

山口大学 工学部 村田 秀一
山口大学 工学部 安福 規之
山口大学 大学院 ○岡藤 博国

1. まえがき

本研究の主な目的は、圧縮特性からみて過圧密状態および正規圧密状態にあるまき土供試体に対して、圧縮せん断特性におよぼす先行圧密荷重の影響を調べ、それを比較検討することである。なお、実験は三軸試験機を用いて過圧密比 1~15、拘束圧 0.3~150kgf/cm² の広範な応力域で行っている。また、用いたまき土は、比較的粗粒であり、圧密降伏応力はほぼ2kgf/cm² であった。

2. 実験方法

2.1 試料：本実験で用いた試料は、山口県宇部市近郊で採取したまき土で、比重2.64、最大粒径2.0mm、50% 粒径0.83、均等係数10.8、最大間隙比1.36、最小間隙比0.68である。供試体は、初期間隙比0.765 ~ 0.740 の密づめ（相対密度約90%）で、寸法は直径約5cm、高さ約12.5cmである。

2.2 過圧密供試体：モールド内に相対密度が約90%になるように試料を詰め、炭酸ガスで空気を置換させた後、下部ペダスタルより給水を行ない飽和度約100%の供試体を得た。その後、所定の過圧密比が得られるように圧密、除荷する。得られた過圧密供試体を、三軸試験機を用いてひずみ制御(0.2%/min)で排水せん断する。

3. 実験結果および考察

3.1 応力とひずみの関係：図-1に今回行った試験の応力経路を示す。図-2(a),(b)に示す応力ひずみ関係は、図-1に示す応力経路でせん断した結果を各OCR に対して示したものである。 $\sigma_3 = 0.3\text{kgf/cm}^2$ ではOCR=10において破壊時の軸ひずみ ϵ_{1f} が他の過圧密試料に比べてやや小さくなるものの、破壊時のせん断強度は他の試料とほとんど差が見られない。 $\sigma_3 = 10\text{kgf/cm}^2$ では、 $\sigma_3 = 0.3\text{kgf/cm}^2$ の場合に比べて、OCR が大きくなるに従い破壊時のせん断強度は大きくなり、 ϵ_{1f} は小さくなるという傾向が顕著である。また体積変化においては、 $\sigma_3 = 0.3, 10\text{kgf/cm}^2$ ともにOCR が大きくなると体積収縮の割合が小さくなり、やがて膨張に転じる傾向にあるが、その傾向は $\sigma_3 = 10\text{kgf/cm}^2$ の方がより強い。この理由の一因として、 $\sigma_3 = 0.3\text{kgf/cm}^2$ の条件下でせん断された供試体の場合、OCR<5 では、先行荷重が圧密降伏応力2kgf/cm² に至らないために、たとえ10kgf/cm² の場合と同じOCR をもつ供試体であったとしても、先行荷重による密度増加が拘束圧10kgf/cm² の場合ほど大きくならず、それに伴う変形強度特性の変化がさほど起こらないということが考えられる。

3.2 過圧密とせん断特性の関係：図-3は軸差応力最大時の主応力比(q/p)とせん断時の拘束圧 σ_3 の関係を過圧密

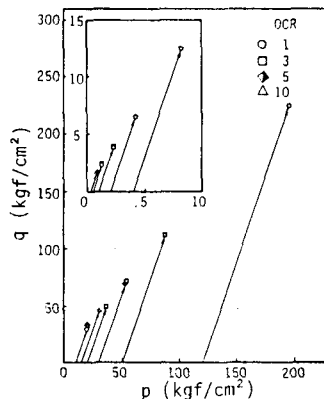


図-1 応力経路図

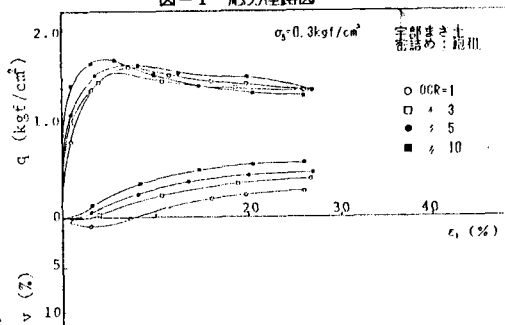


図-2 (a) $\sigma_3 = 0.3(\text{kgf/cm}^2)$ で過圧密比OCR を変化させた時の応力ひずみ関係

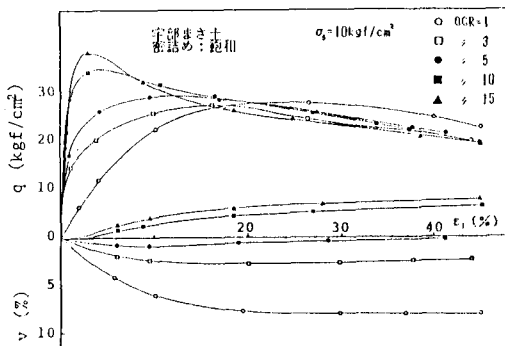


図-2 (b) $\sigma_3 = 10(\text{kgf/cm}^2)$ で過圧密比OCR を変化させた時の応力ひずみ関係

比をパラメータにとって示したものである。

この図より圧密降伏応力 2kgf/cm^2 までに $(q/p)_f$ の値が著しい低下を示していることがわかり、過圧密状態における粘性土の結果と比較すれば 1), 2) 大変興味深い。また OCR = 3 程度では $(q/p)_f$ の値は

