

模型地盤における液状化現象の地盤条件特性

呉高専 正員 小堀 慈久
 九州大学 ○松谷 和典
 呉高専 学生員 立畑 忠之

1. はじめに

平成13年3月24日に呉市とその周辺地域を襲った芸予地震により、呉高専校内をはじめ、各地で地震時の主要な地盤災害の一つである液状化現象が観測された。地震波による振動は、震源を中心に一定の減衰を伴いつつも同心円上に伝わるが、必ずしも液状化現象の発生はこれと相応しない。そのため、液状化現象の主要なファクターは、地震時の振動のみならず土質の性状にも起因すると考えられる。そこで本研究では、液状化実験装置を用い、模型地盤の地盤条件を変化させることにより、模型地盤特性を理解するとともに、地震時に液状化現象を伴う地盤の土質的特徴を解明することを目的とする。

2. 実験方法

実験対象試料として、標準砂、粘土を10%含有する標準砂、粘土を30%含有する標準砂、また芸予地震の際、実際に液状化を起こした校内のテニスコートと合宿研修所前の試料を用いた。実験では、写真1に示す液状化実験装置を用い、各試料ともゆる詰め状態でセットし、ハンマーで実験装置を打撃して振動を与える。同様の実験を、含水比、打撃間隔などの条件を変化させ繰り返し、初期および最終試料高さ、おもり沈下量を測定し、打撃中の模型地盤の状況を観察する。また、液状化現象を起こす場合には、間隙水圧の測定を行う。

3. 実験結果

液状化実験装置を用いた実験結果から、模型地盤の含水比と初期湿潤密度の関係を図1に示し、含水比と、密度増加率の関係を図2に示す。図1から各試料とも含水比が増加するに従い、湿潤密度を増す傾向があることが分かる。また、 $W=15\%$ で液状化を起こす試料は合宿研修所前の土のみであったが、初期湿潤密度が他の試料に比べ $2.0(t/m^3)$ と大きな値となっていることが分かる。さらに $W=17\%$ でテニスコートの土も液状化現象を起こすことから、現位置でのまさ土の場合は初期湿潤密度 $2.0(t/m^3)$ が液状化現象を起こす境界線であると考えられる。また標準砂は $W=24\%$ で液状化を起こす。

次に、図1と図2を対比させてみると、標準砂のように初期湿潤密度が小さい試料は打撃後の密度増加率が高くなっていることが分かる。また標準砂は唯一液状化現象を起こすか否かに関わらず、含水比と密度増加率が相関関係にある試料であった。これは標準砂には粘着力が作用しないことに起因する。逆に他の試料は粘土分を含有するため、度粒子間力いわゆるサクシヨンの作用により初期状態で試料がよく詰まり湿潤密度が高い状態にあることと、透水性が低いため水や度粒子の移動がないため、密度増加率は低い値を示す。図3は含水比と模型地盤の最



写真1 液状化実験装置

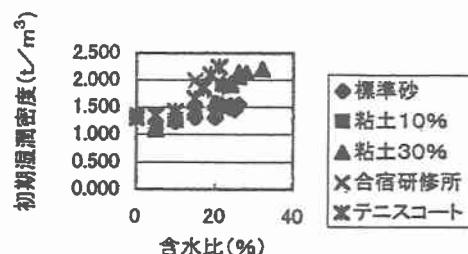


図1 含水比—初期湿潤密度

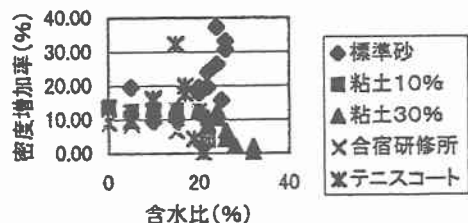


図2 含水比—密度増加率

大ひび割れ幅を示たものである。この図から標準砂については含水比と最大ひび割れ幅は比例関係にあるが、他の試料については最大ひび割

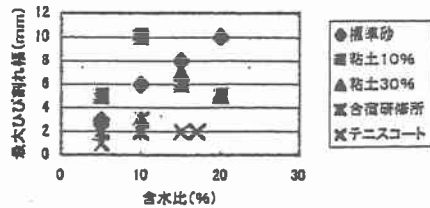


図3 含水比—最大ひび割れ幅

幅に、それぞれ固有のピークを持つ傾向があることが判明した。さらに、図2と照らし合わせることで、各試料について密度増加率つまり軸方向変位が最も大きい含水比で最大ひび割れ幅がピークを示すことが分かる。ただし、図3のデータは非液状化データである。

