

初期せん断応力下で繰返し荷重を受ける不飽和まさ土の強度変形特性

(株)ダイヤコンサルタント
関西大学工学部
(協)関西地盤環境研究センター
(協)関西地盤環境研究センター
アジア航測(株)

正会員
正会員
正会員
正会員
正会員

○ 荒木 繁幸
西形 達明
西田 一彦
中山 義久
会 所 久典

1. はじめに

盛土斜面や自然斜面の地震時の安定を検討する場合、初期せん断が作用した応力状態を考慮した動的特性、とくにその変形性能を明らかにする必要がある。また、飽和砂質土の液状化特性に関しては初期せん断応力下の研究が数多く行われているが、不飽和土について、これらの問題を扱った研究は数少ない。そこで本研究では、初期せん断応力下で繰返し荷重を受ける不飽和まさ土の強度変形特性について考察を行い、不飽和斜面の終局限界ひずみ量について検討を行った。

2. 試料と実験方法

用いた試料は、大阪府交野市で採取した領家型花崗岩類のまさ土で、その物理的性質は表-1 に示すとおりである。また、図-1 にまさ土試料の水分特性曲線を示す。これより、飽和度 $S_r=50\%$ 付近および $S_r=80\%$ 付近で曲線の勾配に変化が生じていることがわかる。

供試体は、自然乾燥させた試料のうち 2mm ふるい通過試料を所定の含水比に調整し、直径 5cm、高さ 10cm の円筒形のモールドに 5 層に分けて締固めることで作成した。供試体作成時の飽和度は、 $S_r=36\%, 44\%, 55\%, 61\%, 69\%, 83\%, 100\%$ の 7 通りとした。また、すべての供試体は間隙比 $e=1.0$ となるように締固めた。

実験方法は、振動三軸試験機を用い、飽和させたセラミックディスク(A.E.V.=196kPa)上に、供試体を設置

表-1 試料の物理的特性

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	自然含水比 w_n (%)	最適含水比 w_{opt} (%)	強熱減量 L_t (%)
2.764	16.0	20.0	4.0
均等係数 U_c	平均粒径 D_{50} (mm)	細粒分含有率 F_c (%)	粘土分含有率 C_c (%)
9.62	0.37	11.8	5.3

