

Ⅲ-150

繰返し大型三軸試験による粗粒材の弾性変形特性

東京大学生産技術研究所 学生会員 蔣関魯

東京大学生産技術研究所 正員 龍岡文夫・佐藤剛司・古関潤一

1. はじめに：筆者らはこれまで、粗粒材の三軸試験において局所変形測定装置（LDT）を用いて、ベッディングエラーの影響を含まない変形特性を測定し、その応力状態の依存性を検討してきた¹⁾。その結果、粗粒材の弾性ヤング率（等価ヤング率 E_{eq} ）は最大主応力 σ_1 に直接依存することが分かった。しかし、等方応力状態から破壊に至るまでの過程において、せん断に伴う構造の変化あるいは初期構造の損傷（damage）による E_{eq} の減少が生じ、その減少率は三軸圧縮の場合よりも三軸伸張の場合の方が大きい²⁾。今回、等方圧密試験と側圧一定の状態での三軸繰返し試験を行い、その途中で微小な繰返し载荷により E_{eq} を測定し、 E_{eq} の σ_1 依存性・そのせん断レベル（ q/q_{max} ）依存性を検討した。

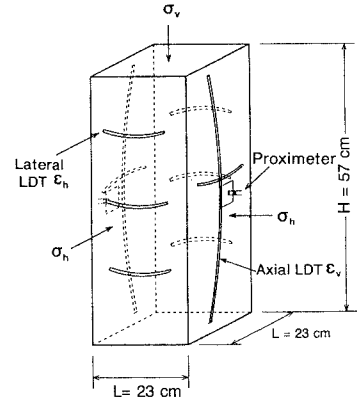


図1 三軸試験の概要

2. 試験の概要：供試体は、高さ57 cm、幅23 cm、幅23 cmの直方体である（図1）。試料は粒子が球形に近い砕石で、最大粒径は38 mm、平均粒径は3.5 mmである。供試体は、14層に分けてパイプシートを用いて作成した。メンブレンの厚さは2.0 mmである。供試体の上下端面はろ紙でキャップ及びペDESTALと接している。等方圧密と三軸試験では、軸ひずみ速度は約0.1%/分である。微小繰返し試験では、正弦波を用いて、10波载荷（周期10秒）を行った。

3. 試験結果及び考察：微小繰返し試験では、生じる繰返し軸ひずみ片振幅 $d\epsilon_{SA}$ が 10^{-5} よりも、大きくあることがある。そこで σ_h が一定の繰返し三軸試験で得られた $E_{eq}/E_{eq, max}$ と $d\epsilon_{SA}$ の関係（図2）を用いて E_{eq} を次の式で補正した。

$$E_{eq}(d\epsilon_{SA}=10^{-5})=E_{eq}(d\epsilon_{SA})/[d\epsilon_{SA} \text{ に対する } A]$$

図3に示すのは、等方圧密での E_{eq} と拘束圧の関係である。この図から、ほぼ $E_{eq} \propto \sigma_v^{0.522}$ の関係があることが分かる。今回

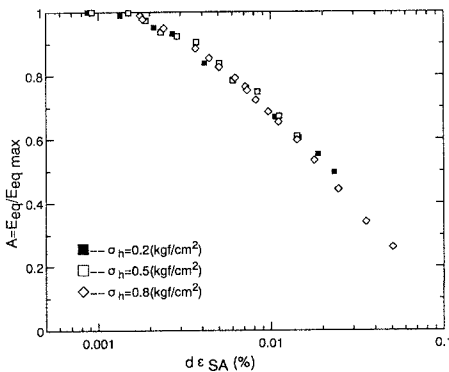


図2 $E_{eq} \sim E_{eq, max}$

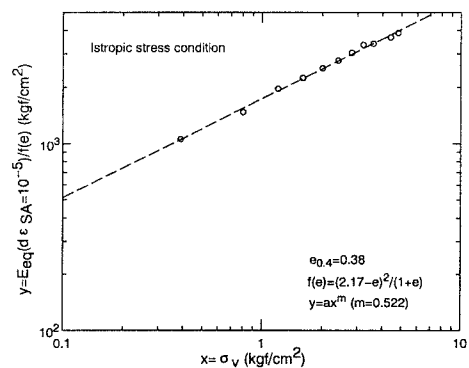


図3 $E_{eq}(d\epsilon_{SA}=10^{-5})/f(e) \sim \sigma_v$

の試験では、それぞれ別の供試体を用いて拘束圧1.2、1.8、2.2 (kgf/cm²)で繰返し三軸試験も行った。図4は、繰返し試験の偏差応力と軸ひずみの関係の例である。载荷途中の微小な除荷・再载荷から E_{eq} の値を求めている。図5には、拘束圧がそれぞれ1.2、1.8、2.2 (kgf/cm²)での $E_{eq}(d\epsilon_{SA}=10^{-5})$ を間隙比の関数 $f(e)$ で除した値と σ_v の関係を示す。これらの図から、次のことが分かる。a) 側圧が一定でも σ_v

