

関西大学大学院 学生員 ○雪本拓也
 関西大学工学部 正会員 西田一彦
 関西大学工学部 正会員 西形達明
 関西大学大学院 学生員 会所久典

1.はじめに

1995年に発生した阪神淡路大震災では、土構造物、建設構造物の損壊、斜面崩壊が生じ、多大な被害をもたらした。この経験から土構造物に関する耐震設計の見直しが行われるようになったが、斜面安定計算においては安全側を考え飽和状態を仮定して設計を行っているのが現状である。しかし、地震時の斜面の安定問題を考える上で、斜面が不飽和状態であることや、斜面に作用している初期せん断応力の影響を考慮に入れることは非常に重要になる。そこで、本研究では振動三軸試験機を用いて初期せん断応力の影響を受ける不飽和まさ土の動的挙動について検討した。

2.試料の特徴および試験方法

本研究で用いた試料は、大阪府交野市の地山の地表面付近から採取した比較的、風化の進んだまさ土である。表・1 にその物性値を示し、図・1 に粒径加積曲線を示す。これより試料の細粒分含有率は 11.8% であり、粘土分含有率は 5.3% となっており、砂質土に分類される。図・1 中には、「港湾施設の設計上の基準・同解説」にある液状化の可能性がある範囲を破線で示している。これより、今回使用するまさ土は飽和状態で液状化の可能性がある試料であることがわかる。このまさ土試料を 2mm ふるいにかけた後、所定の含水比に調整し、間隙比が 1.0 となるように直径 5cm、高さ 10cm の 2 分割モールドに 5 層にわけて突き固めたものを三軸試験の供試体とした。含水比は自然含水比から飽和状態の間で 13%、16%、20%、25%、30%、36%(飽和状態)の 6 種類とした。

実験方法はセラミックディスク付きペダスタルの上に供試体を設置後、サクション値を測定し、平均有効主応力 σ_e が一定となる条件で初期せん断応力を作用させた。その大きさは、初期せん断応力比 (初期せん断応力/平均有効主応力、 τ_0/σ_e) を 0.15、0.30 とし、実験は非排気・非排水条件で、周波数 0.1Hz の正弦波によって繰返し载荷を実施した。

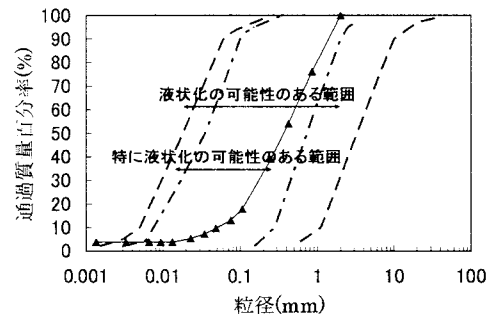
図・2 に試料土の水分保持曲線を示す。図より、サクションが急に低下し始め、飽和状態に近い $w=25\%$ 以上を湿潤領域、サクションが急激に増加している 16% 以下を乾燥領域、およびこの両者の間の含水状態を中間領域とし、サクションの発生傾向によって、3 つの領域に分けて考えることにした。

3.実験結果

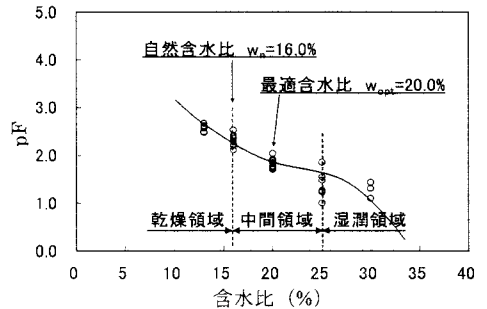
図・3～図・5 は飽和土とそれぞれの領域の繰返し载荷中のひずみの挙動を示している。まず図・3 は飽和土の結果のうち、初期せん断応力が作用しない場合 ($\tau_0/\sigma_e=0$) は通常の液状化試験の結果であり、伸張側で破

表・1 試料の物理的特性

土粒子密度	平均粒径	細粒分含有率
$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	$D_{50}(\text{mm})$	$F_c(\%)$
2.764	0.37	11.8
粘土分含有率	自然含水比	最適含水比
$C_c(\%)$	$W_L(\%)$	$W_{opt}(\%)$
5.3	16	20



図・1 粒径加積曲線



図・2 水分保持曲線

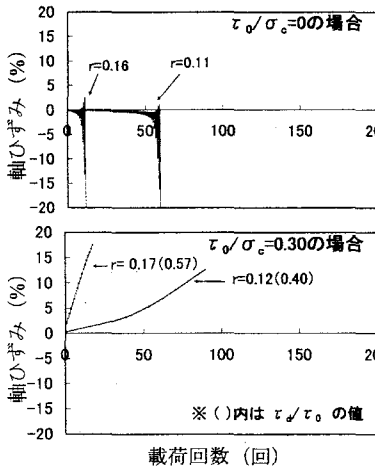


図-3 ひずみの挙動(飽和土)

