

Ⅲ - A272

三軸試験による堆積軟岩の弾性係数の応力状態依存性について

川崎地質(株) 正会員 吉泉 直樹
 東京大学大学院 学生会員 早野 公敏
 東京大学 正会員 龍岡 文夫

1 はじめに

応力状態の変化に対する砂や締固めたレキの弾性変形特性には、応力状態誘導異方性がある。^{1) 2)} 長期間異方応力下で存在する堆積軟岩にも弾性係数の異方性が考えられ、またその検討は最近増加する軟岩地盤を基盤とした大規模施工や大深度掘削時に必要となる正確な変形挙動を知る上でも重要である。そこで本研究では、三軸試験により様々な応力状態のもと堆積軟岩の弾性係数の応力状態依存性を調べた。

2 試験方法

試験には粒度構成の異なる3種(三浦半島上総層砂質軟岩、知多半島常滑層シルト質軟岩、相模原上総層泥質軟岩)の堆積軟岩を用いた。シルト質軟岩では、図-1に示すような応力比一定の応力経路を設定し各応力点で微小繰返し載荷を行った。泥質・砂質軟岩では $\sigma'_h=8.0\text{kgf/cm}^2$ 一定のもと段階的に軸応力を増減させ、設定応力点で微小繰返し載荷を行った。両試験での微小繰返し載荷は、いずれも載荷速度 $0.01\%/min$ 、片ひずみ振幅 0.001% で、排水条件で11回与えた。また微小ひずみの正確な測定のため、軸ひずみの測定には対角線上に設置した一対のLDTを使用し、得られる応力-ひずみ関係より、図-2のように定義される等価ヤング率(E_{eq})を求めた。

3 結果と考察: 図-3は、各試料の等方応力状態での等価ヤング率を拘束圧に対して両対数プロットしたものである。同図にはそれぞれの関係を直線近似した時の傾き(拘束圧依存係数: m)も示している。砂質軟岩では $m=0.342$ 、シルト質軟岩では $m=0.171$ 、泥質軟岩では $m=0.057$ である。この結果より等方応力状態の弾性係数の拘束圧依存係数は、構成粒径が大きいほど大きく、セメンテーション効果もそれに対応している。次に砂質軟岩、泥質軟岩の多段階繰返し三軸試験より得られた等価ヤング率を鉛直応力に対してプロットしたものを図-4に、広範囲な応力状態で求めたシルト質軟岩の等価ヤング率と鉛直応力の関係を図-5に示す。両図は、等方応力状態でのヤング率は損傷を含まないものであると仮定した時、堆積軟岩の鉛直方向弾性係数は、その時の鉛直応力(σ'_v)に依存していることを示している。

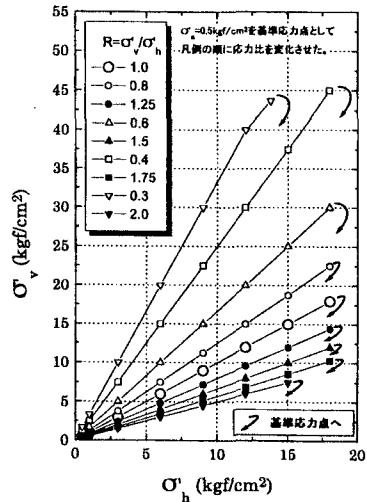
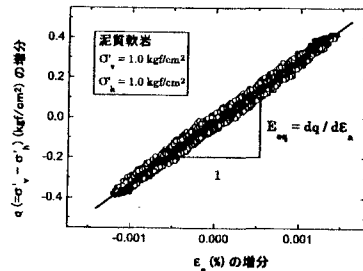
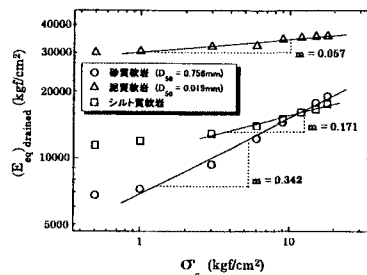


図-1 シルト質軟岩設定応力

図-2 E_{eq} の定義図-3 等方応力状態の E_{eq}

キーワード: 堆積軟岩、弾性係数、異方性、三軸試験 連絡先: (川崎地質(株) 東京都大田区大森南 3-23-17、TEL 03-3743-5114、FAX 03-3743-5117)

