

飽和まさ土における液状化特性の研究

呉工業高等専門学校 正員 小堀 慈久
中国電力株式会社 学員○信原 康隆

1. はじめに

液状化現象とは、飽和状態において、砂質土中の間隙水圧が地震動によって静水圧以上に上昇し、有効応力が零となり路面の陥没、地盤沈下、構造物の傾斜・倒壊などをまねく現象である。本研究においては液状化に関する経験則に基づき、三軸圧縮試験機を用いて軸方向に繰り返し荷重を載荷することにより、恣意的に液状化状態を発生させ、発生の際、供試体の挙動などについて間隙比に着目して実験を行う。また使用する試料に関しては西日本瀬戸内海沿岸において風化花崗岩として自然に点在し、埋め立てにも広く使われ、呉市の地盤災害にも影響を与えている「まさ土」を対象として研究を行う。試料の状態に関しても攪乱試料だけでなく、あまり研究の行われていない不攪乱試料においても実験を行い液状化特性について比較検討を行う。

2. 試験概要

2.1 実験概要

本実験は、飽和土に作用する地震力、波浪、交通荷重などの繰り返し荷重に対する非排水条件下での強度特性を求めるために行う。地盤工学会規定の実験方法に従い、等方圧密した供試体の軸方向のみ一様の振幅の繰り返し荷重を非排水条件下で載荷し、土の液状化強度を求める。

実験装置は、供試体のセットの後、拘束圧 $\sigma_3 = 50 \text{ kN/m}^2$ をかけて飽和過程と圧密過程を経た後に、動的発信機より発せられた正弦波電気信号を、空電変換機により空気の流量変化の波形に変換、その流量変化によって空気圧シリンダ中のピストンが上下し、セル室内の供試体に対して繰り返し荷重 50N が周期 10sec、初期変位量 $\pm 1.0\%$ で載荷される。

2.2 使用供試体

呉市の休山近郊の地盤から採取したまさ土を攪乱、不攪乱双方とも使用した。物性値を表-1、粒径加積曲線を図-1に示す。供試体寸法 5.0cm、高さ 10.0cm を基本として間隙比 0.8、0.9、1.0 の三種類をベースに作製し、のちに正しい間隙比に補正した。

3. 解析項目

本実験ではそれぞれの間隙比に対して応力振幅を増減させて、その振幅に対応する液状化発生までの繰り返し回数を求め、液状化特性曲線を得た。また、液状化過程における軸変位と間隙水圧の変化を分析した。

表-1 使用まさ土の物性値

$\rho_s (\text{g/cm}^3)$	最大粒径 (mm)	U_c	U_c'
2.62	19.0	13.88	0.64

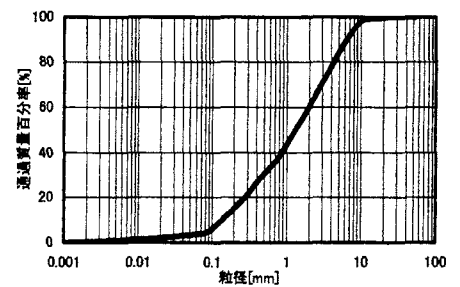
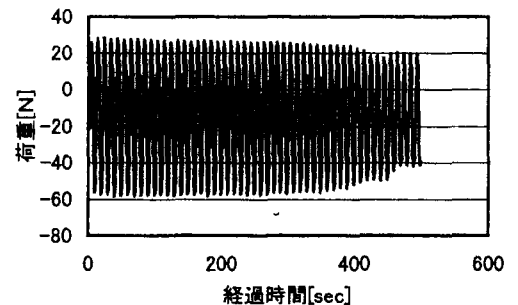
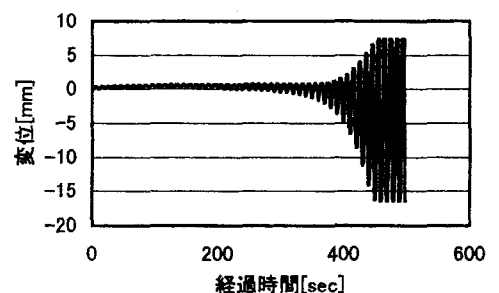
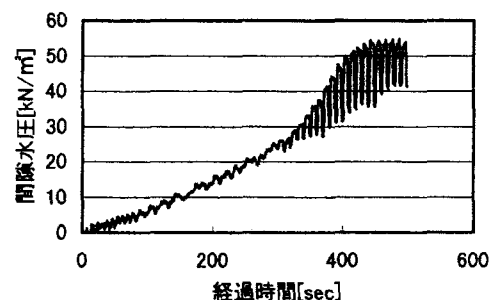


図-1 粒径加積曲線

図-2 荷重振幅 ($e=0.9, \sigma_3=50 \text{ kN/m}^2$)図-3 軸変位 ($e=0.9$)図-4 間隙水圧経時変化 ($e=0.9$)