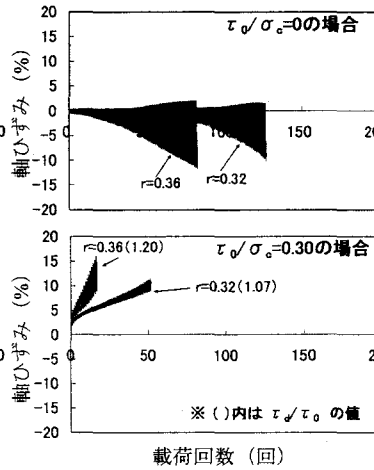


図-4 ひずみの挙動(w=30%)

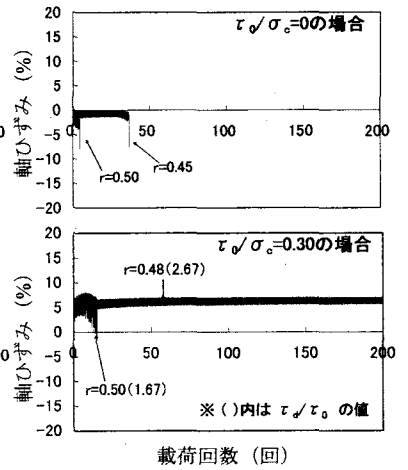


図-5 ひずみの挙動(w=13%)

壊している。一方、初期せん断応力 30kN/m²を載荷した場合($\tau_0/\sigma_c=0.30$)には、ひずみ振幅を発生せず圧縮側に残留軸ひずみが蓄積して破壊に至っている。図-4 は $w=30\%$ の湿潤領域の結果である。 $\tau_0/\sigma_c=0$ の場合は、飽和の場合とは異なり、ひずみ振幅を生じながら、比較的多い載荷回数で破壊に至っている。 $\tau_0/\sigma_c=0.30$ の場合は載荷初期に大きい軸ひずみを圧縮側に発生し、その後ひずみ振幅を発生しながら残留軸ひずみを蓄積し破壊に至っている。図-5 は $w=13\%$ の乾燥領域の結果である。 $\tau_0/\sigma_c=0$ の場合は、ある載荷回数で伸張側に急激な軸ひずみを発生して破壊に至っている。 $\tau_0/\sigma_c=0.30$ の場合は、載荷初期に急激な圧縮側の軸ひずみを発生し、破壊する傾向が見られた。すなわち、脆性的な破壊状況といえることができる。

一般に飽和土の液状化強度はひずみ振幅が 5%に達したときを破壊としている。不飽和土においては明確な破壊の定義がないので、本研究では残留軸ひずみが 5%に達したときを破壊として、繰返し荷重下の強度の考察を行うことにする。図-6 は不飽和土について残留軸ひずみ 5%発生時の強度曲線を示したものである。この図は、飽和土における液状化曲線と同じ表記をしたものである。

この図は、飽和土における液状化曲線と同じ表記をしたものである。これより、初期せん断応力が作用した場合には、載荷回数が少ない段階で破壊した場合(20 回以下)に、強度がかなり小さくなっていることがわかる。これは初期せん断応力を載荷した場合のひずみの挙動が載荷初期に大きい軸ひずみを圧縮側に発生することが原因である。

次に、図-7 は図-6 の結果から、20 回載荷時の繰返し応力比を強度比として、これと含水比の関係を示したものである。図より、初期せん断応力の増加に伴って強度の低下が大きくなっており、また強度と含水比の関係は図-2 に示した水分保持曲線と類似した形になっていることがわかる。

4.まとめ 不飽和土においては、その含水比(飽和度)によって繰返し載荷時の変形挙動が異なり、大きい初期せん断応力が作用すると強度低下も大きいことが明らかとなった。

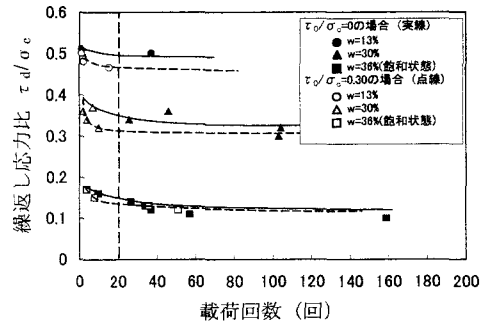


図-6 強度曲線(RS=5%)

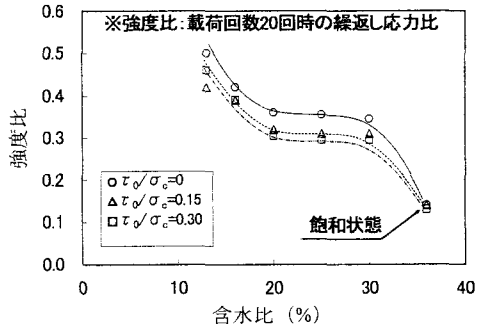


図-7 強度比と含水比の関係(RS=5%)