

III-219

堆積軟岩の一軸・三軸圧縮試験における微小ひずみレベルでの変形係数

東京大学大学院

金有性

東京大学生産技術研究所

龍岡文夫・佐藤剛司

応用地質

橋口稔・稲垣隆二

はじめに： 軟岩の供試体にはストレインゲイジが貼りにくいので、小さいひずみレベルでの正確な変形係数の測定例は少ない。室内試験の供試体がマスとしての原位置地盤の代表試料かどうかの問題もあるが、本報告では(1)微小な軸ひずみの正確に測定する方法、(2)Bedding error(供試体上下端とキャップ・ベDESTALとのなじみの不完全性や、トリミング時に形成された供試体上下端付近の緩み層、以下BEと略記)による変形係数の過小評価、(3)サンプリング時に出来たマイクロクラックによる変形係数を過小評価、を検討する。なお、原位置試験による変形係数と三軸圧縮試験による変形係数のひずみレベルを考慮した比較は、本学会に別途報告してある^{1), 2)}。

試料： 砂岩・泥岩・砂泥互層からなる堆積軟岩地盤からコアボーリングにより直径5cmの試料を得た¹⁾。試料は青みがかったり酸化した形跡が殆ど無く風化していない。供試体の高さは10cmで直径も5cmであり、両端面が平行・平面・平滑になるように金切り鋸歯とカッターナイフで手で非常に丁寧に整形した。一軸供試体は石膏でキャッピングした。軸ひずみ速度は0.02%/分で、キャップは回転しない。一軸圧縮試験では、キャップ及びベDESTALの表面(金属面)に供試体端面を直接接触させた。圧密非排水三軸圧縮試験では、供試体上下端面はナイロンメッシュ(一枚)とポラスストーンを介してキャップおよびベDESTALに接し、側面には幅1cmの5本の短冊状の濾紙を付けた。2-3kgf/cm²の背圧のもとで原位置の有効上載圧(σ'_v =土かぶり高さ $\times$ 全単位体積重量)で等方圧密した。二重負圧法で飽和化した所、間隙水圧係数B値の測定値は0.95以上であった。

軸ひずみ測定： 三軸セル外部ダイヤルゲイジと、供試体側面の対角位置に設置した2つの長さ90mmのLDTを用いた³⁾。一軸供試体では、LDTの先端固定用ヒンジを供試体側面に直接貼り付けた。三軸圧縮試験では0.3kgf/cm²のサクシオンでメンブレイン(厚さ0.3mm)を供試体に密着させて、メンブレイン上にヒンジを固定した。

一軸圧縮試験： 図1から次のことが分かる。(1)BEのため、三軸セル外部で測定した軸ひずみ(ϵ_1)_{EXT}はLDTで測定した軸ひずみ(ϵ_1)_{LDT}よりも相当大きい。三軸供試体の等方圧密中の軸ひずみの大部分もBEの為であり、「圧密中のBedding errorによる見かけの軸ひずみ」(ϵ_1)_{EXT}-(ϵ_1)_{LDT}は岩種によらない(図2)。

(2)図1(a)、(c)では載荷初期のS字型応力・ひずみ関係が目立つ。全体的に砂岩でこの傾向が目立った。これは、二つのLDT出力が殆ど似ていてもS字になることから、供試体端面の平面・平滑・平行度の問題が主要な理由ではなく、次の二つの要因が考えられる。(a)(ϵ_1)_{LDT}でもS字型になるのは、試料採取時に生じたマイクロクラックのためであり、S字型はクラックの無い場合の物性ではないと思われる。似た砂泥互層供試体の一軸・三軸試験での接線変形係数 E_{tan} の比較した図3を見ると、一軸圧縮試験では E_{tan} が増加してゆきピーク強度近くになってはじめて三軸圧縮試験での E_{tan} と一致してくる、と言う不自然な現象が生じている。また、サンプリング時のマイクロクラックの発生は粒子の大きい砂岩では生じ易いため、砂岩の供試体にこの傾向が強かったのであろう。このことから砂岩の圧密中の(ϵ_1)_{LDT}が泥岩・互層供試体よりもはるかに大きかったのであろう(図2b)。

(b)図1bに示す例の様に、泥岩供試体では(ϵ_1)_{LDT}に対してはS字型が出ない場合もあったが、(ϵ_1)_{EXT}ではほとんどの場合にS字型になった。これは、特に軸圧縮初期にBEの影響が大きいためであろう。

三軸圧縮試験： 図4、5から次のことが指摘できる。(1)LDTを用いると、0.0001%(10⁻⁶)のひずみレベルからの応力・ひずみ関係が得られる。(2)泥岩・互層供試体ではS字型が消えた(図4)。泥岩・互層供試体では圧密時の(ϵ_1)_{LDT}では砂岩よりもはるかに小さいことから(図2)、元々マイクロクラックが少なかったものと思われる。これに対して、砂岩供試体ではS字型がまだ残っているのは(図5)、再圧密してもマイクロクラックは閉じきらなかったためと思われる。なお、別途行ったUU三軸圧縮試験でも、応力・ひずみ関係のS字型の傾向が著しく減少している。(3)三軸圧縮試験でも(ϵ_1)_{EXT}>(ϵ_1)_{LDT}である。即ち、この程度の圧密ではBEの影響が完全に無くならない。図6に、S字型が無い場合の(ϵ_1)_{LDT}<10⁻⁵での変形係数 E_{max} と $q \sim (\epsilon_1)$ _{EXT}関係での初期の直線部分の剛性率 $E_{initial}$ の関係を示す。BEのため $E_{initial}$ は E_{max} の1/2~1/5である。

