

金沢工業大学 正会員・前川晴義
宮北 啓
北国鑿泉(株) 小川義厚

1. まえがき

近年、能登半島の開発に伴ないこの地域に分布する多孔質で圧縮強度の比較的小さな珪藻質軟岩を基盤とした土木・建設工事が行なわれるようになった。このために、特にこの材料の力学的特性を明確にする必要が生じている。

今回は側圧10~70 kg/cm^2 のもとで三軸圧縮試験による圧密非排水試験を実施したので結果について報告する。

2. 供試体および実験方法

実験に用いた試料は能登半島北東部に分布する飯塚珪藻泥岩層に属し、砂分の含有がきわめて少なく組織的には非常に均一なものである¹⁾。供試体の作成は堆積方向に留意し、採土横杭の切羽からアロック形状で採取したものを直径約5 cm、高さ約10 cmの円柱形に整形し飽和状態になるよう十分に浸水させた。なお表-1は供試体の諸性質を示す。

表-1 供試体の諸性質

土粒子の比重 G_s	2.21
飽和含水比 w	111.9 %
飽和密度 γ_{sat}	1.37 g/cm^3
乾燥密度 γ_d	0.65 g/cm^3
間隙率 n	70.8 %
一軸圧縮強度 q_u	22.5 kg/cm^2

実験は供試体周囲に施したパーバードレインより排水させるものとし(上部排水)、予備圧密として0.5 kg/cm^2 を載荷した後、所要の等方圧(10, 20, 30, 40, 55, 70 kg/cm^2)をかけ圧密を行なった。せん断はback pressure 5 kg/cm^2 を作用させ安定したことを確認した後、ひずみ制御で約0.035 %/minのせん断速度を与え非排水せん断を行なった。また間隙水圧は下部よりストレインゲージ式圧力計にて測定している。

3. 実験結果および考察

圧密過程 図-1は等方圧(σ_3)と間隙水圧(U_0)の関係を示す。この図からは $U_0 = \sigma_3 \cdot 0.8$ の直線式で近似することができ、0.8 kg/cm^2 のサクションを有しているものと推測できる。なおB-値は0.90~0.99の範囲であった。等方圧と体積ひずみ(ϵ_v)との関係を示したのが図-2である。図からも明らかなように22 kg/cm^2 附近で降伏し、 σ_3 の増大に伴ない急激な体積変化を生じ $\log \sigma_3$ と ϵ_v の間には直線的な関係にあることが認められた。また $\sigma_3 = 70 \text{ kg}/\text{cm}^2$ のものは $\epsilon_v = 32.1\%$ と非常に大きな体積変化を示している。圧密時間は $\sigma_3 = 10 \sim 20 \text{ kg}/\text{cm}^2$ で240分、 $\sigma_3 = 30 \sim 70 \text{ kg}/\text{cm}^2$ では9000~14,000分を要した。 σ_3 が降伏荷重を越える30 kg/cm^2 以上の条件下では圧密時の $\epsilon_v = 5\%$ 附近で間隙水圧の測定の結果、組織の破壊が原因と思われる特異な現象が認められている。なおこの供試体の応力履歴は明確にされていないが、ここでは先の降伏点を粘土などという過圧密・正規圧密領域の区分点と考えた。

