

多方向繰返しせん断によって生じる乾燥砂の沈下特性

山口大学大学院 学生会員 ○岡田尚樹

山口大学工学部 正会員 高宮晃一

福山市役所 吉岡祐典

山口大学工学部 正会員 松田 博

1. はじめに

地震時に地盤内で生じる加速度方向は一定ではないため、地盤内のせん断ひずみ履歴は多方向に生じる。そこで、地震加速度が多方向に作用する場合を考慮し、ひずみ制御により多方向に繰返しせん断が可能な多軸単純せん断試験機を用いた実験を行っている。ここでは、乾燥砂に対して様々な载荷パターンによる多方向繰返しせん断を与え、繰返しせん断方向が有効応力減少、沈下特性に及ぼす影響について調べた。

2. 実験方法

多軸単純せん断試験装置は、供試体（直径 75mm、高さ 25mm）の水平面上の直角二方向から繰返しせん断試験が可能である。用いた試料は豊浦砂（ $\rho_s=2.631(\text{g/cm}^3)$ 、 $e_{\max}=0.971$ 、 $e_{\min}=0.658$ ）である。実験においては、せん断箱に気乾燥した豊浦砂を相対密度 90%（ $\pm 3\%$ ）に調整して詰め、圧密応力 49kPa で 15 分間の予圧密を行う。次に定体積条件下で多方向繰返し単純せん断を実施した後、予圧密時と同条件で再圧密を行い、沈下量を測定した。繰返しせん断として入力する波形は周期 2 秒のサイン波で、繰返しせん断方向の影響を明らかにするため、繰返しせん断として図-1 の CASE I (a)、CASE I (b)、CASE II に示す 3 ケースでせん断を行った。

- ・ CASE I (a): X 方向から繰返し回数 $n=5$ 回の繰返しせん断。
- ・ CASE I (b): Y 方向から $n=5$ 回の繰返しせん断。
- ・ CASE II: X、Y 方向から位相差 θ として $n=5$ 回の繰返しせん断。（Gyratory shear）

なお位相差の違いによる影響を検討するために CASE II については $\theta=20^\circ$ 、 45° 、 70° についても実験を行った。また、ひずみ振幅は $\gamma=0.1\%$ 、 0.3% 、 1.0% とした。なお、ひずみ振幅について、CASE I では片振幅の大きさを供試体高さで除した値を用い、CASE II では供試体下面（上面は固定）中心の静止位置から中心の軌跡の最遠点までの距離を供試体高さで除した値とした。

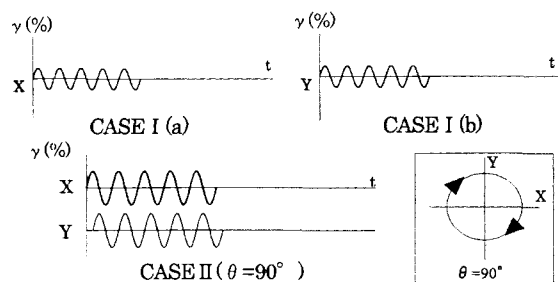


図-1 繰返しせん断方法

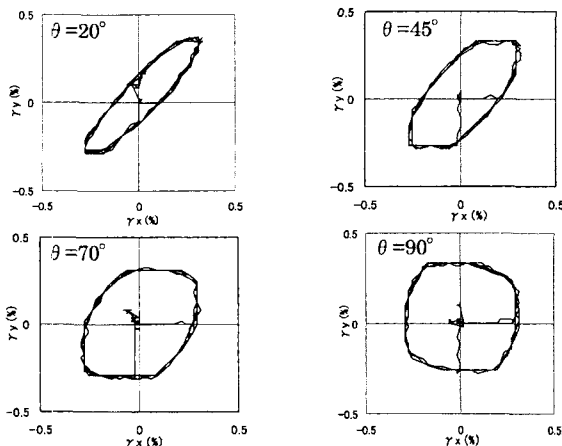
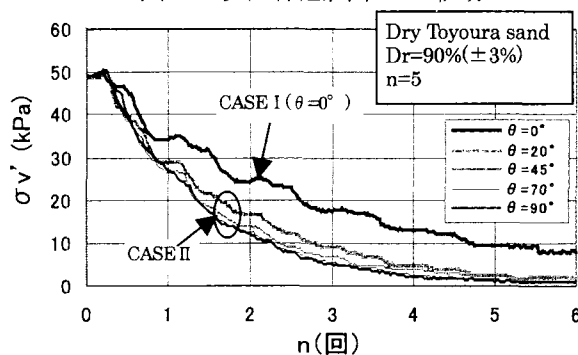
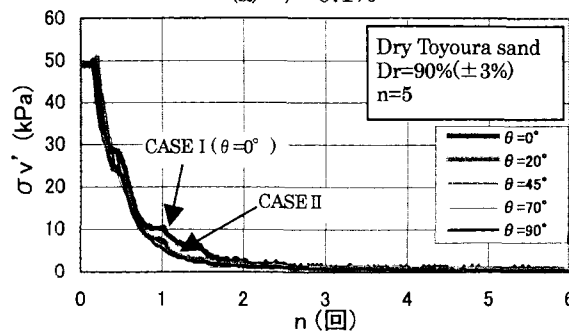


図-2 供試体底面中心の軌跡

(a) $\gamma=0.1\%$ (b) $\gamma=0.3\%$

3. 実験結果

図-2はCASE IIでの繰返しせん断時の供試体底面中心の軌跡を表したものであって、 $\theta=20^\circ$ 、 45° 、 70° 、 90° での結果である。

