

三軸圧縮・伸張条件下の不飽和粘性土の変形・強度特性とその解析

名古屋工業大学 正 会 員○加藤 正司 正 会 員 松岡 元
 “ 学生会員 川田 善久 上田 直稔
 “ 滝脇 泰将

不飽和土の三軸試験は現在まで圧縮試験を中心に行われている。よって、その結果をもとに作られた構成式は、軸対称圧縮条件において適用できるものと考えられる。しかし原位置における地盤の挙動を予測するためには、相異なる3主応力下での応力・変形挙動を表現できる構成式が必要である。著者の一人が提案している拡張SMP理論は、粘着成分を有する摩擦性材料(c、 ϕ 材料)の相異なる3主応力下での変形挙動を統一的に評価できるものである¹⁾。そして、不飽和土もサクションにより粘着成分を有する摩擦性材料と考えることができる。そこで、拡張SMP理論の不飽和土への適用性について、三軸圧縮試験と三軸伸張試験の結果をもとに検討を加えたので報告する。

1. 試料および実験方法

実験に用いた試料は市販のカオリン粘土である($w_L=40\%$ 、 $I_p=12.3$ 、 $G_s=2.71$)。気乾状態の試料の含水比を調整後、四割りモールドを用いて締め固め、供試体とした(直径8cm、高さ3.5cm。 $e_0=1.23$ 、 $w_0=26\%$ 、 $S_r_0=60\%$)。ここでは、 σ はすべて有効応力を表すものとし、全応力から間隙空気圧 u_a を差し引いたものとして定義する。平均有効主応力： $p=(\sigma_1+2\sigma_3)/3$ (σ_1 、 σ_3 :最大、最小有効主応力)、サクション： $S=u_a-u_w$ (u_a :間隙空気圧、 u_w :間隙水圧)。なお、図中の単位は kgf/cm^2 とする。実験では、 $S=1.5 \text{ kgf/cm}^2$ で $p=2$ および 4 kgf/cm^2 までそれぞれ等方圧密した後、 S 、 p を一定に保って排水条件下で三軸圧縮試験と三軸伸張試験を行った。なお、不飽和土の三軸試験では供試体の体積変化の測定方法が問題となる。今回は供試体高さの1/2および1/4の位置に側方変位計を取り付けて直径を測定し、供試体の断面形状を2次曲線を用いたピア樽型に仮定して体積を求めている。

2. 実験結果および考察

図-1、2はせん断時の主応力比~主ひずみ~体積ひずみ関係を示している。三軸圧縮・伸張条件にかかわらず、また p の値にかかわらず、破壊に至るまで体積は圧縮している。図-3は破壊時のモールド円を示している。この図において実線のような包絡線を描くと、横軸接片であるボンド応力 σ_b の大きさは 0.3 kgf/cm^2 と決定される。なお拡張SMP理論では、この σ_b を用いた粘着成分を考慮した有効応力 $\hat{\sigma}=\sigma+\sigma_b$ を定義する。そして、これをもとに従来のSMPと同様にして拡張SMPを定義し、この面上の応力およびひずみに着目しようとするものである¹⁾。図-4、5は拡張SMP上の応力比~せん断ひずみ~垂直ひずみ関係を示している。この結果は、せん断時の応力状態にかかわらず拡張SMPを用いればほぼ唯一的な関係が得られることを示している。図-6は、拡張SMP上での応力比~ひずみ増分比関係を示している。図中の実線は縦軸接片 $\hat{u}=0.42$ 、傾き $\lambda=0.9$ の直線である。プロットは直線付近に分布しており三軸圧縮(Comp.)・三軸伸張(Ext.)条件にかかわらず唯一的な直線関係が得られる傾向を示している。以上の結果より、不飽和カオリン粘土のせん断挙動は拡張SMP理論により統一的に整理されることがわかった。このことは不飽和信楽粘土²⁾やセメント混合砂³⁾の場合についても、同様に検証されている。

参考文献

- 1) Matsuoka. H et al., Soil and Foundations, Vol.30, No2, pp.119-127, 1990.
- 2) 加藤 正司 他、第4回地盤工学シンポジウム論文集、土質工学会中部支部、pp.79-86、1991.
- 3) 松岡 元 他、粘着成分を有する摩擦性材料の変形・強度特性の統一的解釈、土木学会論文集投稿中.