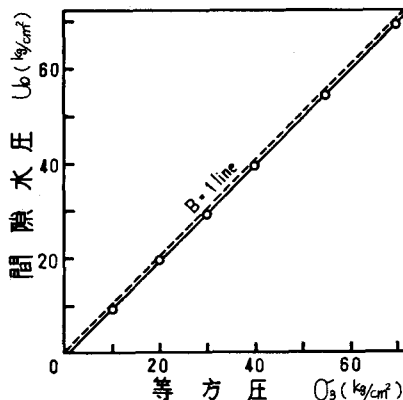


図-1 B-値試験結果

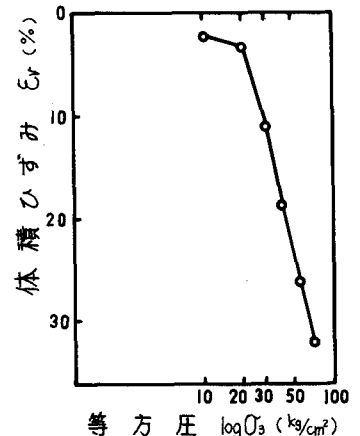


図-2 体積ひずみと等方圧の関係

せん断過程 図-3は軸差応力と発生間隙水圧の軸ひずみによる変化を示している。軸差応力についてはすべての供試体で peak 後、ひずみ軟化の傾向を示し残留強度に移行しており、特に過圧密領域の $\bar{\sigma}_3 = 10, 20 \text{ kg/cm}^2$ では peak の形状が明瞭である。また $\bar{\sigma}_3 = 30 \sim 70 \text{ kg/cm}^2$ の正規圧密領域のものは $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ の増分が顕著である。 $\bar{\sigma}_3 = 30 \text{ kg/cm}^2$ の $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ は $\bar{\sigma}_3 = 10, 20 \text{ kg/cm}^2$ に比べ若干低下しているが、これは先に述べた等方圧による組織(骨格)破壊が起因しているものと考えられる。発生間隙水圧は $\bar{\sigma}_3$ が 30 kg/cm^2 以上で特長的な現象を示している。つまり通称軟岩と呼ばれる材料では peak 後のひずみ軟化に伴ない発生間隙水圧は一般にタイレイトンシーの影響により低下するが、本実験の結果からは peak 後も鋭敏な正規圧密粘土にみられるような間隙水圧の増加が認められた²⁾。これは非常に多孔質で圧縮性の高いことが原因し、軸ひずみの増加により供試体は高密度化による正の間隙水圧を誘発させた結果である。 A -値 $(-\frac{u}{\sigma_1 - \sigma_3})$ は正規圧密領域のものについてみると、peak 時で $0.8 \sim 1.0$ 、残留強度時 ($\epsilon_1 = 8 \sim 10\%$) で $1.3 \sim 1.4$ と大きな値を示し、Skempton の粘土の区分では鋭敏粘土に属する。

図-4は平均有効応力とせん断応力の関係を示した stress path である。これまでの結果をもとに強度常数を有効応力で整理すると過圧密領域のものは peak 時で $\phi = 5.6^\circ$ と小さく $(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})_{\max}$ は $\frac{\sigma_1}{2}$ の値と一致するが残留強度については $\phi = 45.8^\circ$ 、 $C_r = 0$ と摩擦成分のみに変化していることが注目される。正規圧密領域では peak 時で $C' = 6.0 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\phi' = 19.8^\circ$ また残留強度については $C_r = 3.7 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\phi_r = 29.0^\circ$ を得たがこの領域では比較的大きな見かけの粘着力が存在している。なお正規圧密領域に関しては有効応力から強度常数を決定することに疑問点があり、更に排水せん断試験による検討が必要である。

この珪藻質軟岩には通称の軟岩と比べ特異な挙動が多いため広範囲な研究を進める一方、本材料は多孔質な軟岩と類似するものと推測しており、今後これらの対比に焦点をおくつもりである。

おわりに本実験に際し本学卒業生の樋口利一君と星野剛君に負うところが大きい。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 宮北, 石森, 小川: 能登産珪藻泥岩の工学的性質, 第32回土木学会年次学術講演会講演集, III-197
- 2) T.W. Lambe and R.V. Whitman: Soil Mechanics, Jhon Wiley and Sons.
- 3) 吉中, 山辺: 珪藻質軟岩の工学的性質について, 昭和53年度日本応用地質学会講演会

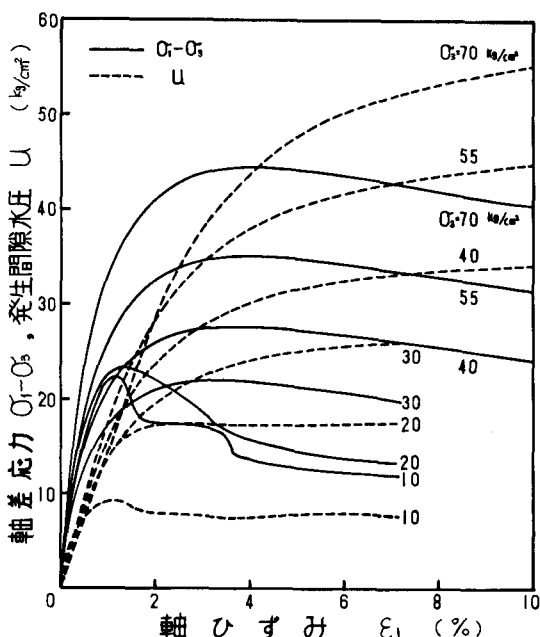


図-3 軸差応力、発生間隙水圧と軸ひずみの関係

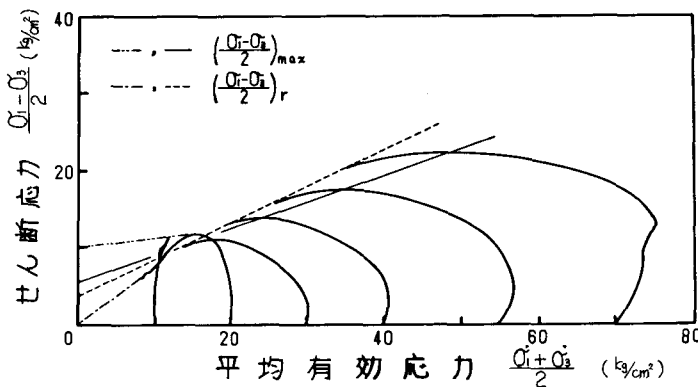


図-4 有効応力経路