図-3は繰返しせん断中の鉛直有効応力と繰返しせん断回数との関係を示したものである。(a) $\gamma=0.1\%$ では位相差が大きくなるにつれ、有効応力減少量が大きくなっていることがわかる。(b) $\gamma=0.3\%$ では全ての試験条件において、有効応力減少量の違いは見られず、最終的に有効応力が0に収束していることがわかる。

図-4は繰返しせん断中の有効応力減少比とせん断ひずみ振幅の関係である。同図よりせん断ひずみが小さいときには、位相差が有効応力減少に及ぼす影響が確認できるが、せん断ひずみが大きくなるとともに位相差による有効応力減少への影響は減少する。

図-5はせん断ひずみ $\gamma=0.1\%$ 、 0.3% のときの沈下ひずみと時間関係である。同図より $\gamma=0.1\%$ においては位相差が大きくなるとともに沈下ひずみが大きくなることがわかる。しかし、 $\gamma=0.3\%$ においては位相差による影響はみられない。

図-6は繰返し回数 $n=5$ において生じた沈下ひずみ ε_v とせん断ひずみ振幅 γ の関係である。同図より $\gamma=0.1\%$ のときには位相差 θ の影響が顕著であるのに対し、 γ の増大とともに θ の影響は小さくなっていることがわかる。

図-7は再圧密によって生じた沈下ひずみと繰返しせん断中に生じた有効応力減少比 $|\Delta\sigma_v'/\sigma_{v0}'|$ の関係を示したものである。同図より $|\Delta\sigma_v'/\sigma_{v0}'|$ が1に近づくと沈下ひずみは急激に増加している。また、 $|\Delta\sigma_v'/\sigma_{v0}'|$ が1未満においては両者の関係は、ほぼ一義的な関係があり、せん断ひずみ、位相差に関わらず、有効応力減少量が同じであれば、生じる沈下量は同じであることを示している。

4. 結論

繰返しせん断方向が乾燥砂の沈下特性に及ぼす影響を調べるために载荷パターンを変えて繰返しせん断試験を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 繰返しせん断中の有効応力減少量は、せん断ひずみが小さければせん断方向、位相差の影響が顕著だが、せん断ひずみが大きくなるにつれて、位相差による影響が小さくなる。
- 2) 繰返しせん断後の沈下ひずみは、せん断ひずみが小さければせん断方向、位相差の影響が顕著だが、せん断ひずみが大きくなるにつれて、位相差による影響が小さくなる。

図-3 繰返しせん断中の有効応力の経時変化

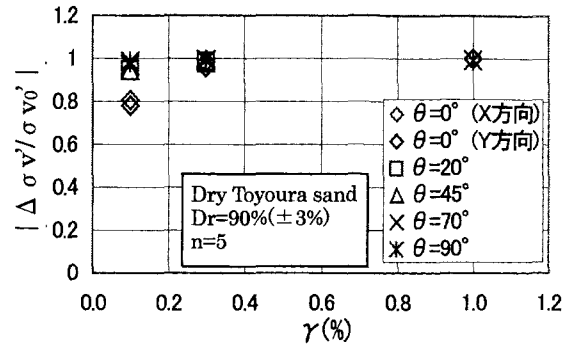


図-4 $|\Delta\sigma_v'/\sigma_{v0}'|$ と γ の関係

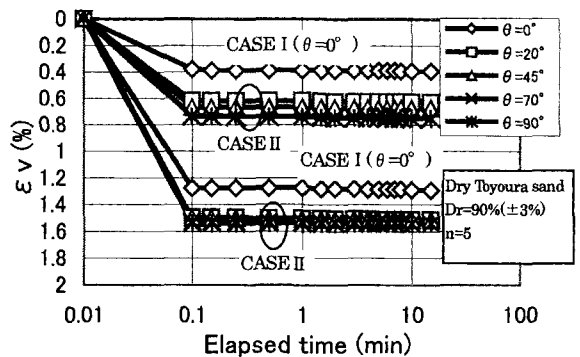


図-5 再圧密後の沈下ひずみの経時変化

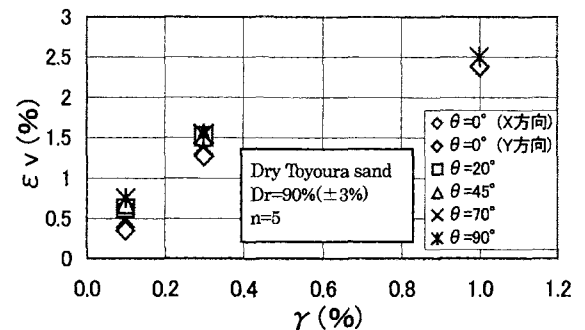


図-6 ε_v と γ の関係

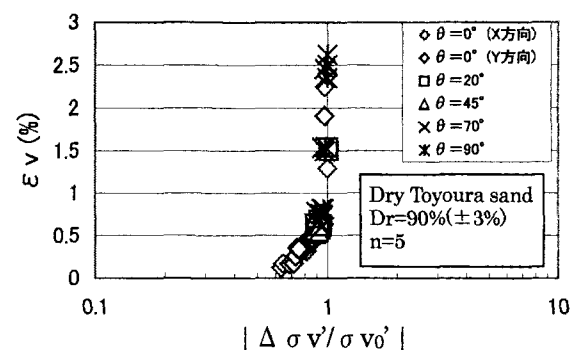


図-7 ε_v と $|\Delta\sigma_v'/\sigma_{v0}'|$ の関係