

初期せん断応力下で繰返し载荷を受ける不飽和まさ土の強度・変形特性

関西大学大学院	学 会 所	久 典
関西大学	正	西形 達明
関西大学	正	西田 一彦
(株)ダイヤコンサルタント	正	荒木 繁幸
(協)関西地盤環境研究センター	正	中山 義久

1.はじめに

地震時における盛土斜面の安定性を検討する場合，斜面の条件に応じた初期せん断応力を考慮した動的特性を知る必要がある．従来，初期せん断を受ける地盤の液状化特性の研究は数多く行われているが，初期せん断を受ける不飽和状態の土の動的挙動に関する研究はあまり見られない．そこで，本研究では大阪府交野市で採取したまさ土試料を用い，初期せん断応力下での繰返し载荷を受ける不飽和まさ土の挙動を振動三軸試験によって検討した．とくに，含水比の違いによる変形挙動の変化に注目し考察を行った．

2.用いた試料と実験方法

用いた試料は大阪府交野市で採取した領家型花崗岩類起源のまさ土で，その物理的性質は表-1 に示すとおりである．また，図-1 にこの試料の粒径加積曲線を，図-2 に水分特性曲線を示す．

表-1 試料の物理的特性

土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 $w_0$ (%)	最適含水比 $w_{opt}$ (%)	強熱減量 $L_L$ (%)
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

実験に用いた供試体は，自然乾燥させた試料を 2mm ふるいに

通した後，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を用い，5 層に分けて締め固めて作成した．作成時の含水比条件は， $w=13, 16, 20, 25, 30, 36$ (飽和)%の 6 通りとした．なお，締め固め密度はすべて間隙比  $e=1.0$  となるように調整した．

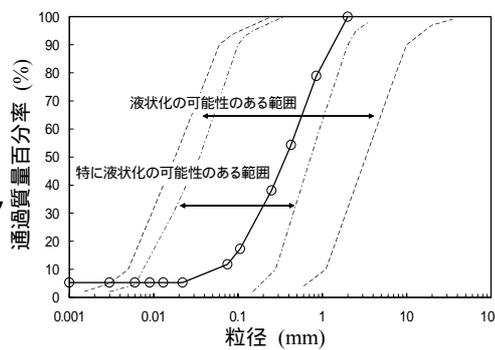


図-1 粒径加積曲線

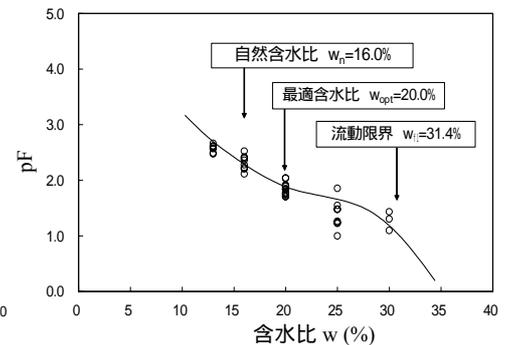
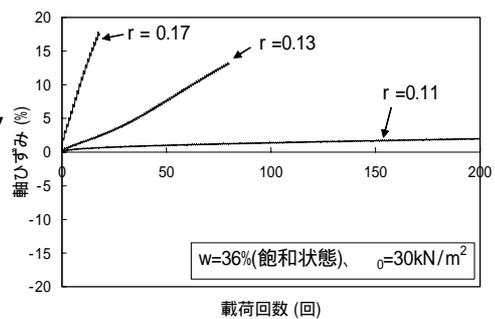