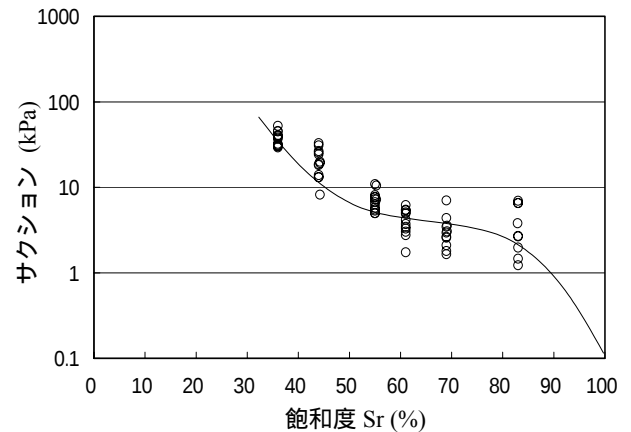


図-1 まさ土試料の水分特性曲線

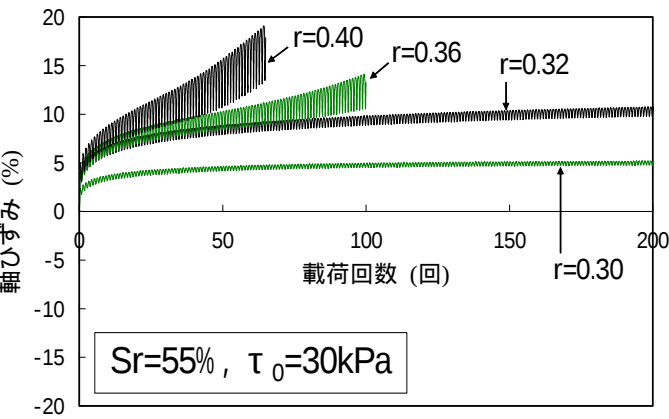


図-2 繰返し荷重による軸ひずみの変化

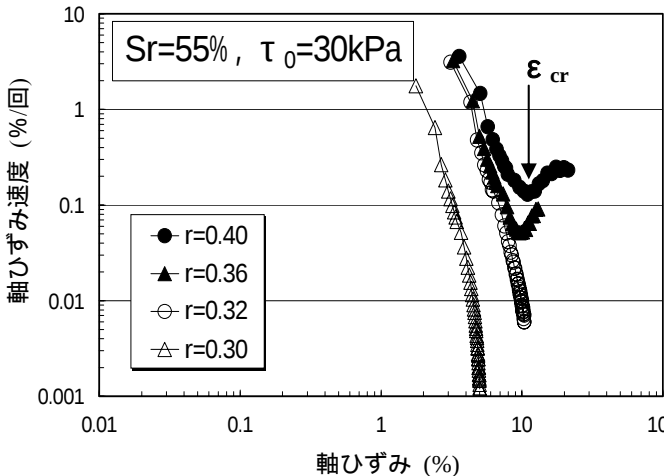


図-3 繰返し荷重による軸ひずみ速度の変化

キーワード：不飽和，繰返し荷重，初期せん断応力

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学工学部都市環境工学科 TEL06-6368-0898

した後、サクションが一定になるまで放置し、等方圧密後、平均主応力が一定となる条件で初期せん断応力 $\tau_0=15$ および 30 kPa を作用させた。繰返し载荷は非排気非排水条件で、 0.1Hz のサイン波の荷重制御で行った。

3. 実験結果

図-2 は、実験結果の一例として、初期せん断応力 $\tau_0=30 \text{ kPa}$ 、飽和度 $S_r=55\%$ の条件における繰返し载荷試験を行ったものである。図中には繰返し応力比($r=\sigma_d / 2\sigma_c$)の値も示してある。図より、応力比の大きさによって、軸ひずみが一定値に収束する場合と、途中で軸ひずみが再度増加し始めて破壊に至る場合があることがわかる。そこで、繰返し载荷 1 回あたりの軸ひずみ変化量を軸ひずみ速度として表したものが図-3 である。図より、応力比が大きい場合には、途中で軸ひずみ速度が急激に増加し始める点が存在することがよくわかる。この点は不飽和斜面における繰返し载荷時の終局限界ひずみ量 (ε_{cr}) として取り扱うことができるものと考えられる。

図-4 は、 $S_r=55\%$ 、 $\tau_0=30\text{kPa}$ の場合について、ひずみ量がそれぞれ $\varepsilon=5\%$ 、 7% 、 10% および ε_{cr} に達したときの応力比と载荷回数の関係を示したものである。図より、この条件下では、限界ひずみ量 ε_{cr} の値はほぼ $10 \sim 13\%$ となっており、応力比が変化しても大きい変化がなく、ほぼ一定の値を示している。

次に、図-5 は ε_{cr} と飽和度の関係を示したものである。図中の白抜き記号は伸張側にひずみが発生した場合を示し、黒抜きが圧縮側に変形が進んだことを示している。これより、飽和度が増加すると、 ε_{cr} が小さくなることは明らかである。一方、飽和度が 50% 以下と小さくなると脆性的な破壊モードとなるため、 ε_{cr} がやや小さくなる状況が見られる。また、初期せん断応力が大きくなるほど、圧縮側に変形し、かつ ε_{cr} が大きくなる（延性的性質を示す）傾向が見られるが、この点については今後検討が必要であると考えられる。

最後に、図-6 に初期せん断応力が 30kPa の場合の不飽和度の動的強度と飽和度の関係を示す。なお、通常の液状化強度の決定方法にならって载荷回数が 20 回時の繰返し応力比をもって強度とした。また、軸ひずみが 5% と、 ε_{cr} の場合の両方について示している。この強度に関する曲線形状は図-1 に示した試料の水分特性曲線に類似した形状をもっていることがわかる。また、本報告で提案したような、限界ひずみ量を用いることで、不飽和斜面の地震時の終局限界状態変形量を推定することができるものと考えられる。

