

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⁾．これまでにDMPの物理的性質と不攪乱試料の力学的性質について調べ^{2),3)}，DKPと比較している⁴⁾．本報告ではDKPの不攪乱試料を用いて行った一面せん断試験の結果を示し，せん断強度に及ぼす垂直応力と間隙比の影響について考察する．

2. 試料

大山倉吉軽石土(DKP)は，自然含水比が非常に高いことから「水まさ」，また，攪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．

不攪乱試料はここで報告する試験の約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})．

表1 物理的性質

	ρ_s (g/cm ³)	2.799	
飽和度調整前	w_0 (%)	162.4	
"	S_{r0} (%)	73.4	
飽和度調整後	e_1	6.19	
"	S_{r1}	89.0	
粒度	細粒分 (%)	45 ~ 55	
	砂分 (%)	40 ~ 50	
	レキ分 (%)	2	
コンシステンシー		a)	b)
	w_L (%)	150.4	176.6
	w_P (%)	96.6	114.4
	I_P (%)	53.8	62.3

a) 425 μ m ふるい分けせず； b) 425 μ m ふるい通過分

表1から明らかなように，飽和度調整の有無に関わらず間隙比および含水比が非常に高いことが特徴である．礫から細粒分まで広い粒度を有する．なお，この試料は物理的性質が非常に不均質であったので粒度試験は先に提案した方法³⁾で行った．液性・塑性限界は非乾燥法で試験した．425 μ 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

の有無に依らず不攪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．

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・定圧/排水条件(CD)でせん断した．圧密過程では所定の垂直応力 σ_c を一回で，または段階的に載荷した．過圧密供試体に対しても試験した(最大先行圧密圧力 $p_{max}=400$ kPa；過圧密比OCR=4，8)．各荷重段階において圧密終了を3t法によって判断した．せん断速度は0.05mm/min、最大せん断変位は8mmとした．

4. せん断試験の結果及び考察

段階載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150～200kPa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．

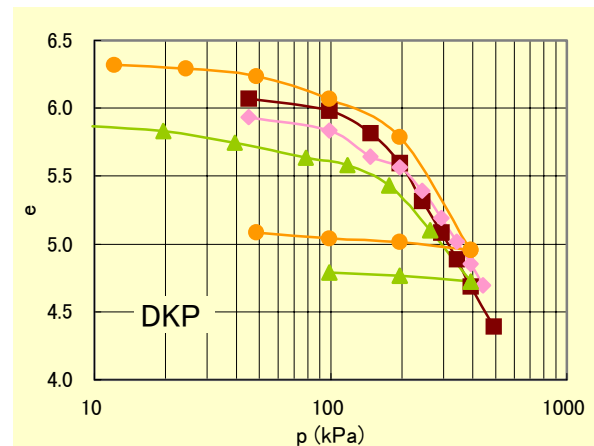


図1 圧密圧力と間隙比の関係

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 $\sigma_f=200$ kPa付近を境に明らかに異なっている． $\sigma_f=200$ kPaは p_c の値の上限にほぼ等しい(以後 $p_c=200$ kPaと仮定する)． $\sigma_f > p_c$ の状態(正規圧密状態と呼ぶ；●)では τ_f と σ_f の関係は直線的であり，圧密によって強度が増加する． $\sigma_f < p_c$ の場合， τ_f は上述の直線で推定されるものより大きい．人工的過圧密供試体(▲と■)のせん断強さは，同じ垂直応力に対して，人工的に過圧密させなかったもの(●)より大きい． $\sigma_f < p_c$ の範囲における強度に関して後でより詳細に考察する．この図より決定した正規圧密状態での強度パラメータ ϕ_d を図中に示した．大きく

キーワード：不攪乱土，軽石，火山灰，一面せん断，せん断強度，間隙比，

連絡先：〒680-8552 鳥取市湖山町，鳥取大学工学部土木工学科，清水正喜，TEL0857-31-5290，FAX0857-28-7899

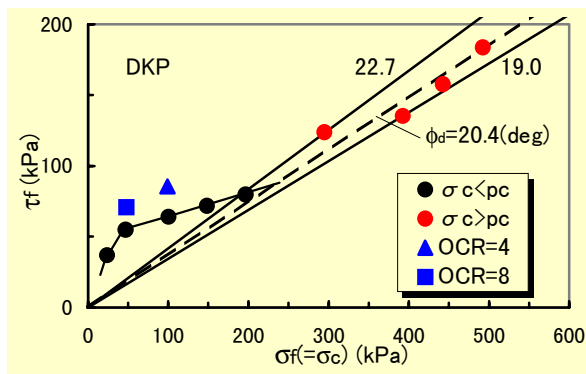


図2 破壊時の応力状態

見積もっても23度程度であり非常に小さいと言える。
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。正規圧密状態において次式で表わせる直線関係が見られる。

