

ひずみ制御型三軸試験装置を用いた繰返し変形特性試験に関する検討

鳥取大学大学院 学生会員 ○山本諭史  
 (株)不動テトラ 正会員 中谷真弥  
 鳥取大学大学院 正会員 中村公一  
 鳥取大学大学院 正会員 清水正喜

1. はじめに

地震応答解析などの数値解析に必要となる「比較的小さいひずみレベルにおける繰返し载荷のもとでの地盤材料の変形特性」を求めることを目的として、JGS0542「地盤材料の変形特性を求めるための繰返し三軸試験方法」<sup>1)</sup>と「土の変形特性を求めるための中空円筒供試体による繰返しねじりせん断試験方法」<sup>1)</sup>がある。基準化されている試験方法は、ステージ载荷であることに伴い、ステージ間の排水条件、ステージごとの载荷回数、応力制御である。そこで、本研究では、繰返し载荷をひずみ制御下で、繰返し振幅を荷重ではなく局所変位計により求めたひずみにより定めて試験を行った。それによって得られた結果について述べる。

2. 試料, 供試体作製方法, 試験装置

試験に用いた試料は、豊浦砂である。供試体作製方法は、各層ごとに所定の高さから10層にわけてモールド内に投入して作製した。本研究では、相対密度60%を目標として供試体を作製している。作製した供試体は二重負圧法により飽和させた。

図-1に、使用した三軸試験装置を示す。供試体の大きさは、直径10cm、高さ20cmである。局所変位測定のため、供試体側面にターゲットを設置し、それをGap Sensorで測定した。载荷にはステッピングモーターを用いたダイレクトドライブとしており、バックラッシュは無い。

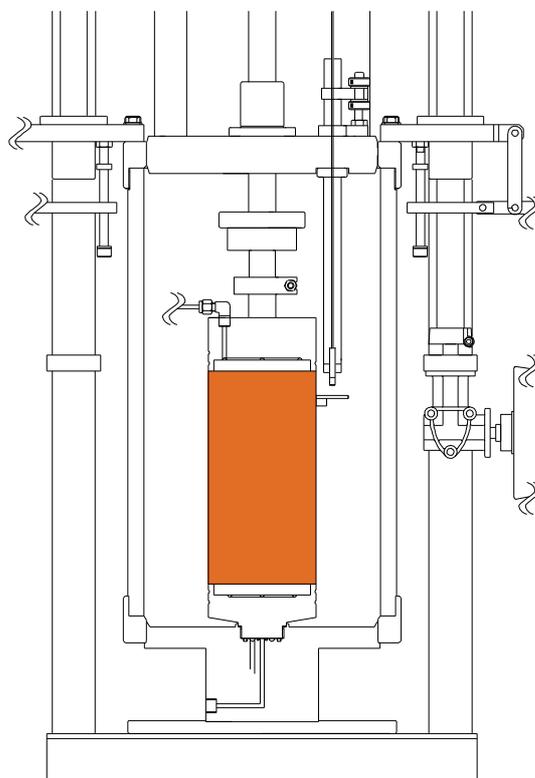


図-1 試験装置

3. 試験条件

表-1に試験条件を示す。これより、以下の点について検討を行った。表-1内の制御方式の意味は、载荷時に反転させる指標を応力とするのか、局所軸ひずみとするのかを示している。

1つめはステージごとにひずみ速度が異なることによる変形特性への影響である。本研究では、ステージごとに振幅ひずみを設定し試験を行っている。したがってひずみ速度一定での载荷であるため、せん断時間はステージが進むごとに長時間になる。そこで、各ステージの試験時間が同じになるようステージごとにひずみ速度を変化させたとき、繰返し変形特性にどのような影響を与えるか検討する。このときすべてのステージで同じ周波数となるよう速度を設定した。

