

圧密応力比の違いによる C S G の動的変形特性と 単調載荷における変形特性との比較

(株)アイ・エヌ・エー筑波研究所 正会員 村山 邦彦
建設省土木研究所 正会員 豊田 光雄

1. はじめに

$10^{-5} \sim 10^{-3}$ の微小ひずみレベルの土構造物の変形特性は、繰り返し三軸試験によって求められる。筆者らは等方圧密状態における C S G (Cemented Sand and Gravel)の動的変形特性について、粗粒材料に比べ剛性がかなり高いことを報告している¹⁾。本報文は、室内で作製した C S G 供試体の、(1)等方圧密状態および異方圧密状態における動的変形特性、(2)等方圧密状態での繰り返し載荷試験と単調載荷試験から得られる変形特性について、それぞれ比較した結果を述べたものである。

2. 試験概要

供試体は粘板岩を主体とした粗粒材料にセメント(単位セメント量 60kg/m^3)を添加したものを、電気ハンマーを用いた締固めにより作製した。供試体作製条件を表-1に示す。供試体の上端面は石膏でキャッピングを行い端面を平滑にしている。

軸ひずみは局所変位計(LDT)を用い、供試体側面の2箇所測定を行った。体積変化は内セルを用い、外体積変化による水位変化を差圧計で測定した。試験条件を表-2に示す。繰り返し載荷試験は、1つの圧密応力比 σ_1/σ_3 について平均主応力 σ_m を増加させていくステージ載荷で実施した。

両試験でのヤング率は図-1.1、1.2のように定義した。繰り返し載荷試験では偏差応力と軸ひずみから描かれる履歴曲線から等価ヤング率 E_{eq} を求め、単調載荷試験では応力ひずみ曲線から割線ヤング率 E_{sec} を求める。

3. 試験結果および考察

(1) 応力比の影響

図-2は $\sigma_m=0.1\text{MPa}$ の条件で、 σ_1/σ_3 を変化させたときの片振幅せん断ひずみ γ_{SA} と等価せん断剛性率 G_{eq} の関係である。 E_{eq} から G_{eq} を求めるにあたり、横ひずみは体積ひずみ ε_v を用いて推定している。

G_{eq} は等方圧密状態より異方圧密状態の方がどのひずみレベルにおいても大きく、例えば σ_1/σ_3

$=2.0$ の G_{eq} は、 $\sigma_1/\sigma_3=1.0$ の値よりも30%程度大きくなった。砂を用いた既往の事例²⁾では、 $\sigma_1/\sigma_3=1 \sim 4$ の範囲で $\gamma_{SA}=1 \times 10^{-5}$ 付近における G_{eq} も等方圧密状態の値よりも最大で10%程度大きい、剛性が高い C S G ではこの傾向はより顕著であるといえる。

図-3は片振幅せん断ひずみ γ_{SA} と履歴減衰率 h の関係である。 h は γ_{SA} の増大に伴い大きくなるが、異方

キーワード：C S G、繰り返し載荷試験、単調載荷試験、異方圧密

連絡先：〒300-2635 つくば市東光台5-12 TEL0298-47-4315, FAX0298-47-4316

表-1 供試体作製条件

供試体寸法	d 30cm × H 60cm
最大粒径 D_{max}	53.0mm
4.75mm 以下	29%
均等係数 U_c	23
合成比重 G	2.671
合成吸水率 Q	1.2%
単位セメント量	60kg/m^3
含水比 W	7.0%
乾燥密度 ρ_d	1.979t/m^3
養生日数	7 日

表-2 試験条件

載荷方式	繰り返し載荷	単調載荷
圧密応力比	$\sigma_1/\sigma_3=1.0, 1.5, 2.0$	$\sigma_1/\sigma_3=1.0$
平均主応力	0.1, 0.15, 0.3, 0.6MPa	0.1, 0.15, 0.2MPa
試験状態	気乾・排水	
載荷条件	応力制御 正弦波 (0.1Hz)	ひずみ制御 0.5%/min

