

III-A 342

堆積軟岩（泥岩）のセメンテーションの損傷について

東京大学大学院 学生会員 王 林
 東京大学工学部 正会員 龍岡文夫
 東急建設技術研究所 正会員 越智健三・壺内達也

1 まえがき

堆積軟岩（泥岩）の強度・剛性は、基本的にはセメンテーションによるものである。掘削工事などにより軟岩地盤が各種のせん断履歴を受けることより、セメンテーションが損傷する可能性がある。一方、堆積軟岩は超過圧密粘土と見なせると言う意見があり、堆積軟岩の圧密降伏応力に相当する地層が地質的期間で侵食されたとする考え方もある。そうだとすると、室内で圧密降伏応力を越えるまで圧縮してから除荷すると、強度と剛性は増加する（あるいは低減しない）ことになる。

これらの問題点を明らかにするために、圧密降伏応力を越える過圧密履歴を与える前後で三軸圧縮試験を大きな繰返しせん断の載荷／除荷与えて行った。

2 試料・試験方法

相模原市の上総層群（地質年代 166 万年）地盤内に掘削した深さ 48m の試験横坑内でブロックサンプリングした試料を用いた。二つの局所変形測定装置 LDT(Local Deformation Transducers)を用いて供試体(5 cm φ× 15 cm h)の側面で軸ひずみを測定した。

以下の三種類の試験を行った。①等方載荷を行いながら微小な繰返しせん断を行い 0.001% の微小ひずみ増分で定義した弾性係数 E^0 を求めて、その後原位置有効上載圧 σ'_{v0} で CD 三軸圧縮試験を行った。②拘束圧 200kgf/cm² まで等方圧縮して、除荷後 σ'_{v0} で CD TC 試験を行った。③ σ'_{v0} で CD TC 試験をピーク強度近くまで一度行い、次に拘束圧 200kgf/cm² まで除荷後等方応力状態で拘束圧を増加しながら E^0 を調べ、最後に σ'_{v0} で CD TC 試験を行った。①～③のいずれの CD TC 試験でも大きな繰返しせん断を行った。

3 試験結果

図 1 に、①の CD TC 試験の結果を示す。初期載荷と再載荷でのピーク強度 q_{max} は殆ど同じである。しかし、接線ヤング率 E_{tan} と等価ヤング率 E_{eq} と偏差応力 q をそれぞれ初期弾性ヤング率 E_0 と q_{max} で正規化した関係(図 2)を見ると、再載荷時の E_{tan} は $q/q_{max} = 0.4$ までは初期載荷時の値の半分ほどであり、その後応力レベルの増加と共に初期載荷時の値に漸近する。これは、非粘性の土では再載荷時の方が E_{tan} が大きくなる

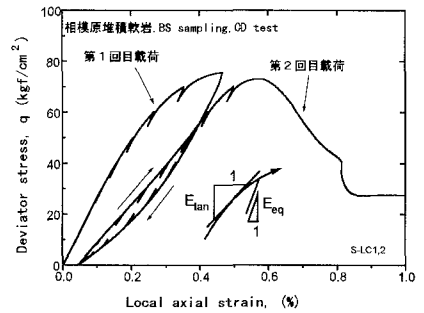


図 1 応力・ひずみ関係

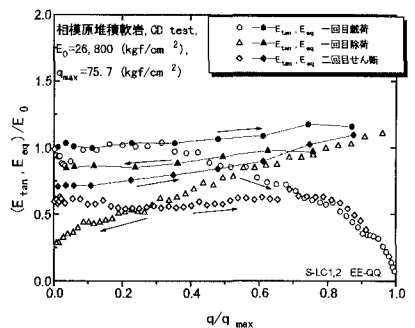


図 2 正規化した弾性係数と応力レベルの関係

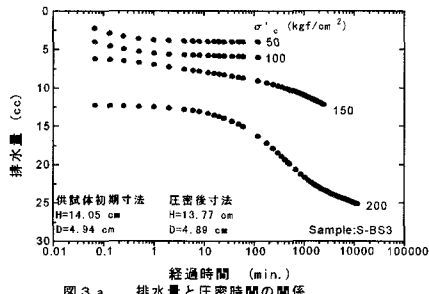


図 3 a 排水量と圧密時間の関係

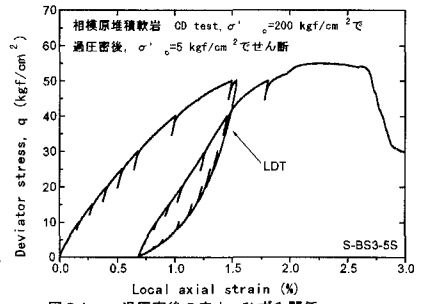


図 3 b 過圧密後の応力・ひずみ関係

のと逆の現象である。同様に等価ヤング率 E_{eq} も再載荷時に低下している。これらの結果は、ピーク強度付近までのせん断によりセメンテーションが損傷したことを示唆している。これは、この軟岩のセメンテーションはロータリコアチューブサンプリングや掘削工事時に地盤が各種の乱れを受けることを示している。