2つめは、同じ供試体の条件下で、载荷時に反転させる指標を応力とした場合と、局所軸ひずみとした場合の比較である。

3つめは応力制御による結果との比較である。これはひずみ制御により得られた変形特性と、応力制御により求めた変形特性を比較する。試験結果にて触れるが、油圧による载荷方法で行った試験は、case7のみである。

4. 試験結果

各図の $E_{eq}$ は、各ステージの5サイクル目の結果を用いて求めたものを示している。図-2は、ステージごとにひずみ速度が異なる場合と、同じ場合について変形特性を比較したものである。ここで、case1, 2, 3はそれぞれ周波数が異なり、

表-1 試験条件

	間隙比 $e^{1)}$	制御方式	周波数 (Hz)	ひずみ 速度 (%/m in)
case1	0.754	ひずみ	0.00925	/
case2	0.754		0.00185	
case3	0.751		0.000925	
case4	0.756		0.004	
case5	0.744	応力	0.00925	/
case6	0.759		0.00925	
case7	0.760		0.1Hz	

1) 圧密終了時の間隙比

キーワード：繰返し変形特性, ひずみ制御

連絡先：鳥取市湖山町南4丁目101番地 TEL：0857-31-5291 FAX：0857-28-7899

case4 はすべてのステージでひずみ速度を一定にして試験を行った。比較した case で、ひずみ速度の差が最大となるのは、case1 と case4 の第 8 ステージ( $(\epsilon_a)_{SA}=8 \times 10^{-2}\%$ )で、80 倍となっている。図-2 より、等価ヤング率は $(\epsilon_a)_{SA}=2 \times 10^{-3}\%$  のひずみレベルで 15MPa 程度の差が生じている。これより片振幅ひずみが増加するとその差は減少していく。ひずみ速度が変化することによる変形特性への影響は少ないと考えられる。

図-3 は、ステージ数が異なる条件の変形特性を比較したものである。case5, 6 は、試験時の片振幅を応力制御により行った。case6 はステージ数を増加させるひずみ範囲を、 $(\epsilon_a)_{SA}=8 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-2}\%$  までとしている。図 3 より、ステージ数を増加させることによる、変形特性に与える影響は小さいと考えられる。ただし本研究では、各ステージにおいて過剰間隙水圧がほとんど発生しない場合についてのみ比較している。

図-4 は、応力振幅一定繰返し载荷とひずみ振幅一定繰返し载荷の比較を示している。 $(\epsilon_a)_{SA}=1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}\%$  の範囲で、case5 の応力振幅一定繰返し载荷の方が、全体的に 5MPa 程度大きくなった。表-1 に示すように供試体の間隙比は case5 の方が 0.01 程度小さい。供試体作製条件などの再現性を考慮すると、この程度の差が生じることは考えられる。よって、応力振幅一定繰返し载荷とひずみ振幅一定繰返し载荷の違いによって変形特性に与える影響は小さいと考えられる。

図-5 は、3つの試験方法から得られる変形特性の比較である。case1, case5 は図-1 の試験装置を用い、それぞれ载荷時に反転させる指標を応力とした場合と、局所軸ひずみとした場合である。case7 は、油圧による応力制御繰返し载荷装置を用いた応力制御による方法である。図-5 より、等価ヤング率の差は $(\epsilon_a)_{SA}=2 \times 10^{-3}\%$  のひずみレベルで最も大きくなり 30MPa 程度であった。また、 $(\epsilon_a)_{SA}=2 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-2}\%$  の範囲でその差は 3~5MPa 程度であり、片振幅軸ひずみが増加するに伴って、その差は減少していることが確認できる。 $(\epsilon_a)_{SA}=2 \times 10^{-3}\%$  以下の範囲で等価ヤング率に差が生じているが、応力制御繰返し载荷装置で使用したロードセルは、液状化試験を行うことを目的としているものを使用したため、使用したロードセルは容量の大きな(分解能の低い)ものである。したがってこの点を考慮すると、試験方法が異なることによる変形特性に与える影響は小さいと考えられるが、再度検討を行う予定である。

