

一軸・三軸圧縮試験による珪藻質軟岩のひずみ速度効果

東海大学 学生会員 ○小池 慶一
東海大学 正会員 杉山 太宏
東海大学 正会員 赤石 勝

1. まえがき

地盤工学における有効応力の考え方は、飽和粘土と同様、飽和した軟岩にも適用可能であることが知られている。飽和した高圧縮性の珪藻質軟岩の力学的挙動は三軸試験を用いてかなり詳細に検討されている¹⁾。正規圧密された飽和土や岩の三軸圧縮試験では、速度効果の存在が確認されているが、過圧密状態にある土や岩の速度効果については明らかにされていない。弾塑性材料としてのアプローチで、過圧密土は弾性体であり、速度効果は存在しない。三軸試験と現場の載荷速度は大きく異なるが、現場の載荷速度に合わせた実験は実施不可能である。実際の設計・施工上、速度効果をどのように考慮するのか、現行試験法を採用し、載荷速度効果を無視しても安全側の結果が得られるのか明確にする必要があると思われる。このような視点からこの報告は、正規圧密ならびに過圧密珪藻質軟岩の速度効果をひずみ速度や載荷速度を変化させた三軸圧縮試験ならびに一軸圧縮試験により検討した。

2. 試料および実験方法

石川県珠洲市で採取した珪藻質軟岩を実験に用いた。一辺が約 40cm 程度の立方体に切り出された亀裂や不連続面の存在しない岩塊から、直径 5cm、高さ 10cm の供試体を成形した。粉碎した細粒分(420 μ m 以下)から求めた物理試験性質を表-1 に示す。

圧密非排水(CU)三軸圧縮試験：中容量三軸圧縮試験機により、0.25~3.0 MN/m²の平均有効応力で 2 日間等方圧密後、ひずみ速度 0.1%/min でそれぞれせん断した。過圧密試料のひずみ速度効果を調べるために、3.0MN/m²で等方圧密した後、1.5MN/m²(OCR=2)と 0.3MN/m²(OCR=10)まで吸水膨張させた試料に対し、0.002%/min から 1.0%/min のひずみ速度でせん断した。

一軸圧縮試験：ひずみ速度を 0.1%/min から 300%/min まで変化させた実験を行った。基準のせん断速度である 1%/min では、破壊までに供試体からの排水が観察されたので、ゴムスリーブを被せて排水量を測定した。

3. 実験結果と考察

珪藻質軟岩の試料の e - $\log(p')$ 曲線を図-1 に示した。図から明らかなように軟岩試料の圧密降伏応力 p_c は、約 2.5MN/m² である。各種等方圧密応力で圧密した供試体の偏差応力 q と軸ひずみ ϵ_a の関係を図-2 に、有効応力経路を図-3 に示した。正規圧密試料は、せん断中かなり大きな間隙水圧を発生し、偏差応力が最大値 q_p 到達以降も間隙水圧は増加するため、応力比 $\eta(=q/p')$ の最大値と q_p 到達時の η は異なる。

表-1 珪藻質軟岩の物理的性質

ρ_s	ω_n	ω_L	ω_p
(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)
2.183	120~130	172.7	94.7