図-2 用いた試料の水分特性曲線

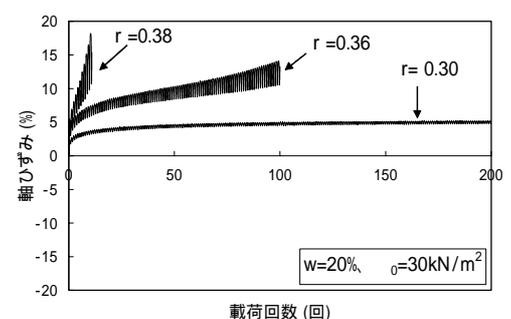
実験方法は，振動三軸試験機を用い，飽和させたセラミックディスク付きペDESTAL(A.E.V.=196kN/m<sup>2</sup>)上に，供試体をセットした後，サクションが一定になるまで放置し，その後，等方圧密し，平均主応力が一定となる条件で，初期せん断応力  $\sigma_0=15$  kN/m<sup>2</sup> および 30kN/m<sup>2</sup> を作用させた．繰返し载荷は，非排気・非排水条件とし，0.1Hz のサイン波，荷重制御で行った．

3.実験結果

図-3 は，初期せん断応力  $\sigma_0=30$  kN/m<sup>2</sup>，含水比  $w=36\%$ ，20%の場合の繰返し载荷試験を行った結果である．図中には繰返し応力比( $r = \sigma_d / 2 \sigma_c$ )も示してある．図を見ると，軸ひずみが圧縮側に発生していることがわかる．



(a)  $w=36\%$ の場合



(b)  $w=20\%$ の場合

図-3 繰返し载荷中の挙動

得られた結果から、軸ひずみがそれぞれ  $\epsilon = 1, 3, 5, 7, 10\%$  に到達したときの繰返し応力比と载荷回数との関係を図-4, 5 に示した。これらの図は、飽和土の液状化強度曲線と同様な意味を持っている。

図-4 の含水比  $w=36\%$  (飽和状態) の場合の結果を見ると、軸ひずみが大きいほど、曲線が上方に位置している。また、 $\epsilon = 1 \sim 5\%$  の曲線の間隔に比べて、 $\epsilon = 5 \sim 10\%$  の曲線の間隔が狭くなっていることがわかる。このことは、軸ひずみが  $5\%$  を超えると、非常に変形を起こしやすい状態になることを示している。

図-5 は、含水比  $w=20\%$  時の場合の結果である。 $w=36\%$  の結果(図-4)と比べると、 $\epsilon = 1 \sim 5\%$  の曲線の間隔が狭まり、 $\epsilon = 5 \sim 10\%$  の曲線の間隔は広がっている。このことから、 $\epsilon = 7\%$  までの変形は生じやすいが、それ以上の変形は生じにくいと判断できる。

図-4, 5 から変形量の違いによる強度を表現することはできても、変形の進行状況まで把握することはできない。そこで、変形状態を表現するために、図-6, 7 に軸ひずみと軸ひずみ速度の関係を示した。これは静的荷重によるクリープ挙動に類似している。

図-6 は、含水比  $w=36\%$  (飽和状態) の場合の軸ひずみと軸ひずみ速度の関係である。この図は、繰返し応力比  $r=0.11$  では、軸ひずみ速度が減少して変形の進行が終息し、 $r=0.12$  以上の繰返し応力比では、軸ひずみ速度は増加して大きく変形が進むことを示している。

図-7 は、含水比  $w=20\%$  の場合の結果である。この図を見ると、繰返し応力比  $r=0.30, r=0.32$  では、軸ひずみ速度が減少しつつあるが、 $r=0.36$  以上の繰返し応力比では、ある軸ひずみ量(約  $10\%$ )に達すると、急に軸ひずみ速度が増加している。含水比  $w=20\%$  の場合、軸ひずみ速度の変化が急増するものとそうでないものとの差が顕著である。

4.まとめ

载荷回数と繰返し応力比の関係の図に、変形量の大きさをパラメータとして加え、強度曲線を表した。その結果、図-4, 5 のように、繰返し応力比  $r$ 、载荷回数  $N$ 、初期せん断応力  $\sigma_0$ 、軸ひずみ  $\epsilon$  の関係を明らかにできた。この4つは、それぞれ地震力、地震波の数、地盤の斜面角、地盤の変形量に関係しており、これらを用いて、地震によって生じる変形量を推定できるものと考えられる。これらは盛土斜面の耐震設計を行う際の性能評価の可能性を示唆するものである。

