

不撓乱大山倉吉軽石土(DKP)の一面せん断特性

鳥取大学工学部（正）清水正喜，（学）田中 淳
（株）創和（正）○伊藤洋介

1. はじめに

鳥取県には大山を起源とする火山灰質土が厚く堆積している。特に、大山松江軽石層(DMP)と大山倉吉軽石層(DKP)は鍵層として知られている^{1),2)}。これまでにDMPの物理的性質と不撓乱試料の力学的性質について調べている^{3),4)}。本報告はDKPの不撓乱試料を用いて行った一面せん断試験の結果を示し、主としてせん断強度に及ぼす垂直応力の影響について考察する。また、DMPの性質と比較する。

2. 試料 (DKP)

大山倉吉軽石土(DKP)は、自然含水比が非常に高いことから「水まき」、また、撓乱すると味噌のように柔らかくなるので「味噌土」とも呼ばれている。

不撓乱試料は約 1 年前に採取したので飽和度が約 70%に低下していた(表 1 の w_0 , S_{r0})。自然含水比に近づけるため次の方法で飽和度を高めた。供試体作成時に切り出した試料をパラフィンで包み、針でパラフィンに無数の穴をあけ、1 週間以上水浸させた。その結果飽和度は約 90%に高められた(S_{r1})。

土粒子の密度 せん断試験を行った全ての供試体について個別に測定した。DKP の ρ_s は、ばらつきが見られたが、平均値は $2.799 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ と高い値を示した。これは重鉱物が含まれているためであると考えられる²⁾。

含水比・間隙比・飽和度 飽和度調整後の間隙比は、成形した個々の供試体体積に基づいて決定したが、平均で 6.19 と非常に大きい値であった。飽和度調整前においても含水比が非常に高いことが特徴である。

粒度 含水比が一樣でない試料を非乾燥状態で粒度分析する際の問題点は既に指摘した^{3),4)}。本研究でも含水比を一樣にするために気乾状態で解きほぐした試料を用いた。また、炉乾燥による粗粒化を防ぐため、沈降分析後に炉乾燥せず、水中でふるい分けし、各ふるいに残留したものを順次炉乾燥し全質量を測定するという方法をとった。その結果、ふるい分けと沈降分析による粒度の不連続は生じなかった。

液性・塑性限界 非乾燥法で試験した、 $425\mu\text{m}$ ふるいで裏ごしした試料(表 1 の b)と、粒度調整を行わない試料で試験した(同 a)。液性、塑性限界とも高い値を示している。飽和度調整の有無に依らず不撓乱状態での含水比は液性限界程度またはそれ以上であり、鋭敏性の高い試料であることが肯ける。

表 1 物理的性質 (DKP および DMP)

	DKP		DMP1)	
$\rho_s \text{ (g/cm}^3\text{)}$	2.799		2.624	
飽和度調整前 w_0 (%)	162.4		103.4	
" S_{r0} (%)	73.4		71.25	
飽和度調整後 e_1	6.19		3.83	
" S_{r1}	89.0		96.7	
細粒分 (%)	45~55		25~35	
砂分 (%)	40~50		60~70	
レキ分 (%)	2		5	
コンシステンシー	a)	b)	a)	b)
w_L (%)	150.4	176.6	115.2	140.2
w_P (%)	96.6	114.4	66.1	96.5
I_P (%)	53.8	62.3	49.1	43.8

a) $425\mu\text{m}$ ふるい分けせず; b) $425\mu\text{m}$ ふるい通過分

3. 一面せん断試験の方法

改良型一面せん断試験機を使用して圧密・排水/定圧条件(CD)でせん断した。圧密過程では所定のせん断時垂直応力 σ_c を一回で、または段階的に载荷した。過圧密供試体に対しても試験した(最大先行圧密圧力 $p_{\max} = 400\text{ kPa}$; 過圧密比 $\text{OCR} = 4, 8$)。各荷重段階において圧密終了を 3 t 法によって判断した。せん断速度は 0.05 mm/min 、最大せん断変位は 8 mm とした。

4. せん断試験の結果及び考察

圧縮特性：段階载荷した結果を用いて圧縮特性を調べる。図 1 に各段階における間隙比 e と圧密圧力 p との関係を示す。供試体により異なるが、圧密降伏応力 p_c が $150 \sim 200\text{ kPa}$ の範囲にある。 p が p_c を超えると土粒子の構造が自然状態のものから変化するものと推測される。

せん断強度：図 2 に破壊時のせん断応力 τ_f と垂直応力 $\sigma_f (= \sigma_c)$ の関係を示す。破壊包絡線の形状が $\sigma_f = 200\text{ kPa}$ 付近を境に明らかに異なっている。 $\sigma_f = 200\text{ kPa}$ は上述の p_c の値の上限に等しい。 $\sigma_f > p_c$ において τ_f と σ_f の関係は直線的である。 $\sigma_c < p_c$ においては τ_f は上述の直線で推定されるものより大きい。過圧密供試体 ($p_{\max}$ が p_c の約 2 倍; Δ と $\square$) のせん断強さは、同じ垂直応力に対して、過圧密させないもの ($\bullet$) より大きい。この図より決定した強度パラメータを表 2 に示す。