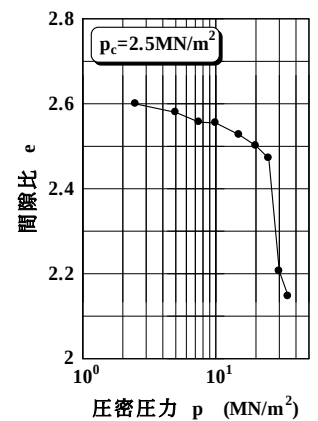


図-1 $e \sim \log p'$ 関係

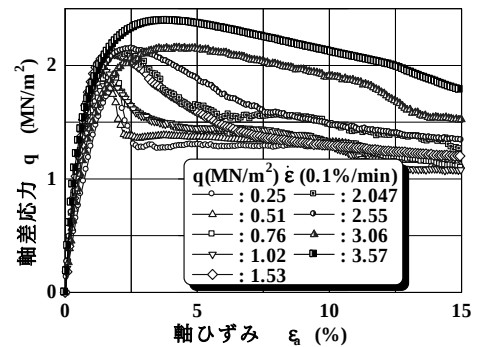


図-2 $q \sim \epsilon_a$ 関係

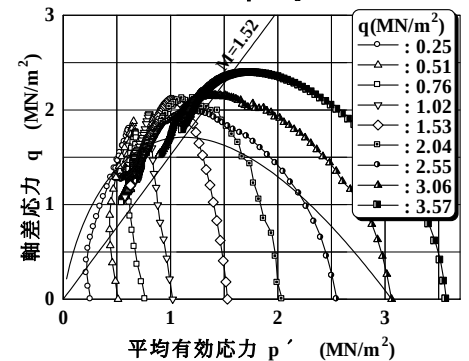


図-3 有効応力経路

キーワード 珪藻質軟岩、非排水強度、速度効果、三軸圧縮試験、一軸圧縮試験

連絡先：〒259-1207 平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL 0463-58-1211 FAX 0463-50-2045

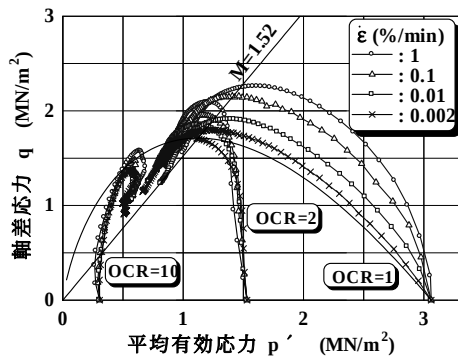


図-4 ひずみ速度の異なる有効応力経路

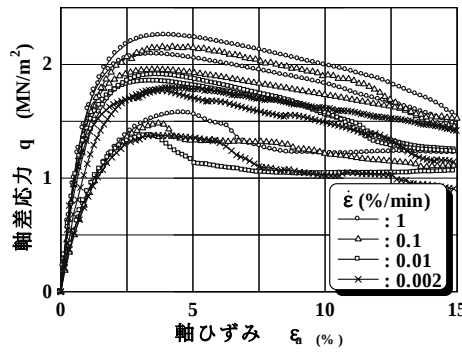


図-5 ひずみ速度の異なる $q \sim \epsilon$ 関係

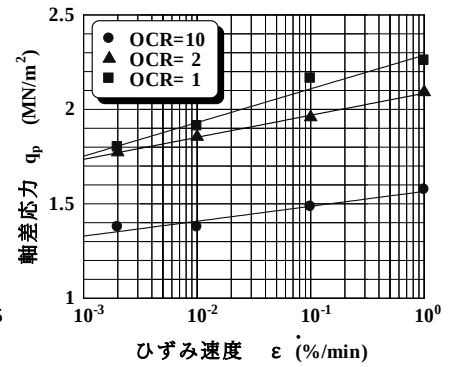


図-6 $q_p \sim \epsilon$ 関係

過圧密状態にある圧密圧力 1.0 MN/m^2 の試料もせん断中そして q_p 到達以降も正の間隙水圧が発生している。圧密圧力がさらに小さくより過圧密の程度が大きな試料は、 q_p 到達以降 q が急速に減少する傾向が観察されるが、 $\epsilon_a = 15\%$ における偏差応力 q_r に大きな差は認められない。また、正規圧密、過圧密によらず q_p 到達時の ϵ_a は $1.5 \sim 2.5\%$ 前後である。図-3 中には珪藻質軟岩に適合すると言われる¹⁾オリジナルカムクレイモデル(OCC モデル)の降伏面を実線で記入している。限界状態線の勾配は正規圧密試料の q_p から求めた。 q_p から $\eta_{\max}$ までの挙動を除けば OCC モデルの降伏面は正規・過圧密供試体の実験結果にかなりよく適合すると思われる。

