

不飽和まさ土の繰返し応力下の挙動

関西大学大学院  
(株)ダイヤコンサルタント  
関西大学 工学部  
関西大学 工学部  
(協)関西土質研究センター

学生員 〇 櫻田仁詩  
正会員 荒木繁幸  
正会員 西形達明  
正会員 西田一彦  
正会員 中山義久

1.はじめに

まさ土地帯において、地震時の自然斜面や切り土斜面の安定を検討する場合、不飽和状態のまさ土の動的特性についての知識が必要となるが、これまで、不飽和状態のまさ土の動的特性について調べたものは少ない。本研究では大阪府で採取したまさ土を用いて、繰返し载荷を受ける不飽和まさ土の強度特性について考察を行った。とくに、含水比の変化による破壊形態の違いについて検討を行った。

2.用いた試料と実験方法

用いた試料は大阪府交野市の領家型花崗岩類の風化残積土で、その物理的性質は表-1 に示すとおりである。粒度試験結果による土質分類では細粒分混じり砂に分類される。図-1 には用いた試料と比較のために豊浦砂の水分特性曲線を示している。豊浦砂に比べると、とくに低含水比におけるサクシオンがかなり大きいことがわかる。

実験に用いたまさ土試料は 2mm フルイ通過させたものを用い、直径 5cm、高さ 10cm の供試体を 5 層に分け、締固めて作成した。作成時の含水比条件は自然含水比が 16%、最適含水比が 20%であることを考慮して、含水比(w)=13、16、18、20、25、30、36(飽和土)%の 7 通りとした。なお、すべての供試体において間隙比 e=1.0 となるように締固めた。実験は振動三軸試験装置を用いて実施した。供試体のセット後、サクシオンが

一定値になるまで放置し、 $\sigma_c=98\text{kN/m}^2$  で等方圧密した後、繰返し载荷を行った。繰返し载荷の条件は周波数 0.1Hz のサイン波形とし、荷重制御とした。繰返し载荷中に供試体の軸ひずみ振幅が 5%になった場合を破壊とし、载荷回数が 100 回を超えるようなとき、未破壊とした。繰返し载荷中の供試体は

表-1 試料の物理的特性

|                                  |                 |                 |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|
| 土粒子密度<br>$\rho_s(\text{g/cm}^3)$ | 平均粒径<br>D50(mm) | 細粒分含有率<br>Fc(%) |
| 2.764                            | 0.37            | 11.8            |
| 粘土分含有率<br>Fc(%)                  | 自然含水比<br>wn(%)  | 強熱減量<br>Li(%)   |
| 11.8                             | 16              | 4.0             |

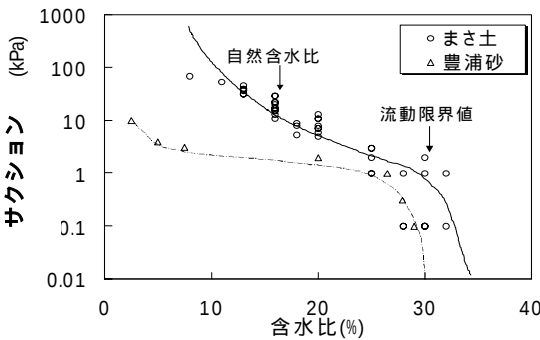


図-1 用いた試料の水分特性曲線

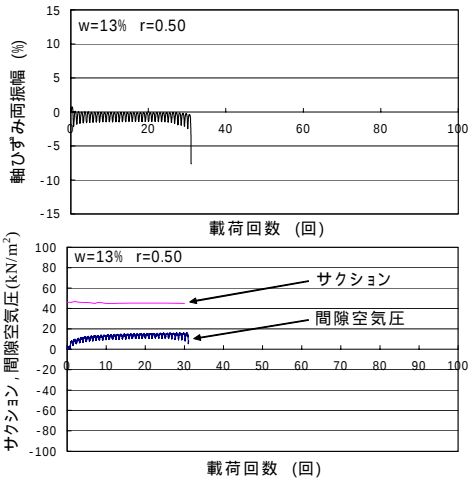


図-2 繰返し载荷中の供試体の挙動  
(破壊した場合 w=13%, r=0.50)

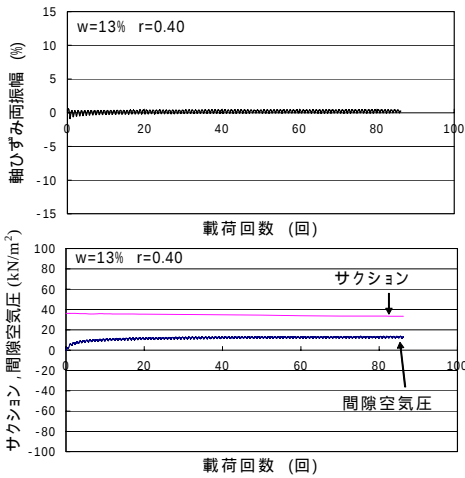


図-3 繰返し载荷中の供試体の挙動  
(破壊した場合 w=13%, r=0.40)

地盤が地震を受けた場合の厳しい条件を想定し、非排気・非排水条件とした。

### 3.実験結果

図-2～図-5 は含水比の異なる供試体の繰返し载荷中の挙動を示したものである。図-2 は含水比の低い供試体について破壊に至った場合の結果であり、図-3 は破壊に至らなかった場合である。この両者を比べ