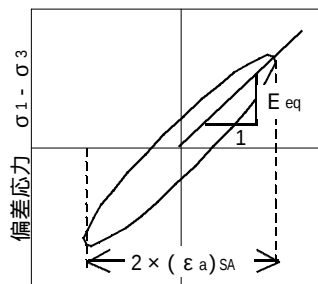


図-1.1 E_{eq} の定義

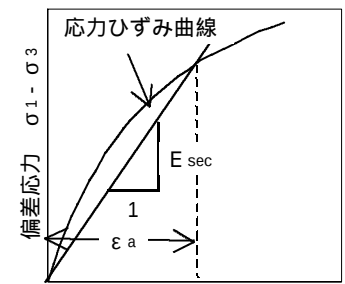


図-1.2 E_{sec} の定義

性の影響は明瞭でないといえる。これは砂との比較においても同様の傾向を示す。

図-4は片振幅せん断ひずみ γ_{SA} とポアソン比 ν の関係である。 ν は異方性の影響が認められ、 σ_1/σ_3 が大きいほど ν は大きくなり、 $\sigma_1/\sigma_3=2.0$ の時の ν は $\sigma_1/\sigma_3=1.0$ の時の約4倍である。

図-2,3,4の関係において、 σ_m が大きいと G_{eq} の異方性の影響は少なくなるが、 ν の異方性の影響はほぼ変わらず、 h の異方性の影響はみられなかった。

(2) 繰り返し载荷試験と単調载荷試験の比較

図-5は拘束圧の違いによる E_{sec} であり、拘束圧依存性が認められる。 $\varepsilon_a=1 \times 10^{-5}$ 以下ではばらつきが大きい、 $\varepsilon_a=1 \times 10^{-5}$ 以上ではひずみの増加に対して E_{sec} は一様に低下している。 $\sigma_m=0.15\text{MPa}$ 時のひずみ依存性は他の2ケースとは異なっている。この原因として、粗粒材料の単調载荷試験では、微小ひずみレベルにおいて供試体作製時の初期構造の影響が現れやすいことが考えられる。

図-6は $\sigma_1/\sigma_3=1.0$ 、 $\sigma_m=0.1\text{MPa}$ における E_{eq} および E_{sec} である。 $\varepsilon_a=5 \times 10^{-6}$ 付近では E_{sec} と E_{eq} は概ね一致しているが、 $\varepsilon_a=1 \times 10^{-5}$ 以上では E_{sec} は E_{eq} よりも10%程度小さな値となる。豊浦砂を用いた同様の試験では、 $\varepsilon_a=10^{-4}$ 付近で E_{eq} はひずみ硬化の影響により E_{sec} よりも大きくなることが報告されており³⁾、CSGにおいてもわずかながら同様の傾向がみられる。

4. まとめ

CSGの微小ひずみレベルの変形特性について、圧密応力比の影響と試験の違いによるヤング率の比較を行った。その結果、繰り返し载荷試験で等価せん断剛性率・ポアソン比は圧密応力比が大きくなると大きくなるが、履歴減衰率は異方性の影響は見られなかった。単調载荷試験で得られる割線ヤング率は、繰り返し試験で得られる等価ヤング率に比べ若干小さくなる傾向にある。

参考文献

- 1) 村山 邦彦、豊田 光雄：軸ひずみ測定法の違いによるセメント改良土の動的変形特性の比較、第27回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、pp496-497
- 2) 例えば 時松 孝次：わかりやすい土質力学原論(第1回改訂版) 土の動的性質、pp314-315、1992
- 3) 龍岡 文夫、澁谷 啓、スポット ティチャフォラシンスクン、金 有性：土質工学40年の歩み - 室内試験法 - 、土と基礎、Vol.37、No.12、pp.33 ~ 37、1989