図4は、含水比と液状化発生打撃数との関係である。これより、液状化を伴う試料は含水比の増加によって、液状化を起こすのに必要な打撃数が極端に少なくなるという傾向が各試料に共通して見られた。

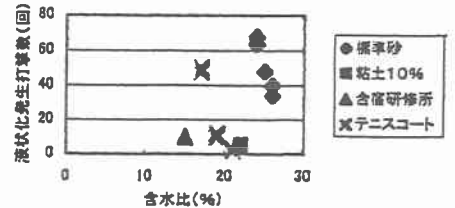


図4 含水比—液状化発生打撃数

図5は、含水比とおもり（試料表面の荷重）の沈下量との関係を示したもので、液状化を起こす試料は、おもりをほぼ完全に沈下させる。粘土含有率30%の試料については顕著な液状化現象は見られないものの、含水比の増加に伴い地盤が流動化しおもりを沈下させるという現象が起きた。

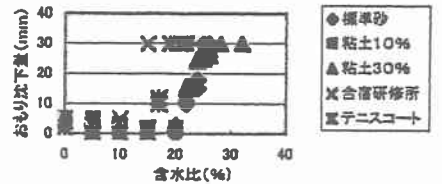


図5 含水比おもり沈下量

図6、7はそれぞれ標準砂と粘土含有率30%の標準砂についての含水比26%での時間と間隙水圧の関係である。標準砂は液状化を起こし、打撃による振動が鮮明に間隙水圧としてあらわれている。また液状化を起こして以降、静水圧が作用していることが分かる。一方、粘土含有率30%の標準砂は液状化を起こしていないため、打撃によって生じる水圧のみが作用し静水圧は生じていない。

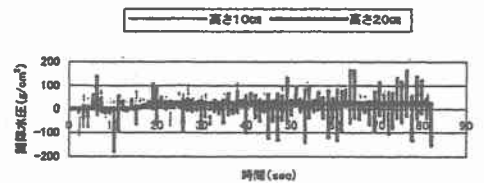


図6 含水比26%における標準砂の間隙水圧

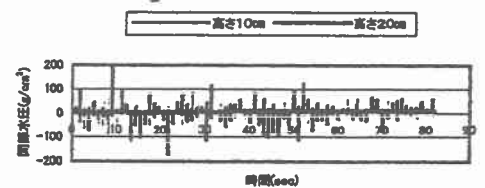


図7 含水比26%における粘土含有率30%の標準砂の間隙水圧

4. 結論

各試料とも含水比が増加すると初期湿潤密度、密度増加率ともに増加する傾向を持つが、液状化を起こす試料については標準砂をのぞき密度増加率つまり軸方向ひずみが小さくなった。模型地盤の最大ひび割れ幅のピークは密度増加率の最も大きい含水比と一致することが明らかとなった。液状化現象を伴う場合、各試料とも含水比の増加によって、液状化発生打撃数が急激に減少し、また液状化を起こすとおもりを完全に沈下させる傾向が見られた。標準砂と粘土含有率30%の標準砂の間隙水圧を比較すると、液状化現象を起こした場合には静水圧が作用することが明らかとなった。さらに実験結果から、地震時に液状化を起こす地盤は粘土の含有率が少ない砂質土地盤であること、また校内の試料のように粒度がよく振動によって間隙水が細かな粒子によって追い出されるような地盤で起こることが明らかとなった。

参考文献 1) 小堀慈久：まさ土地盤における原位置力学試験と降雨による斜面災害の時系列特性に関する研究愛媛大学博士論文、1997、3