4. 試験結果及び考察

4.1 まさ土の液状化特性

図-2、3、4、に代表的な実験データを示す。これによれば、液状化の発生点で急激な変位の増加し、間隙水圧がピークに達していることがわかる。また、図-5に示した液状化特性曲線において間隙比 0.9 と 1.0 の二者を比較すると、間隙比が低くなることにより、一定の繰り返し回数における応力振幅が大きくなっている。これにより、密詰めになるほど粒子摩擦が高まり液状化に対する抵抗性が大きくなるということがわかる。

次に既知の標準砂のデータと比較を行うと、応力振幅においてまさ土の方が標準砂に比べ遥かに大きいことがわかった。これは、粒径が一定に近い標準砂と比べて、まさ土は広範囲な粒径で構成されているため、摩擦や粘着力によって土粒子間の咬み合わせが強くなり、負のダイレイタンスの影響を受けにくいからである。

また、間隙水圧の変化が標準砂は突然上昇するのに対して、まさ土は初期段階から徐々に上昇する傾向にあるのは、まさ土の細粒分における粘土質が透水性に影響を与え液状化に対する抵抗となったと考えられる。

4.2 不攪乱まさ土の液状化特性

不攪乱における実験結果の軸変位を図-6、間隙水圧変化を図-7に示す。4本の供試体のうち、破壊したのは図示した $e=0.81$ の1本のみで、他の3本も液状化の兆候は見られたものの破壊には至らなかった。図を見てもわかるように液状化の傾向は攪乱と似通っているが、間隙水圧の増加具合が緩かで、液状化が徐に進行している様子がうかがえる。これらの原因は試料の採取地点のまさ土に予想以上のシルト成分が多く含まれていたことに加え、小さな植生の根が供試体内に多く含まれており液状化に対して抵抗となったためである。

5. まとめ

本実験により以下の知見が得られた。

- ① 繰り返し三軸試験によって、まさ土の液状化特性曲線が得られた。
- ② 間隙比により液状化の難易は影響を受ける。
- ③ 液状化特性曲線から、同じ間隙比でも液状化の生じる時間に差がでることがわかる。
- ④ まさ土の有効応力の減衰は、標準砂のようにある応力で突発的に作用するのではなく、初期段階から徐々に進行する。
- ⑤ まさ土に含まれる粘土などの細粒分が液状化への抵抗となっている。
- ⑥ 不攪乱のまさ土は、攪乱の場合とほぼ同様な液状化過程である。
- ⑦ 不攪乱のまさ土は、微細な植生が残留しており液状化に対する抵抗性が攪乱の場合より大きい。

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、愛媛大学博士学位論文、1997年
- 2) 地盤工学会：土質試験、基本と手引き（第一回改訂版）p27～37、p150、2001年、地盤工学会
- 3) 赤木知之他4名：土質工学 p143、144、2001年、コロナ社
- 4) 長岡技術科学大学：修士論文要旨集（平成12年度）

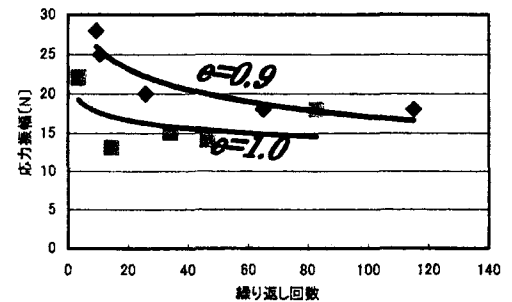


図-5 液状化特性曲線（攪乱）

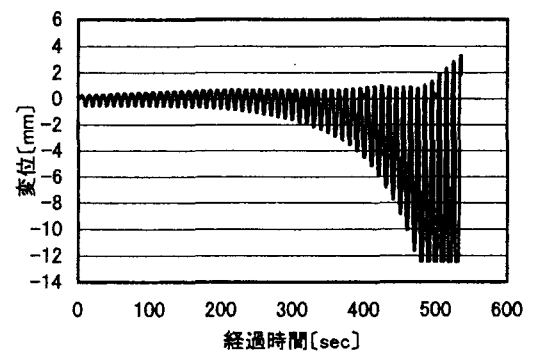


図-6 不攪乱まさ土 ($e=0.81$) の軸変位

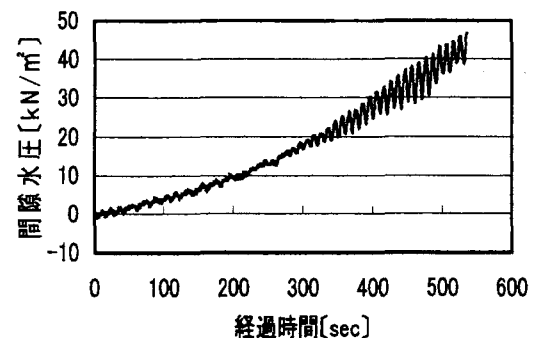


図-7 不攪乱まさ土 ($e=0.81$) の間隙水圧変化