

III-A 343

堆積軟岩の変形係数に及ぼすサンプリング時の乱れの影響

東京大学 小高 猛司, 王 林, 龍岡 文夫
元 法政大学学生 中丸 伸一

1. はじめに

原位置弾性波探査と室内試験により得られる地盤の変形係数の間には、大きな差が生じる例が多いが、従来それは、動的と静的な変形特性の違いであると説明される場合が多かった。しかし、著者らは、良質な不攪乱試料を用いた三軸試験において、局所変位計(LDT)により微小ひずみレベルまで正確に軸変位を測定して得られる軟岩の初期変形係数 E_0 は、原位置調査の変形係数 E_f とほとんど同じであることを示してきた¹⁾。また軟岩は、変形特性が圧力レベルとせん断応力レベルに依存する非線形物質であることが分かった²⁾。これらは、精密な三軸試験を行って初めて把握できる。一方、実験試料が乱れられていれば、前者の結論は得られず、非線形性の評価は異なってしまう³⁾。本報では、ブロックサンプリング法とロータリーコアチューブサンプリング法の2種で採取された供試体の変形特性を比較して、後者の方法では試料を相当乱すことを改めて示す。

2. 実験試料と試験条件

試料は上総層群の堆積軟岩（泥岩）であり、相模原市での試験立坑⁴⁾内の深度50mと76mでブロックサンプリングされた試料（以下BS試料と略す）と、深度60m～93mの範囲でロータリーコアチューブサンプリングされた試料（RC試料）である。これらを原位置有効上載圧で等方圧密して、供試体側面でLDTを用いて精密に軸変位を計測しつつCU条件で三軸圧縮試験を行った。

3. 実験結果と考察

図1および2はそれぞれ、BSおよびRC試料での典型的な応力～ひずみ曲線である。ピーク荷重 q_{max} での破壊時軸ひずみ $(\epsilon_1)_f$ は、RC試料の方が大きくなっている。図3は、多くの実験結果を統合した q_{max} と ϵ_1 との関係である。 q_{max} は両試料でほぼ同じばらつきであるが、 $(\epsilon_1)_f$ は明らかにRC試料の方が大きい。図4に、接線変形係数を初期変形係数で正規化したもの (E_{tan}/E_0) が、せん断応力レベル (q/q_{max}) に応じて変化する様子を示す。BS試料ではせん断につれて、 E_{tan} はなめらかには減少するが、RC試料の場合、せん断初期に E_{tan} は一度大きく減少してから、その後回復し再び減少してゆく。せん断初期の E_{tan} の急激な落ち込みは、あらかじめ軟岩供試体中に存在していたマイクロクラックの一部が等方圧密により閉じたが、若干載荷することにより大部分のマイクロクラックが変形し始めたことが原因であり、途中の変形係数の回復は、そのマイクロクラックが圧力レベルの上昇により再び不完全ながら閉じられるために起こる現象である、とい