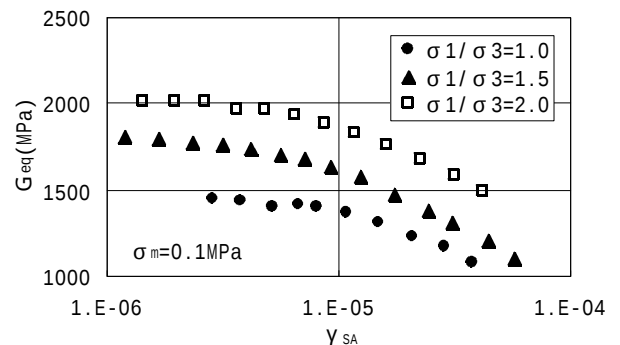


図-2 G_{eq} と γ_{SA} の関係

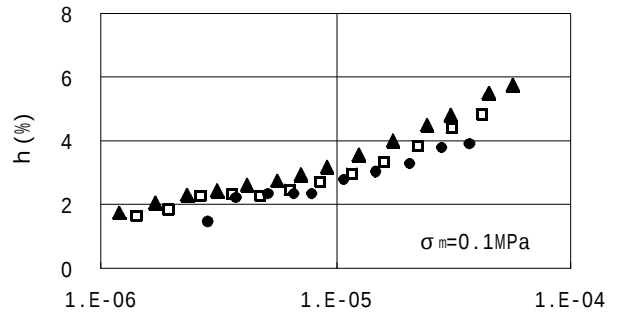


図-3 h と γ_{SA} の関係

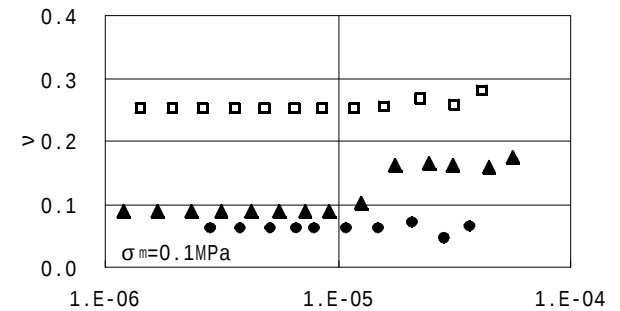


図-4 ν と γ_{SA} の関係

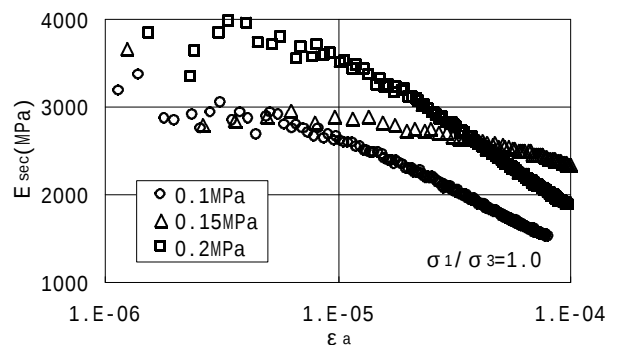


図-5 単調载荷試験における E_{sec} の拘束圧依存性

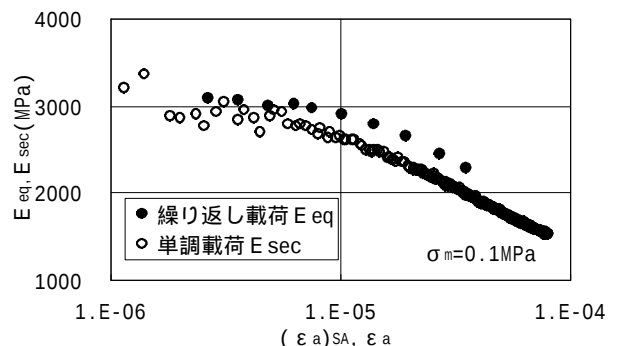


図-6 単調载荷試験と繰り返し载荷試験から得られるヤング率の比較