

初期せん断を受けた砂の繰返し荷重下における残留変形

東京工業大学 大学院（元東京理科大学） 学生会員○梅園 拓磨
日本鉄道建設公団（元東京大学） 松田 康治
東京大学工学部 正会員 東畑 郁生

1. はじめに

傾斜した地盤は液状化により側方流動を起こす。また震動が終わった後も地盤流動は続いていると考えられている。この流動現象の再現を振動台を用いて試みた研究が多くある。しかし模型ゆへの境界の影響を大きく受けてしまう。本研究では、この現象の再現のために要素試験による繰返しせん断試験を行った。

2. 実験の概要と装置

図-1は実験で使用した中空ねじりせん断試験機である。鉛直応力、側方応力及びねじり応力の三成分を制御でき、ねじり変位と鉛直変位を測定する特徴をもっている。試料には豊浦砂を使用した。相対密度が15, 30, 45%になるよう空中落下法により外径10cm, 内径6cm, 高さ20cmの中空供試体を作成した。繰返しせん断試験では、供試体を蒸留水で飽和させ、拘束圧100kPaで等方圧密し、 $(\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)_{MAX} = 0.330 \pm 0.010$ 及び 0.730 ± 0.010 となるように異方圧密を行い、異なる軸差初期せん断応力を与えた。そして非排水で繰返しねじり応力を鉛直応力との応力比0.1~0.3の間で載荷した。載荷は全実験を通じて0.05Hzのサイン波形で行った。振動試験では、拘束圧70kPaで等方圧密し、 $(\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)_{MAX} = 0.730 \pm 0.010$ となるように異方圧密を行い、非排水で載荷軸にバイブレーターをあてて、70Hzで振動をかけた。

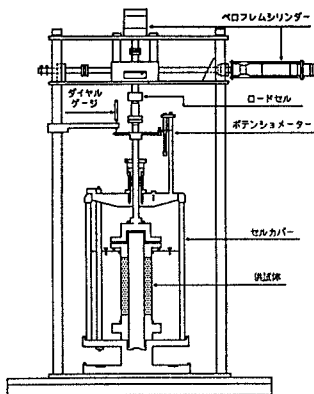
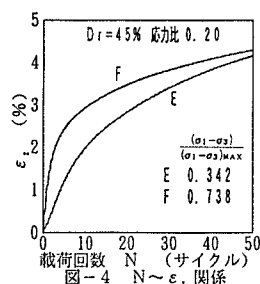
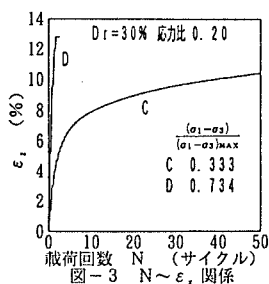
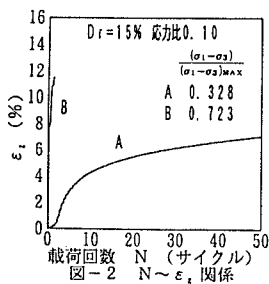


図-1 中空ねじりせん断試験機

3. 結果ならびに考察

3.1 繰返し実験：繰返しねじりせん断応力をかけると鉛直にもひずんでいく。鉛直ひずみのグラフ図-2, 3, 4をみると、載荷初期に大きくひずんでいくが、それ以降のひずみ増分は急激に小さくなる。ただし、鉛直ひずみ曲線BとDにおいては途中で計測範囲を越えてしまっている。ここで間隙水圧のグラフ図-5, 6, 7をみると、相対密度45%で $(\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)_{MAX} = 0.738$ の条件においては、載荷を行うと急激に負の過剰間隙水圧が発生するが、すぐに負の過剰間隙水圧の値のまま安定した状態を保