ると破壊時の軸ひずみを除いて、その他の軸ひずみやサクシヨン、間隙空気圧に大きな違いはみられない。次に、図-4、図-5 は含水比の高い場合の結果である。破壊に至った場合では载荷回数 50 回付近から徐々にサクシヨンの減少、間隙空気圧の増加がみられ、軸ひずみの緩やかな増加に伴い破壊に至っている。しかし、破壊に至らなかった場合ではサクシヨン、間隙空気圧は一定の値に収束し、軸ひずみもほとんど変化がみられない。このように、両者の挙動には大きな違いがみられる。これらのことより、含水比によって破壊挙動が異なり、含水比が最適含水

比(20%)を下回るような低い場合には脆性的破壊が発生し、間隙空気圧やサクシヨンの変化が非常に小さいことがわかる。また、含水比が最適含水比を上回る場合には液状化に似た挙動(擬似液状化破壊)を示すことがわかる。図-6 は含水比を変化させたすべて(7 種類)の供試体について、载荷回数と繰返し応力比の関係を示したものである。また、破壊に至ったものと破壊に至らなかったものを黒塗りと白抜きで区別して示した。図より、各含水比の供試体の結果から、破壊に至る場合と未破壊の場合の境界線が存在することがわかる。また、繰返し応力比、約 0.1 に境界線を設けたのは、飽和まき土の液状化強度比の最小値がほぼ 0.1 であることによるものである。そして、含水比の低い場合にみられるように脆性的な挙動を示して少ない载荷回数で破壊する領域と、主に含水比の大きい場合にみられる液状化的な破壊挙動を示す領域に分けられるようである。

さらに、図-7 は従来から飽和土の液状化強度比の値を载荷回数 20 回<sup>1)</sup>から求めていることから、図-6 の载荷回数 20 回時に相当する繰返し応力比の値を強度比として定義し、これと含水比との関係を示したものである。図より、最適含水比付近で強度比が急に変化することがわかる。また、この図は図-1 の水分保持曲線と類似の曲線形状を有していることがわかる。

1)液状化対策の調査・設計から施工まで：土木工学会，pp.47～48，1995。

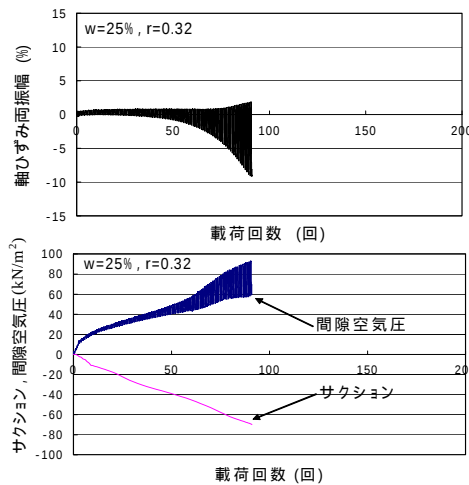


図-4 繰返し载荷中の供試体の挙動  
(破壊した場合  $w=25\%$ ,  $r=0.32$ )

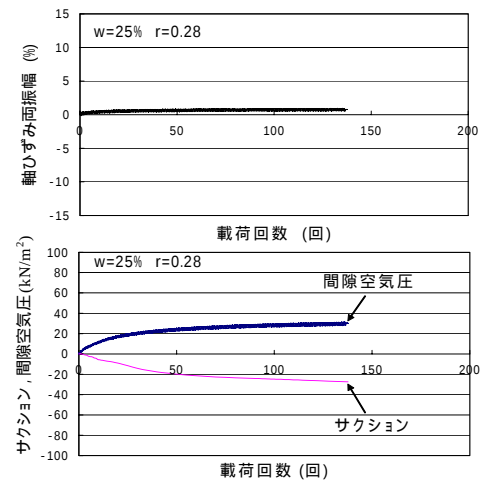


図-5 繰返し载荷中の供試体の挙動  
(破壊した場合  $w=25\%$ ,  $r=0.28$ )

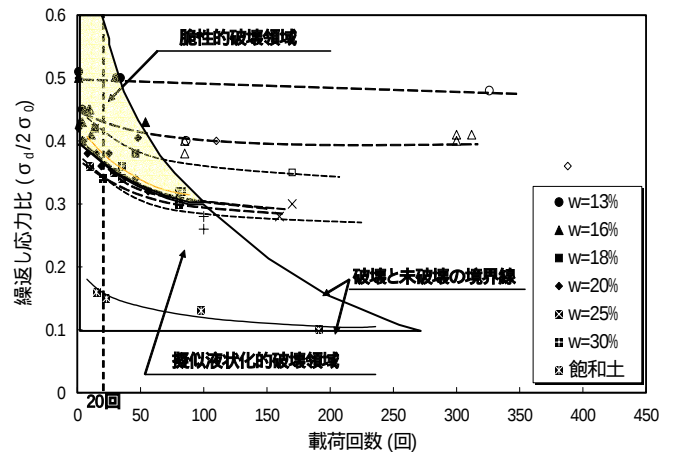


図-6 载荷回数と繰返し応力比の関係

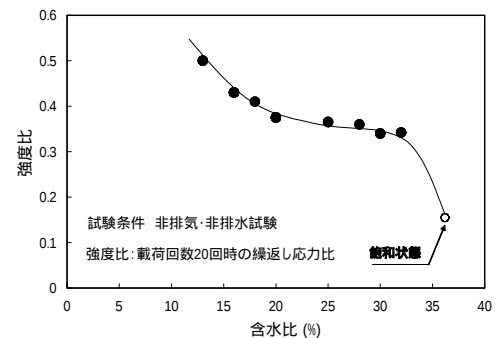


図-7 含水比と強度比の関係