の増減に伴って E_{eq} は増減していることと、三つの試験での $E_{eq} \sim \sigma_v$ 関係が類似なことから、 E_{eq} は基本的に σ_v の関数である。b) $E_{eq} = a \sigma_v^m$ 関係における乗数 m は、等方圧密時の $m=0.522$ よりも三軸圧縮時では小さく、三軸伸張の時は大きい。また、同一の応力状態でも過去に受けたせん断ひずみが大きい程 E_{eq} が減少している傾向がある（図5-c参照：番号は図4に示す番号に対応）。

等方応力状態での $E_{eq}(d\varepsilon_{SA}=10^{-5})$ を非損傷状態のヤング率 E^* とする。それぞれの繰返し三軸試験中での E^* を「繰返し三軸試験開始時の E_{eq} 」 $\times$ （ σ_v /繰返し三軸試験開始時の σ_v ） $^{0.522}$ とした時の E_{eq}/E^* を求めたのが図6である。三軸伸張状態での E_{eq}/E^* の低下（損傷）が大きい。

4. 結論：

レキの等価ヤング率は基本的には最大主応力の関数であるが、等方状態から離れるに従って、等方応力状態よりも相対的に低下する。軸方向に締め固めたためか、三軸伸張状態での低下率が特に大きかった。

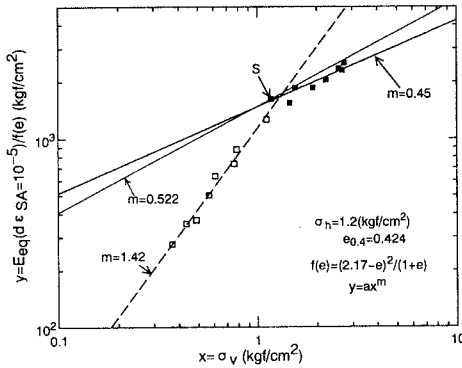


図5a $E_{eq}(d\varepsilon_{SA}=10^{-5})/f(e) \sim \sigma_v$

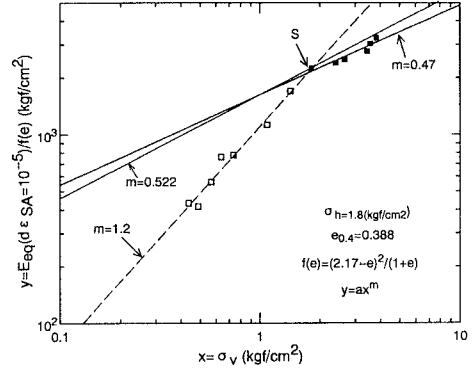


図5b $E_{eq}(d\varepsilon_{SA}=10^{-5})/f(e) \sim \sigma_v$

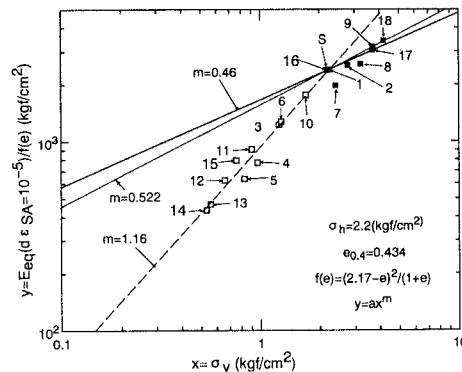


図5c $E_{eq}(d\varepsilon_{SA}=10^{-5})/f(e) \sim \sigma_v$

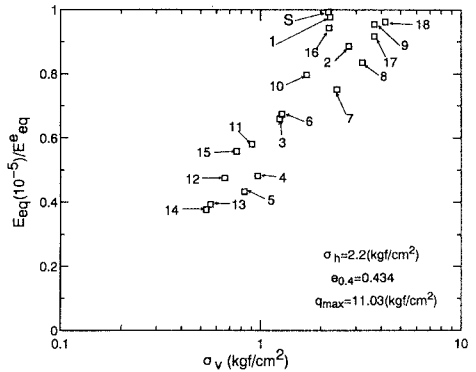


図6 $E_{eq}(d\varepsilon_{SA}=10^{-5})/E_{eq}^* \sim \sigma_v$

参考文献：1) 蔣関魯・龍岡文夫・佐藤剛司・木幡行宏・藤守真治(1995)：大型三軸試験による粗粒材の変形特性・異方性、第30回土質工学研究発表会投稿中。2) A. Flora, G. L. Jiang, Y. Kohata, F. Tatsuoaka(1994), "Small strain behavior of a gravel along some triaxial stress paths", Proc. IS-Hokkido, vol. 1, pp. 279-285.