OCR = 1 とほとんど差がなく、OCR = 5 を過ぎると $(q/p)_f$ の値は過圧密の影響を受けはじめることが理解できる。図-4 は破壊時の主応力比 $(q/p)_f$ および残留時の主応力比 $(q/p)_r$ と OCR の関係を示したものである。この図から、 $\sigma_3 = 10\text{kgf/cm}^2$ でせん断した方が、OCR の増加にともなう $(q/p)_f$ の増加は顕著であることが分る。また $(q/p)_r$ は、 $\sigma_3 = 0.3, 10\text{kgf/cm}^2$ とそれぞれほぼ一定値となっており、先行荷重の影響を受けていない。図-5 は等方圧縮試験時の $e\text{-log } p$ 曲線に破壊時と残留時の $e\text{-log } p$ 関係を加えたものである。これより、少なくとも OCR = 5 程度なら残留時の $e\text{-log } p$ 関係は、しらすや砂に対する結果と同様 3), 4)、正規圧密曲線と平行な一本の曲線上にプロットされることがわかる。また図-6 は先行荷重を受けることによる間隙比の変化 Δe と OCR = 1 の時の $(q/p)_f$ とある OCR でせん断した時の $(q/p)_f$ との比の関係を示したものである。この図より過圧密による密度の増加が、強度増加の一因となることがわかるが、密度増加が直接強度増加に関係しているとは言えない。

3.3 過圧密比とひずみの関係: 図-7 に OCR と破壊時の軸ひずみ ϵ_{1f} および体積ひずみ v_{1f} の関係を $\sigma_3 = 0.3\text{kgf/cm}^2$ と 10kgf/cm^2 に分けて示す。 $\sigma_3 = 10\text{kgf/cm}^2$ でせん断した供試体においては、 ϵ_{1f} 、 v_{1f} とともに OCR = 10 までに急激な減少を示し、やがて一定値を示すように思われる。 $\sigma_3 = 0.3\text{kgf/cm}^2$ の場合、OCR の変化に伴う ϵ_{1f} 、 v_{1f} の変化はゆるやかであり、過圧密の影響は $\sigma_3 = 10\text{kgf/cm}^2$ に比べて明らかに小さいことが理解できる。

4. まとめ

以上の結果より、圧縮特性からみて過圧密状態にあるまさ土供試体と正規圧密状態にあるそれとでは、せん断特性において、かなり過圧密の影響の受けかたが異なることがわかった。今後、まさ土を対象にした過圧密の特性に関してさらに検討を加えていきたい。最後に、本実験に協力を受けた当時卒論生、永島 洋氏に謝意を表します。

参考文献: 1) Henkel, D.: The effect of overconsolidation on the behavior of clays during shear, Geotechnique 6, 1956
 2) Amerasinghe, S.F. & Parry, R.H.G.: Anisotropy in heavily overconsolidated Kaolin, A.S.C.E., Vol. 101, No. GT12, 1975
 3) 北村、春山、三隅: 中・低圧下におけるしらすの力学特性, 土と基礎, Vol. 132, No. 2, 1984
 4) 三浦: 高圧下の砂の応力-ひずみ関係に関する一考察, 土木学会論文報告集, No. 282, 1979

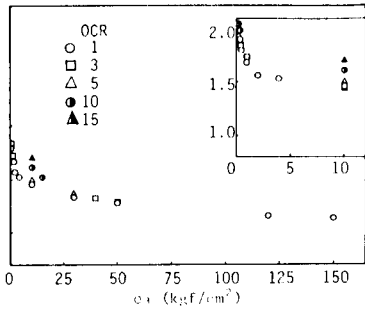


図-3 拘束圧 σ_3 (kgf/cm^2) と破壊時の主応力比 $(q/p)_f$ の関係

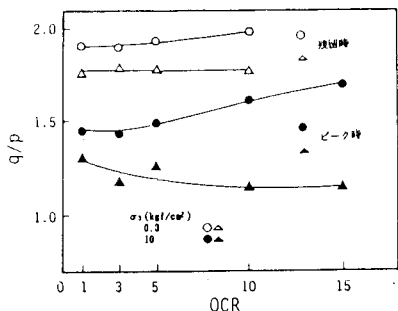


図-4 過圧密比とピーク時および残留時の主応力比の関係

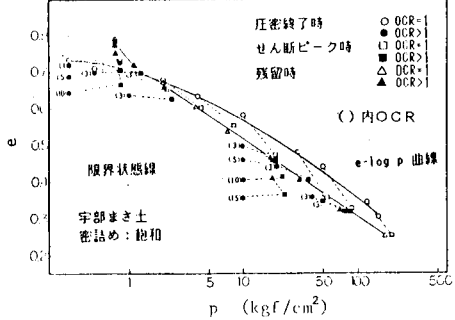


図-5 平均有効主応力 p と間隙比 e の関係およびせん断中の間隙比の推移

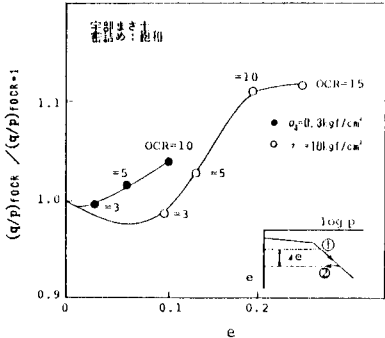


図-6 破壊時の OCR = 1 に対して OCR を変化させた時の間隙比の減少分 Δe と主応力比の割合の関係

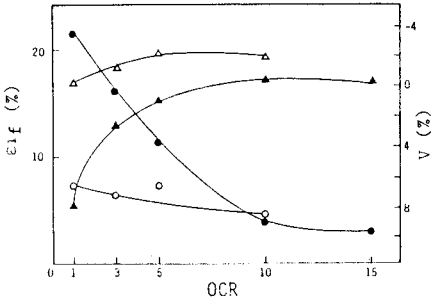


図-7 過圧密比と破壊時の軸ひずみおよび体積ひずみの関係