<参考文献>

櫻田仁詩：不飽和まさ土の繰返し応力下の挙動，土木学会全国大会第58回年次学術講演会，2003。

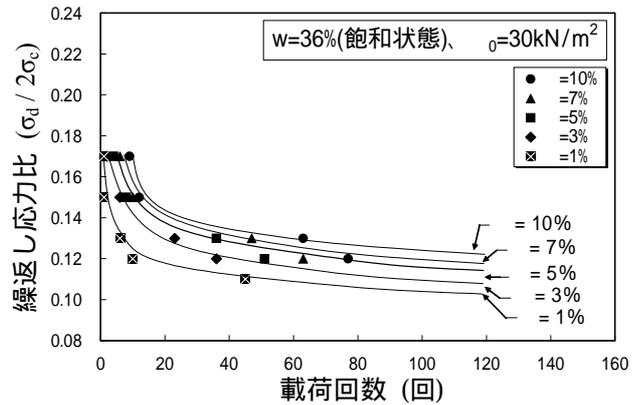


図-4 载荷回数と繰返し応力比の関係( $w=36\%$ )

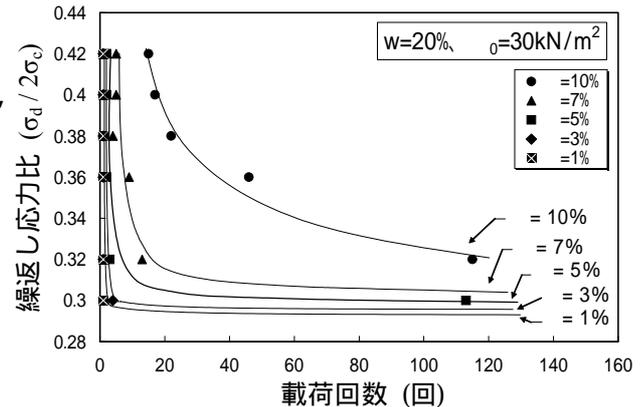


図-5 载荷回数と繰返し応力比の関係( $w=20\%$ )

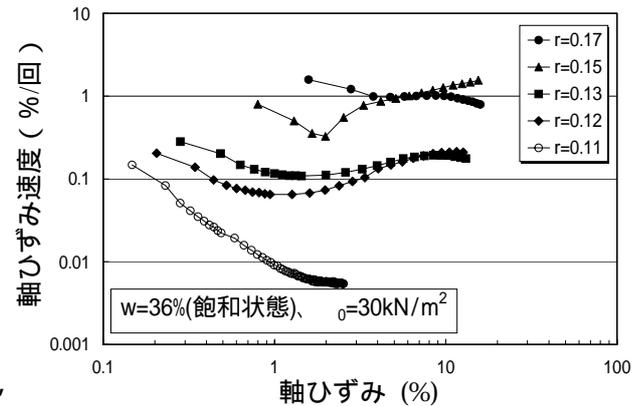


図-6 軸ひずみと軸ひずみ速度の関係( $w=36\%$ )

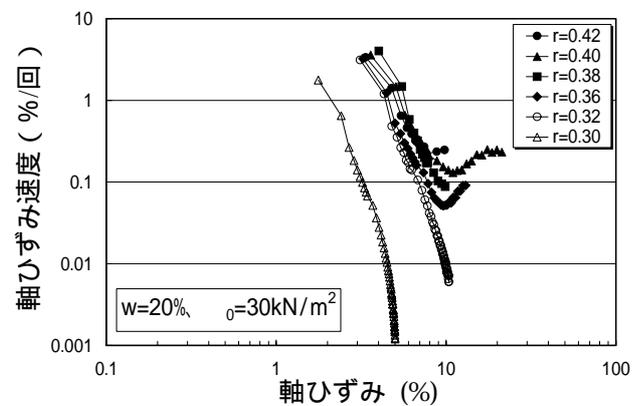


図-7 軸ひずみと軸ひずみ速度の関係( $w=20\%$ )