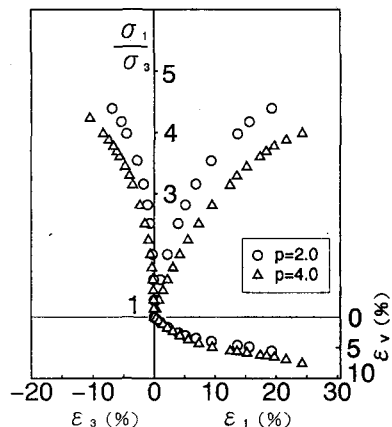


図-1 三軸圧縮条件下の主応力比～主ひずみ～体積ひずみ関係

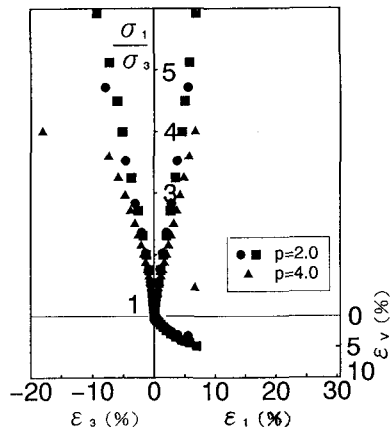


図-2 三軸伸張条件下の主応力比～主ひずみ～体積ひずみ関係

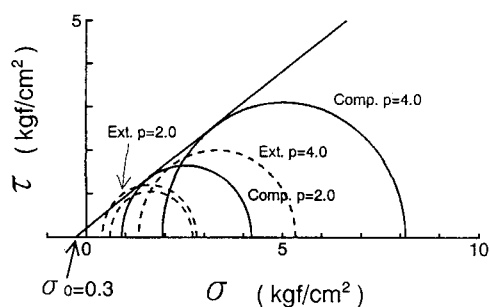


図-3 破壊時のモール円と σ_0 の値の決定

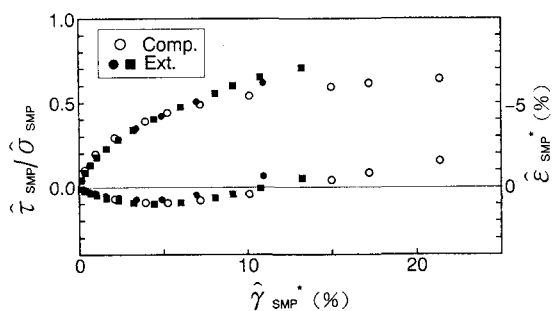


図-4 拡張SMP上での応力比～せん断ひずみ～垂直ひずみ関係
(平均有効主応力 $p=2.0 \text{ kgf/cm}^2$)

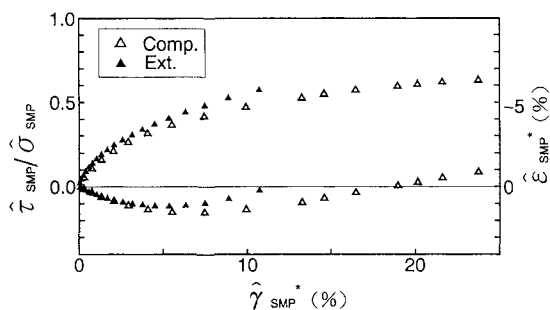


図-5 拡張SMP上での応力比～せん断ひずみ～垂直ひずみ関係
(平均有効主応力 $p=4.0 \text{ kgf/cm}^2$)

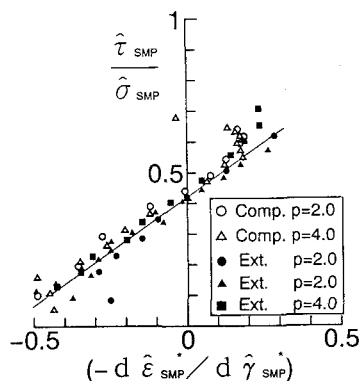


図-6 拡張SMP上での応力比～ひずみ増分比関係