5. まとめ

ひずみ速度、制御方式に着目したひずみ制御繰返し载荷装置を用いた繰返し試験の比較により、以下の知見を得た。

- (1) ステージ間でひずみ速度が変化することによる、変形特性への影響は小さい
- (2) ステージ数の違いによる、変形特性への影響は小さい。
- (3) 試験方法(制御方式、試験装置)が異なることによる、変形特性への影響は小さい。

今後、片振幅軸ひずみが大きい領域についても検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 地盤工学会(2009): 地盤材料試験の方法と解説
- 2) 吉田望, 三上武子(2010): 時代の要請に応える土の繰返しせん断変形特性試験の確立を, 地盤工学会誌 58(2), pp.1-5

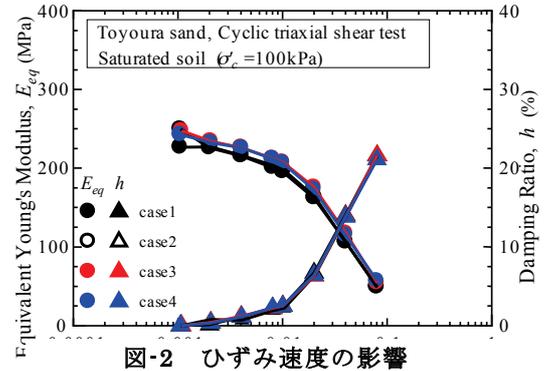


図-2 ひずみ速度の影響

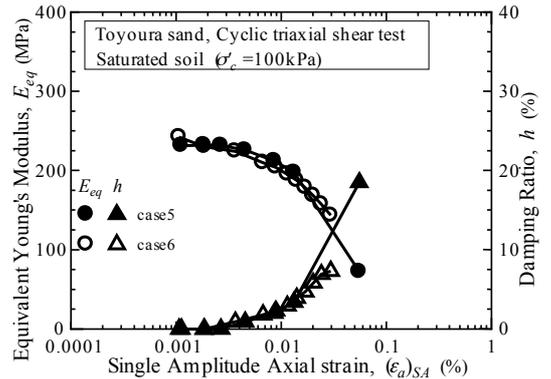


図-3 ステージ数の影響

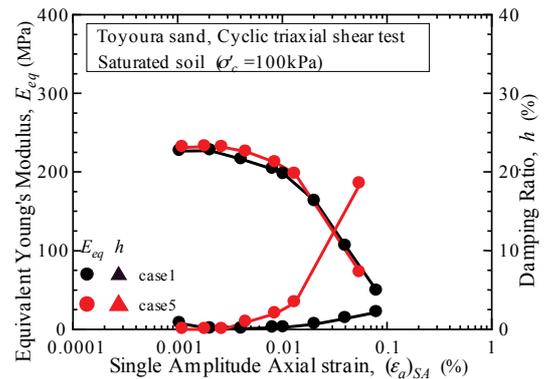


図-4 応力振幅一定繰返し载荷とひずみ振幅一定繰返し载荷の比較

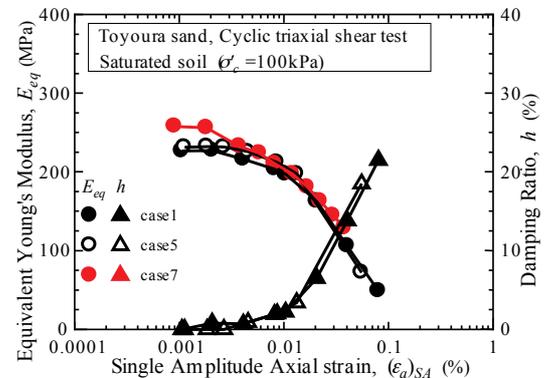


図-5 試験方法の影響