図-4 と図-5 は、過圧密比ならびにひずみ速度を変化させた $\overline{\text{CU}}$ 試験の $q \sim \epsilon$ 関係と有効応力経路を比較したものである。有効応力経路に与えるひずみ速度の影響は、正規圧密試料が最も大きく、過圧密比の増加とともに減少する傾向が観察される。ひずみ速度の小さい供試体では、せん断中より大きな過剰間隙水圧が発生するため q_p が小さくなる。 q_p の大きさは、ひずみ速度の影響を受けるが、 q_p を示すひずみ量は 3% 前後で、顕著な差は見出せない。図-4 にも OCC モデルの降伏面を記入した。ひずみ速度により有効応力経路は異なるので、珪藻質軟岩の時間依存性を考えると正規降伏面にも問題がある。図-6 に q_p と軸ひずみ速度の関係を示した。過圧密比の大きな試料ほど、軸ひずみ速度の増加に伴う q_p の増加割合は小さいことがわかる。

図-7 は、ひずみ速度を変化させた一軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線である。図から明らかなようにひずみ速度効果は全く見いだされない。ひずみ速度の小さな供試体は実験中供試体表面から排水が認められた。図-8 は、ゴムスリーブを被せて行った排水量と軸差応力の経時変化である。せん断開始直後からほぼ一定の割合で排水され、最大軸差応力に到達後、急激に吸水する様子が観察される。ゴムスリーブを装着し試験中の排水量を測定すると約 1.2 cm^3 であった。ひずみ速度が小さな場合には、圧密によって q_p が増加して、ひずみ速度の大きな供試体の q_p と同程度になったものと考えられる。珪藻質軟岩のひずみ速度効果は、一軸圧縮試験ではひずみ速度効果を明確に調べられないと考えられる。

4. まとめ

ひずみ速度を変化させた珪藻質軟岩の三軸 $\overline{\text{CU}}$ 試験から有効応力経路ならびに偏差応力-軸ひずみ関係を検討した。偏差応力の最大値 q_p は、ひずみ速度の減少とともに減少する。ひずみ速度の q_p に対する影響は過圧密比の増加とともに減少する。応力制御試験によっても速度効果を調べているが、その結果を当日補足したい。

参考文献

- 1) 前川・宮北：珪藻質軟岩の力学的特性，土木学会論文集，第 334 号，pp135～155，1983。

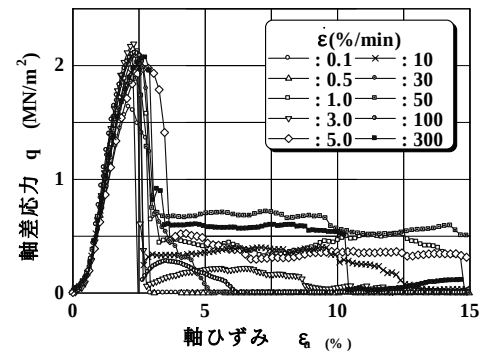


図-7 $q \sim \epsilon$ 関係

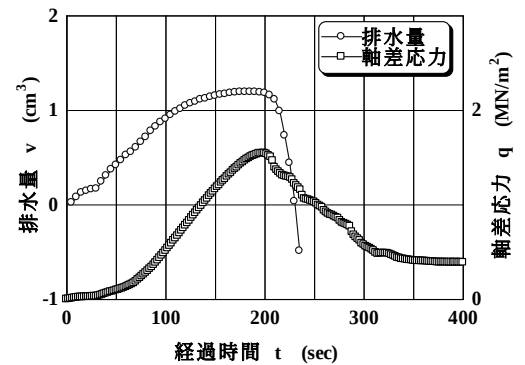


図-8 $v \sim t$ 関係