$$e_f = e_{f0} - C_f \log \left(\frac{\tau_f}{\tau_{f0}} \right) \quad (1)$$

このような関係は飽和粘性土に通常見られるものである。また、正規圧密状態では図2で見たように

$$\tau_f = \sigma_f \tan \phi_d \quad (2)$$

の関係がある。先に述べたように、 p_c より小さい垂直応力 σ_f でせん断された供試体が発揮するせん断強さは、式(2)で表わされるせん断強さより大きい(式(2)で評価されるせん断強さを等価せん断強さ τ_{EQ} と呼ぶ)。この強度増加分は、人工的な過圧密や自然状態における時間効果(ageing)による間隙比減少の効果である。また、時間効果の一部である固結力もその効果の一因である。これらの要因によって生じた間隙比の減少量を、正規圧密状態において σ_f に対応する間隙比(等価間隙比; e_{EQ})との差、即ち $e_f - e_{EQ}$ で評価することにする、ここに

$$e_{EQ} = e_{c0} - C_c \log \left(\frac{\sigma_c}{\sigma_{c0}} \right) \quad (\sigma_c = \sigma_f) \quad (3)$$

上式中のパラメータ e_{c0} と C_c は圧密後の間隙比 e_c と垂直応力 σ_c との関係より決定できる(図4の破線)。

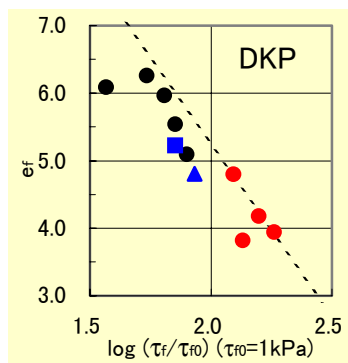


図3：破壊時間隙比 e_f とせん断強さ τ_f の関係

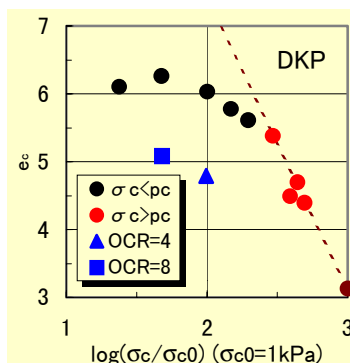


図4：圧密後間隙比 e_c と垂直応力 σ_c の関係

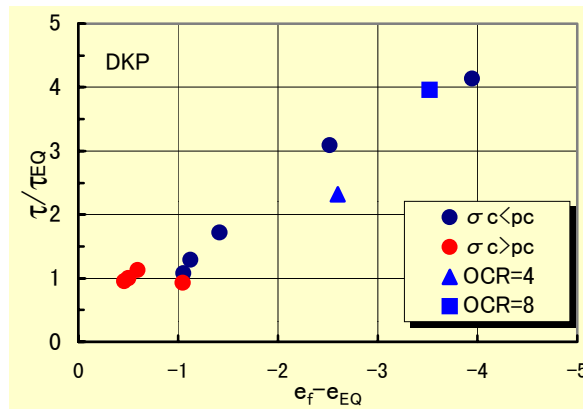


図5：せん断強さ増加率 τ/τ_{EQ} と間隙比減少量の関係

図5はこの考えに立って、せん断強さ増加率 τ/τ_{EQ} を間隙比減少量： $-(e_f - e_{EQ})$ に対してプロットしたものである。間隙比減少量が大きくなるほど強度増加率が増えている。人工的に過圧密させなかった供試体(●)は、人工的に過圧密させた供試体(とくに▲)より、同じ間隙比減少量であっても強度増加率はやや大きい傾向がある。換言すれば自然堆積中のAgeingによって生じた間隙比の減少はせん断強さの増加に対して効果が大きいといえる。

この図からは明瞭に読み取れないが、強度増加率は無限に大きくなるものではないと予想できる。それは、間隙比減少量が大きいほど、即ち、 σ_c が小さいほどせん断強さ τ_f は τ_{EQ} に近づくためである(図2参照)。なお、 $\sigma_c > p_c$ のデータは本来強度増加率が1になるはずであるが、図3や図4におけるばらつきのためわずかに1とは異なっている。

5. 結論

大山倉吉軽石風化土は高間隙比と高含水比で特徴づけられる。圧密降伏応力より小さい垂直応力で発揮するせん断強さに対する間隙比の影響を、正規圧密状態の $e - \log p$ 関係と $\tau_f - \sigma_f$ 関係に基づいて評価した。自然堆積中のAgeingによって生じた間隙比の減少は、人工的過圧密によって生じた間隙比の減少に比べて、せん断強さの増加に対する効果が大きいという傾向が見られた。

参考文献

- 1) 例えば前田・新井(1992)：「火山灰アトラス」, 東京大学出版会。
- 2) 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。
- 3) 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。
- 4) 清水・田中・伊藤(2000)：不攪乱大山倉吉軽石土(DKP)の一面せん断特性, 土木学会中国支部研究発表会(投稿中)