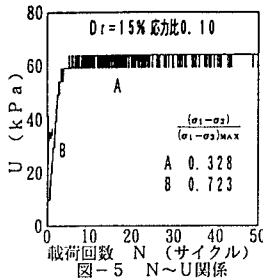


図-5 N~U関係

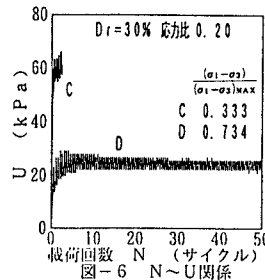


図-6 N~U関係

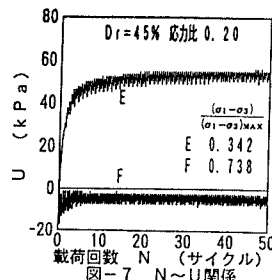


図-7 N~U関係

つようになる。それ以外の条件においては、載荷すると急激に正の過剰間隙水圧が発生するが、それ以降は正の過剰間隙水圧は上昇しなくなり、安定した状態を保つようになる。このことから、相対密度45%で $(\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)_{MAX} = 0.738$ の条件においては載荷開始点は体積変化の膨張域にあり、それ以外の条件においては載荷開始点は体積変化の収縮域にあることがわかる。

3. 2 振動実験：図-8をみると、相対密度15%では載荷してすぐに急激にひずみが発生しているが、相対密度30%ではひずみは1%にも満たなかった。ここで図-9の間隙水圧のグラフをみると、相対密度15%では載荷して急激に正の過剰間隙水圧が発生している。また相対密度30%では載荷してから負の過剰間隙水圧が発生したが、-5 kPaにも満たない。このことから、ひずみと間隙水圧は対応していることがわかる。また、相対密度30%の載荷開始点は体積変化の膨張域にあり、相対密度15%の載荷開始点は体積変化の収縮域にあることがわかる。

4. まとめ

二つの実験結果から振動数の大きさにかかわらず図-10, 11, 12のようにまとめることができた。ここで拘束圧100 kPaで等方圧密した後、排水で静的載荷したときに体積変化が収縮から膨張に移ったときの境界点と、原点を直線で結んだ。その結果、この直線は正の過剰間隙水圧が生じる体積変化の収縮域と負の過剰間隙水圧が生じる膨張域を分ける境界線を意味することが二つの実験結果からもわかる。またこの境界線は、相対密度が高くなるほど破壊線から離れていき、膨張域が広がっていく。

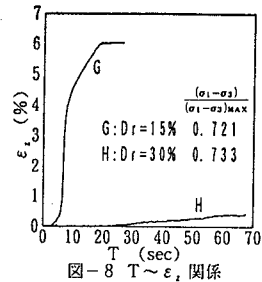


図-8 T~εv 関係

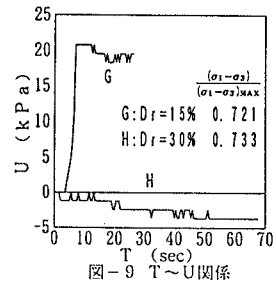


図-9 T~U関係

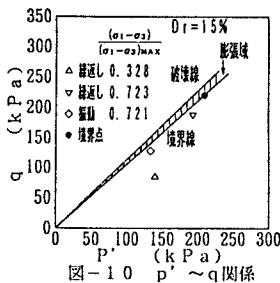


図-10 p'~q関係

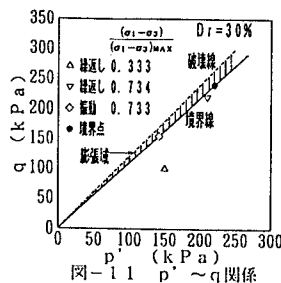


図-11 p'~q関係

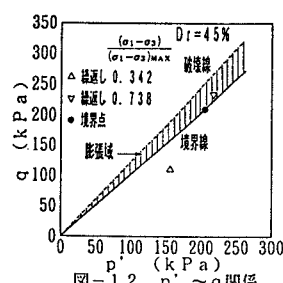


図-12 p'~q関係