一方、図3 aに等方圧密結果を示す。ここに示す供試体からの排水量は誤差が大きくて、真の体積変化よりも大きいものと思われるが、圧密降伏圧力は $\sigma'_c = 200 \text{ kgf/cm}^2$ 以下であることが分かる。図3 b、4に、②の試験での過圧密後の CD TC 試験の結果を示す。過圧密を加えない場合（図1、2）と比較すると、初期弾性ヤング率 E_0 とピーク強度 q_{max} は大きく減少している（ E_0 の減少率の方が大きい）。図4を見ると、 q の増加とともに E_{eq} が増加していて、 E_{eq} の圧力レベル依存性（即ち σ'_v 依存性）が増加している。また、 q の増加による E_{tan} の減少率も増加し、初期載荷・再載荷時で E_{tan} の値が似ている。これらの結果は、過圧密によってセメンテーションが相当破壊され、全く異なる変形・強度特性を持ったことを示している。

図5 b、6は、③の試験結果である。この場合も、圧密降伏圧力を越えて等方圧縮をしている（図5 a）。この場合、同一試料の過圧密前・後の結果が直接比較できる。図7は、過圧密前後で求めた「等方応力状態で測定した弾性ヤング率 E^* 」と拘束圧の関係である。過圧密後、 E^* の圧力レベル依存性は著しく増加している。また、両曲線は圧密最大応力 $\sigma'_c > 200 \text{ kgf/cm}^2$ で一致する傾向にある。これは「図2、4で再載荷時の E_{tan} が初期載荷時の E_{tan} に q が初期載荷時の q の最大値になると一致するようになること」と対応している。これらの結果も過圧密によりセメンテーションが破壊されたことを示している。

4 あとがき

a) ピーク強度までせん断載荷すると、セメンテーションはある程度損傷し再載荷時の剛性は低下する。しかし、ピーク強度は低下しない。b) 圧密降伏圧力を越えて等方圧密すると、セメンテーションで保持された構造は相当破壊され、次代に非粘着粒状体の性質を示すようになる。従って、堆積軟岩は超過圧密粘土とみなすのは正しくなく、何らかの続性作用により強いセメンテーションを持つようになったと見なすべきである。

5 参考文献：1) 王林・龍岡文夫・古関潤一・谷学東：大きな繰返し応力履歴を受けた堆積軟岩変形特性について、土木学会第50回次学術講演会Ⅲ，平成7年9月。2) 王林・龍岡文夫・越智健三・壺内達也：堆積軟岩異方性の検討，第27回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，pp.236-240,1996,東京。

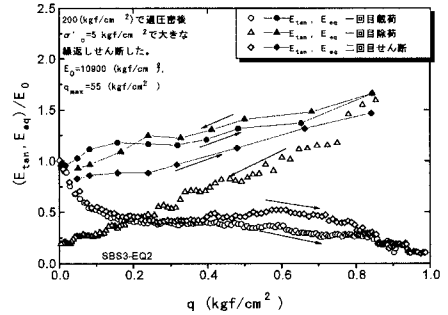


図4 過圧密後の弾性係数と応力の関係

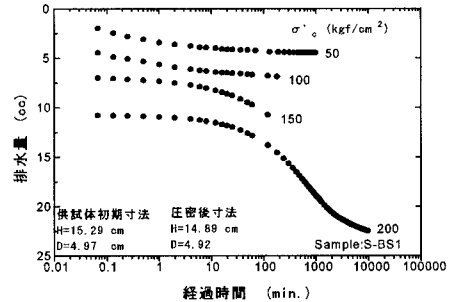


図5 a 排水量と圧密時間の関係

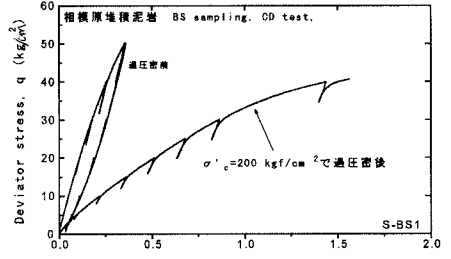


図5 b 過圧密前後の応力・ひずみ関係

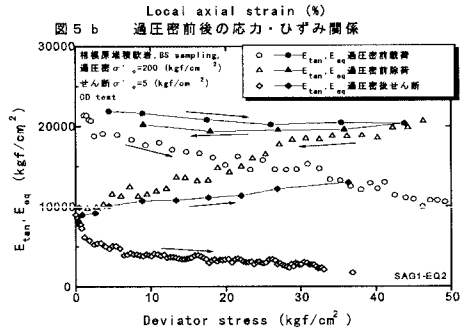


図6 過圧密前後の変形係数・応力関係

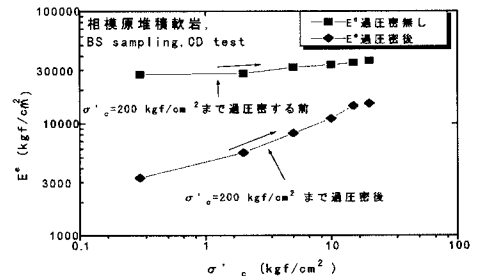


図7 過圧密前後の E^* と拘束圧の関係