

III-242

静的載荷と繰返し載荷を同時に受ける飽和砂の非排水せん断特性

名古屋大学工学部 正会員 杉村 昌広
正会員 松澤 宏

まえがき

土の動的特性に関する実験的研究のほとんどは、両振りせん断あるいは片振りせん断試験によるものであった。構造物を有する斜面地盤や土留め構造物背後の地盤のように、地震時において、一方向に大きな変形を伴いつつ、動的載荷を受ける地盤の動的特性は、両振りせん断あるいは片振りせん断時のものとは異なると考えられる。動的三軸試験機を用いた飽和砂の非排水試験で、静的圧縮と繰返し載荷を同時に行った場合（以下、静的+繰返し載荷と呼ぶ）、繰返し載荷振幅の大きさに応じて、図-1に示すように、①液状化を生じない場合、②緩い砂で液状化を生ずる場合、③密な砂で液状化を生じた後に、強度を回復する場合の3通りの現象が見られた¹⁾。今回、静的+繰返し載荷状態における液状化の発生について、検討を行ったので、報告する。

飽和砂の静的+繰返し載荷試験

試料は豊浦砂であり、空中落下法により、所定の乾燥密度（ 1.45g/cm^3 , 1.55g/cm^3 ）で成形した後、 CO_2 置換により、 $B \geq 0.98$ の飽和供試体を作成した。載荷は、等方圧密状態から、軸方向の静的圧縮（軸ひずみ速度 $2.82\%/min$ ）と繰返し応力振幅（周波数 0.2Hz ）を同時に作用させた。載荷の第1波目は圧縮載荷である。なお計測値については、メンブレン力およびメンブレンペネトレーションの補正を行っている。

試験結果

図-2には、静的+繰返し載荷試験の載荷過程において、計測された間隙水圧の最大値 $u_{\max}$ と、 $\sigma_d/2\sigma'_{30}$ の関係が示してある。 $u_{\max}$ の値は $\sigma_d/2\sigma'_{30}$ が 0.1 までは、静的載荷試験（ $\sigma_d/2\sigma'_{30} = 0$ ）でのものとほぼ同じ値であるが、その後急増し、緩詰め砂では $\sigma_d/2\sigma'_{30}$ が 0.20 以上で、密詰め砂では 0.25 以上で、液状化を生ずる。ただし、密詰め砂の場合には、図-3に示すように初期液状化に達した後、完全液状化を生ずることなく、静的圧縮によるダイレイタンス効果で、強度を回復する。

図-4に、静的+繰返し載荷試験における、初期液状化時の繰返しせん断応力比 $\sigma_d/2\sigma'_{30}$ と繰返し載荷回数 N との関係を示す。図中には、比較のため、両振り載荷試験における、初期液状化時の $\sigma_d/2\sigma'_{30} \sim N$ 関係を示してある。(a)図は緩い砂の場合であるが、静的+繰返し載荷状態での液状化強度は、両振り載荷状態のものより、若干大きな値をとる。これに対して、密詰め砂の場合((b)図)には、 $\sigma_d/2\sigma'_{30}$ が 0.30 程度では、両振り載荷の液状化強度とほぼ同じであるが、 $\sigma_d/2\sigma'_{30} > 0.30$ では両振り載荷時に比べ、大きな液状化強度を持ち、繰返しせん断応力比が大きくなるほど、液状化強度も若干増大するという結果が得られた（ただし、前述のように $\sigma_d/2\sigma'_{30} < 0.25$ では液状化は生じなかった）。さらに、静的+繰返し載荷試験での液状化は、比較的少ない繰返し回数（今回は6回以下）で生じている。