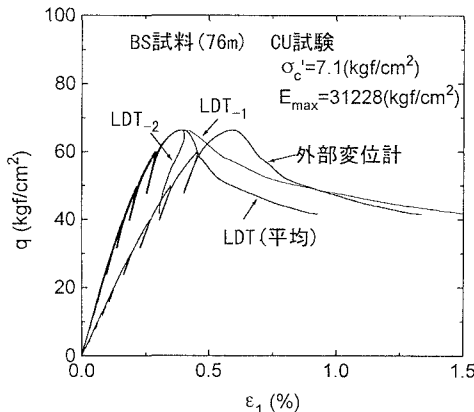


図1: BS試料での典型的な実験結果

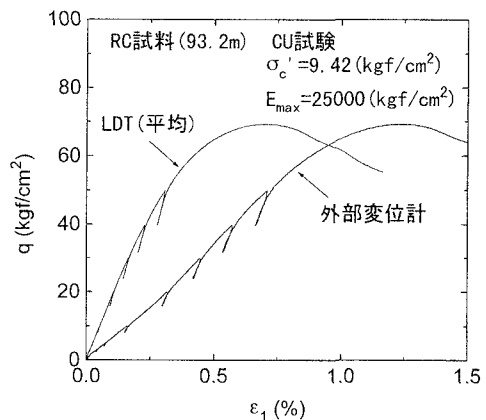


図2: RC試料での典型的な実験結果

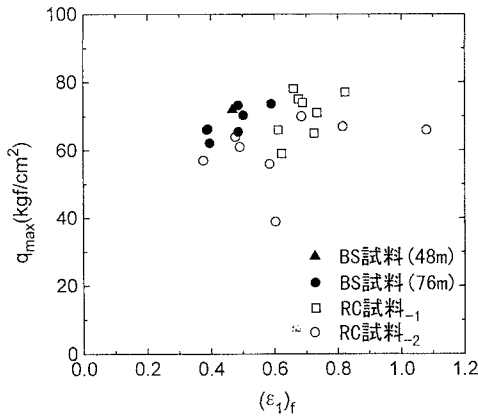


図3: BS と RC 試料とでの破壊ひずみの比較

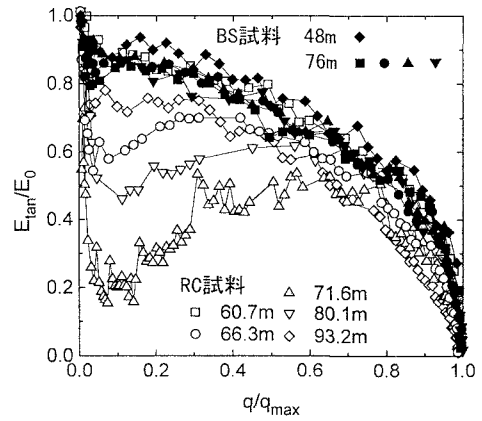


図4: せん断に伴う変形係数の非線形化

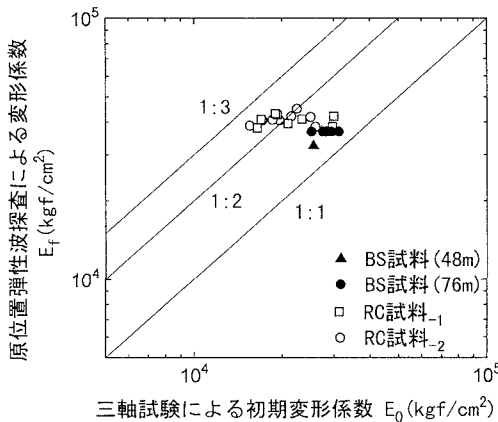


図5: E_f と E_0 との関係

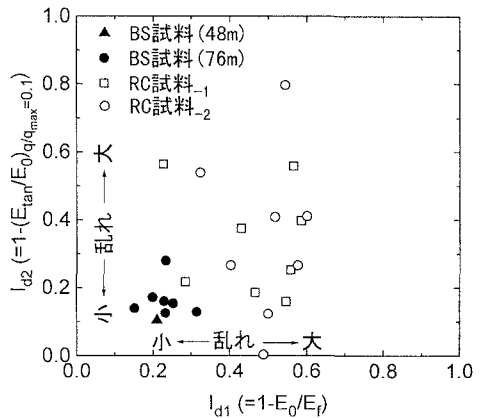


図6: BS と RC 試料とでの試料の乱れの比較

まのところ考えている。マイクロクラックはサンプリング時に乱された供試体ほど多いと考えており、したがって RC 試料の方が乱れの程度は大きいと結論できる。図5に原位置弾性波探査（サスペンション法）で得られた E_f と三軸試験で得られた E_0 との関係を示す。サンプリング時に乱れを全く受けていない時は、 $E_f = E_0$ であると考えられるため、1:1 線近くに分布している BS 試料の方が乱れが少ないと判断できる。それを定量化するため、「乱れを表す指標」 $I_{d1} (=1 - E_0/E_f)$ と $I_{d2} (=1 - E_{tan}/E_0$ (ただし $q/q_{max}=0.1$ の時)) を導入する。図6は I_{d1} と I_{d2} の関係である。 I_{d1} と I_{d2} が小さいほど、その試料の乱れの程度は小さいので、明らかに RC 試料は BS 試料に比べて乱れの影響が大きいことが分かる。また、 I_{d1} と I_{d2} は相関している。

4. おわりに

乱れの少ない BS 試料を用いた実験から得られる変形特性が、原地盤本来の変形特性を表すものであり、RC 試料のように乱れの大きな試料での実験からは、地盤本来の変形特性を正確に得るのは困難である。しかし、海上の現場等では RC 試料を得るのさえも大変な作業であり、通常 BS 試料を得ようとすることは現実的ではない。その場合には、乱れの影響を十分念頭に置いておくことが重要である。

参考文献 1)例えば、Tatsuoka et al.(1994):Stiffness of hard soils and soft rocks in engineering applications, Pre-failure deformation of geomaterials, Vol.2, pp. 947-1063. 2)例えば、王ら(1995):サンプリング方法による軟岩試料の乱れ, 第30回土質工学研究発表会講演集, pp. 1147 -1150. 3)例えば、越智ら(1994):空洞掘削と実験調査および線形逆解析による堆積軟岩の変形特性, 土木学会論文集, No.487/III-26, pp.177-186.