結論：（1）一軸圧縮試験では、変形係数を正確に測定してもマイクロクラックの為か原位置の変形係数を過小評価する可能性が高い。原位置応力で圧密した三軸圧縮試験では、より正確な変形・強度特性が得られる。（2）三軸圧縮試験でも供試体上下端でのベッディングエラーがあるため、軸ひずみは供試体側面で測定する必要がある。供試体端面をキャッピングしてキャップの動きを測定しても十分な解決にはならない。

参考文献：（1）橋口・稲垣・金・龍岡・渋谷・佐藤(1990):堆積軟岩の変形係数と圧縮強度の関係、土木学会年次学術講演会Ⅲ、（2）龍岡・金・橋口・稲垣(1990):堆積軟岩の室内試験と現場試験による変形係数の関係、同上、（3）渋谷・龍岡・佐藤・金・後藤(1990):局所軸ひずみ測定装置－理論と測定例一、同上

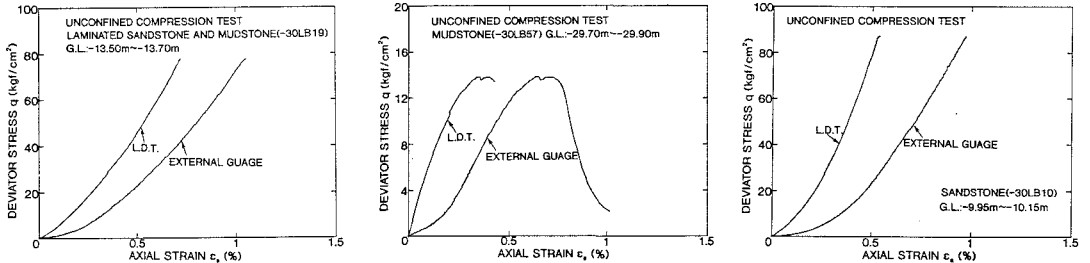


図1 一軸圧縮試験 (a)砂泥互岩LB19, (b)泥岩LB57, (c)砂岩LB10

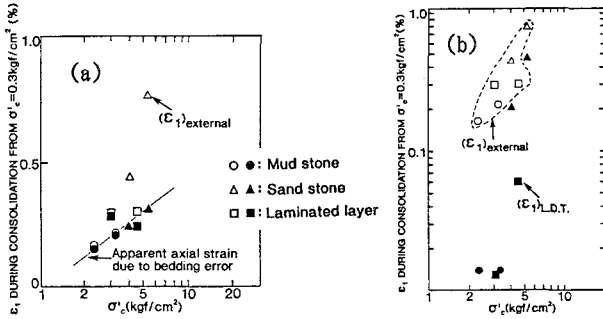


図2 三軸供試体の圧密中の軸ひずみ

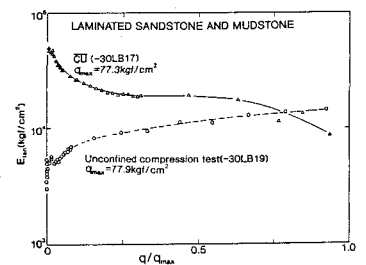


図3 $E_{max} \sim q/q_{max}$ 関係

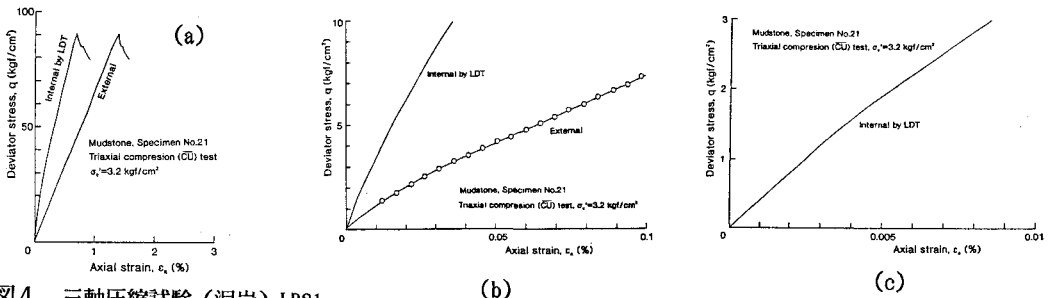


図4 三軸圧縮試験（泥岩）LB21

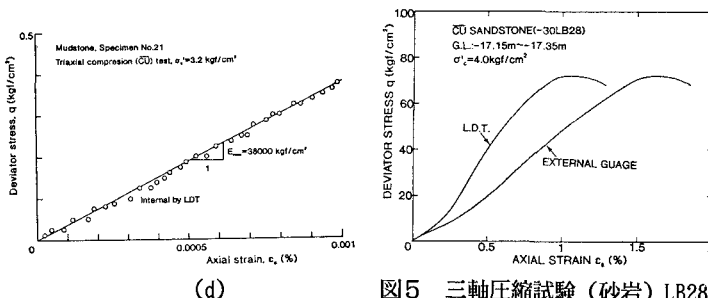


図5 三軸圧縮試験（砂岩）LB28 図6 (ϵ_1)_{EXT} による $E_{initial} \sim E_{max}$