図 3 に破壊時の間隙比 e_f とせん断強さの τ_f の対数との関係を示す。間隙比が小さいほどせん断強さが大きいことがわかる。特に、正規圧密状態において、飽和

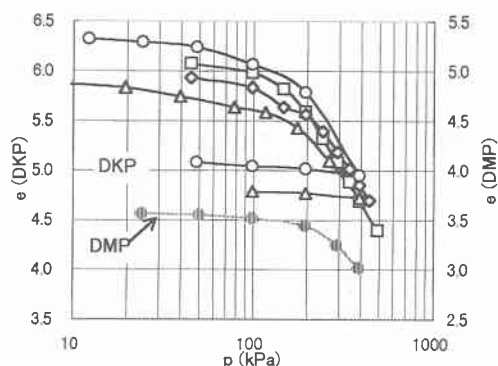
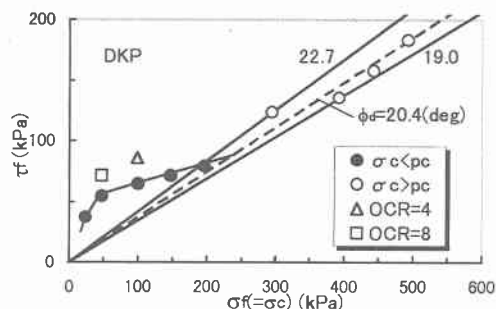
図1 圧密圧力 p と間隙比 e の関係

図2 破壊時の応力状態

表2 強度パラメーター

応力範囲		DKP	DMP
正規圧密領域	$\phi_d (^{\circ})$	20.4	30.0
	c_d (kPa)	0	0
過圧密領域	$\phi_d (^{\circ})$	8.3	20.2
	c_d (kPa)	51	57

粘性土に通常見られるような直線関係が認められる。

図4にせん断中の間隙比変化量: $-(e_f - e_c)$ とせん断時垂直応力 σ_c の関係を示す。 $\sigma_c > p_c$ ($=150-200$ kPa) においてせん断中の顕著な間隙比の減少 (負のダイレタンシー) が見られる。OCR=8の供試体のみ膨張した (正のダイレタンシー)。

5. 大山松江軽石(DMP)との比較

物理的性質 表1において、間隙比に注目すると、DKPの間隙比はDMPに比べて2以上大きい。飽和度100%を仮定するとDKPの含水比が約70%も大きいことを表わす。これよりDKPはDMPに比べて間隙水を保持する力が強いと言える。次に塑性指数を見るとDKPの方が大きい。これはDKPに細粒分が多く含まれているためであると思われる。

圧縮・強度特性 図1より p_c はDKPの方がDMPに比べ

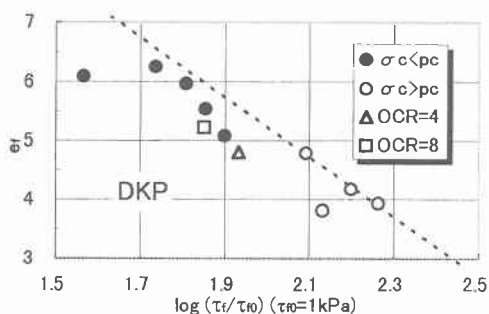
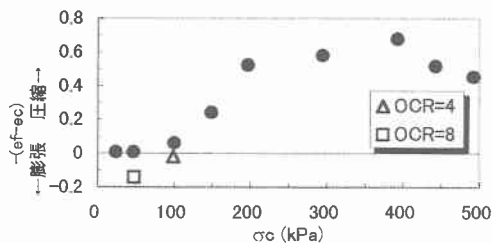
図3: 破壊時間間隙比 e_f とせん断強さ τ_f の関係

図4 せん断中の間隙比変化と垂直応力の関係

て小さい。圧縮性は $p > p_c$ の範囲においてDKPがDMPに比べて大きい。表2より正規・過圧密両領域で ϕ_d はDMPの方が大きく、 c_d にはほとんど差がない。従って圧縮性と強度の観点からDKPがDMPより劣っていると言える。両試料の圧縮・強度特性の相違は、間隙比の相違と矛盾しない。

6. 結論

- (1)DKPは高間隙比、高含水比で特徴づけられる。土粒子の密度、塑性指数もDMPより高い値となった。
- (2)DKPの圧密降伏応力は150-200(kPa)程度であり、DMPに比べて小さい。
- (3)圧密降伏応力の約2倍まで過圧密すると間隙比減少の効果によってせん断強さは増す。
- (4)DKPのせん断強さは、正規圧密領域で $\phi_d = 25^{\circ}$ となった。DMP(30°)より低い。

参考文献

- 1)前田・新井(1992):「火山灰アトラス」, 東京大学出版会.
- 2)日本の地質「中国地方」編集委員会編(1987):「日本の地質7 中国地方」, 共立出版.
- 3)清水・田合(1999): 大山松江軽石土の一面せん断試験, 第51回土木学会中国支部研究発表会, pp. 327 - 328.
- 4)清水・田合(1999): 不攪乱軽石風化土の排水せん断特性—一面せん断試験—第34回地盤工学研究発表会, pp. 693-694.