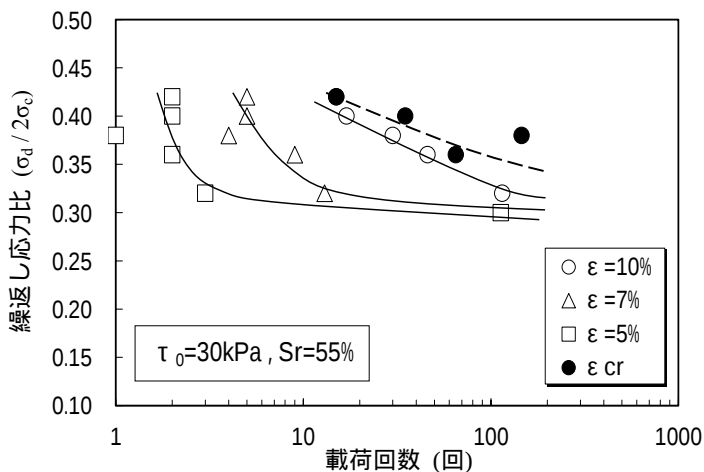


図-4 繰返し応力比と载荷回数の関係

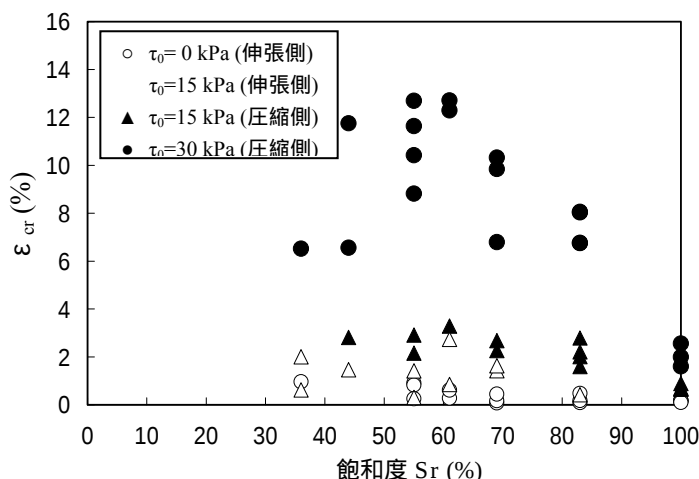


図-5 飽和度による ε_{cr} の変化

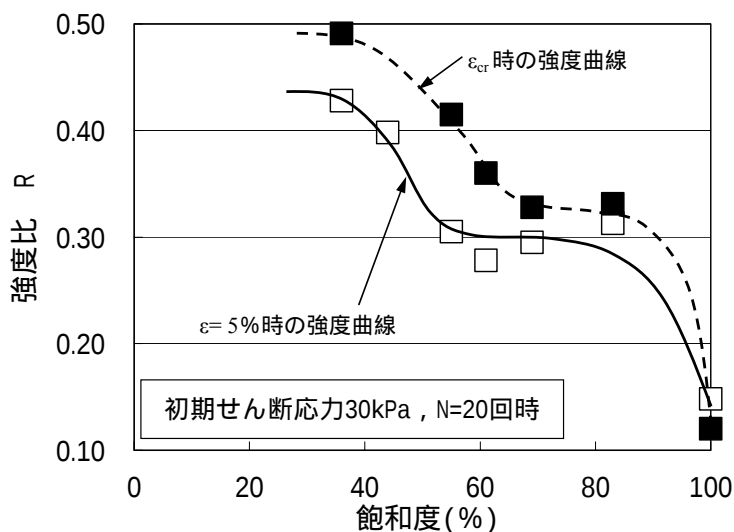


図-6 不飽和土の動的強度