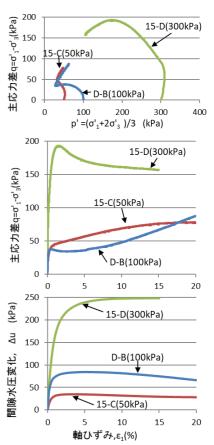


図 5 CU 試験結果まとめ

## 参考文献

1) 佐藤樹・桑野玲子. セメンテーションによって保持された超高間隙構造土の非排水せん断特性、第 **72** 回 土木学会全国大会、福岡、**2017** 年 **9** 月