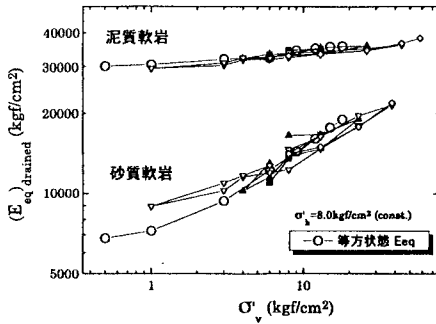


図-4 E_{eq} と σ'_v (砂質・泥質)

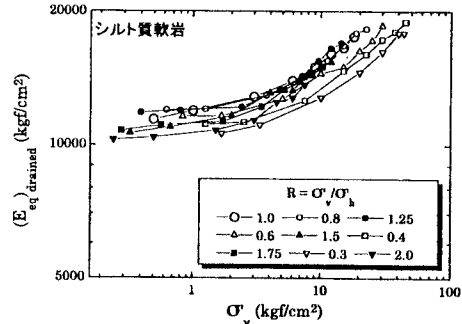


図-5 E_{eq} と σ'_v (シルト質)

堆積軟岩は透水性の低い地盤材料であるため、今回の試験で得られた排水状態での弾性係数が試料自体の実質的な排水を伴ったものであるかについては疑問が残る。そこで微小繰返し载荷より得られたヤング率を全て非排水状態であったと仮定して、以下に示す非排水ヤング率を排水ヤング率に補正する式

$$G(R) = \frac{1+x}{1+2 \cdot \nu_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{a}} \cdot R^{\frac{m}{2}} \cdot x} \left[\begin{array}{l} \text{ここで、} R = \sigma'_v / \sigma'_h, x: \text{等体積条件での鉛直・水平応力増分比} \\ \nu_0: \text{水平軸方向で定義されるポアソン比、} m: \text{等方拘束圧依存係数} \\ a: \text{初期構造異方性} \end{array} \right]$$

を用い図-4、5の結果を再度整理したものが図-6、7である。この結果より鉛直弾性係数とその時の鉛直応力の一義性がより明確になった。同時に、今回の試験での繰返し载荷速度 0.01%/min では、試料自体の実質的な排水を生じさせることができず、得られた等価ヤング率は非排水もしくはそれに近い状態の値であることが推定される。

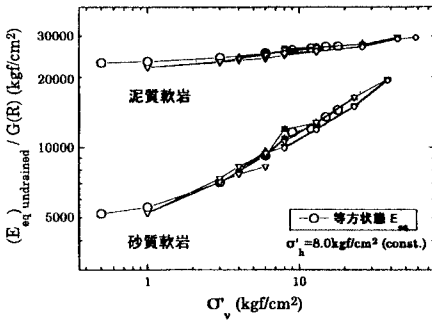


図-6 補正後 E_{eq} と σ'_v (砂質・泥質)

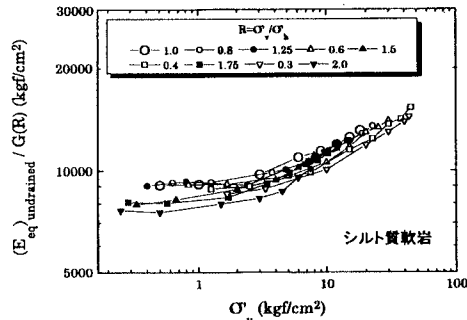


図-7 補正後 E_{eq} と σ'_v (シルト質)

4 まとめ：構成粒径の異なる3種の堆積軟岩について、せん断過程もしくは応力比一定のもと広範囲な応力状態で求めた鉛直弾性係数はその時の鉛直応力に依存した。本来、応力状態誘導は完全排水弾性係数に対するものであるが、今回の 0.01%/min ひずみ速度で得られた弾性係数を非排水状態であったと仮定し補正することにより、鉛直応力に対する一義性はより明確となった。砂や締固めたレキの弾性変形特性は、直交異方弾性体として表現することが可能であるが、今回の試験では堆積軟岩の弾性変形特性も応力状態誘導異方性があることを示唆する結果が得られた。

参考文献 1) Hoque, E. et al (1994): Cross-anisotropic elasticity of sands by large triaxial tests measuring local strains: Proc. 29th Japan National Conf. on SMFE, JSSMFE, Morioka, 1, pp.409-412

2) 蔭間魯、龍岡文夫、佐藤剛司、小高猛司、木幡行宏、斉藤寅雄 (1996): レキの広範囲な応力状態における微小ひずみレベルでの変形特性とその異方性: 第31回地盤工学会研究発表会講演集