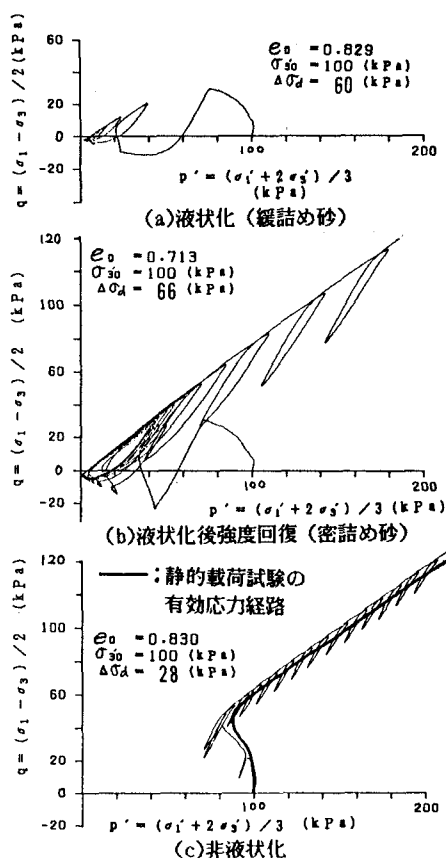


図-1

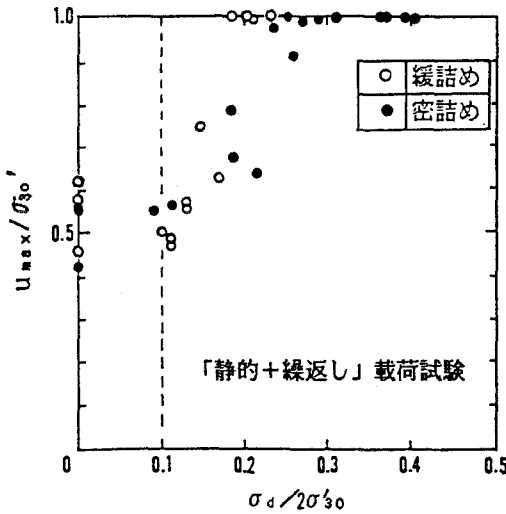


図-2

静的+繰返し荷重試験における液状化強度が両振り荷重時より大きいことは、繰返し荷重による間隙水圧上昇効果と同時に、静的荷重に伴うダイレイタンスー効果が間隙水圧を下降させるように影響しているためと考えられる。また、密な砂において見られるように、 $\sigma_d/2\sigma'_{30}$ の増大に伴って液状化強度が大きくなることも、ダイレイタンスー効果と関連付けて解釈することができる。すなわち、繰返しせん断応力振幅が大きくなるに連れて、少ない繰返し荷重回数（ $\sigma_d/2\sigma'_{30} > 0.30$ では荷重の第1波目）で、非排水せん断時の変相応力比を越えてダイレイタンスー効果の影響を受けるためであると考えられる。

あとがき

静的+繰返し荷重状態での液状化は、今回の荷重条件においては、緩詰め砂の場合は $\sigma_d/2\sigma'_{30} > 0.20$ 、密詰め砂の場合は $\sigma_d/2\sigma'_{30} > 0.25$ において生じ、両振り荷重時と同様、密度によって液状化特性は異なっている。今後、静的荷重速度と繰返し荷重の振動数、初期せん断応力などとの関連を考慮に入れつつ、静的+繰返し荷重時の液状化特性について、さらに検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) 松澤・杉村：累積ひずみを生ずる飽和砂の動的特性，第24回土質工学研究発表会，1989。
- 2) Toki, S. et al.: Cyclic Undrained Triaxial Strength of Sand by Cooperative Test Program, Soils and Foundations, Vol. 26, No. 3, 1986, pp. 117-128.

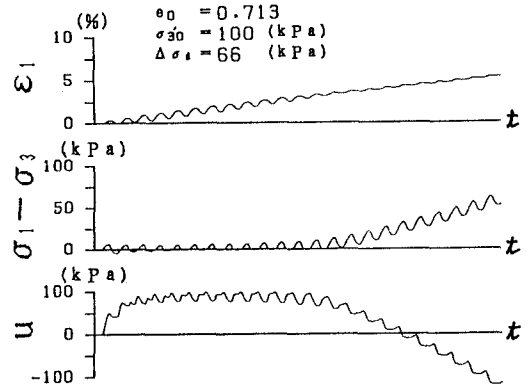
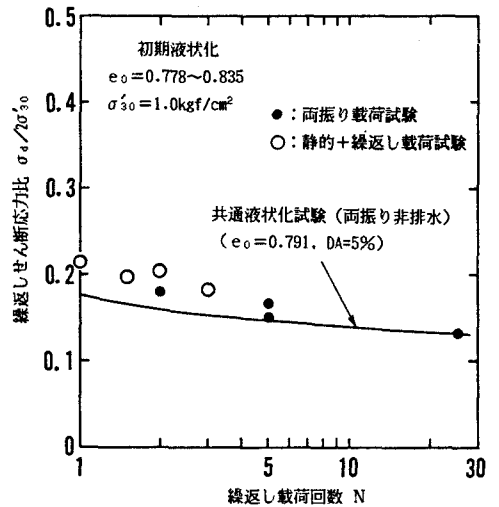
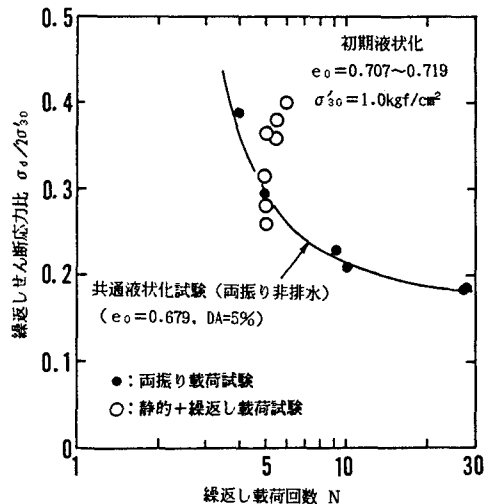


図-3



(a) 緩詰め砂



(b) 密詰め砂

図-4