

液状化特性に及ぼす砂の粒度分布の影響

東北大学工学部 学生員 ○井田 正人
 正会員 柳澤 栄司
 学生員 永見 健二

1. はじめに

砂地盤における粒度分布の違いが、液状化特性に対してどのような影響を及ぼすのかを動的三軸試験装置を用いて非排水繰返し試験を行ない若干の結果を得たので、その成果について報告する。粒度分布としては、均等係数の大小別によって特に液状化の可能性があるかと判断されている土の粒径分布の範囲内で考え、図1のように5種類の粒径加積曲線を考えた。また原位置凍結法により採取された砂の不攪乱試料を用いた結果との比較も行なった。

2. 試験概要

2-1. 試料

図1に示した5種類の粒度分布は、白石市羽山産の砂をふるい分けして所定の粒度分布に調整したものである。また、原位置凍結試料は塩釜港の雷神埠頭2号東端から100m、岸壁先端より15mの地点におけるGL-12.0m付近の砂地盤から採取されたもので、N値が20程度のものである。

2-2. 供試体の作製方法

所定の粒度分布に調整された砂を、含水比約10%に湿らせてモールド内に約10層に分けて入れる。各層ごとに直径15mmのロッドを用いて所定の相対密度が得られるように突き固める。モールドの上端付近では、ポーラストーンを載せて上から木槌でたたいて平らに調整した。また、原位置凍結試料はグラインダーを用いて大体の寸法に切り、ストレートエッジによって円柱形に仕上げた。寸法はすべて直径50mm、高さ125mmである。

2-3. 試験方法

供試体の下部から炭酸ガスを約20分間通し、続いて供試体体積の約2倍の脱気水を通水してバックプレッシャー 2.0 kg/cm^2 を、1時間以上加えることによりB値0.95以上を確保した。不攪乱試料の供試体はセル内の水から熱を奪わせて等方拘束状態で解凍してから上記の手順で試験を行なった。試験は非排水条件のもとで振動数0.5 Hzの正弦波で繰返し応力を加えることにより、軸ひずみと間隙水圧を測定した。また、せん断応力比を変化させて比較をしたので、軸荷重振幅も測定できるようにした。

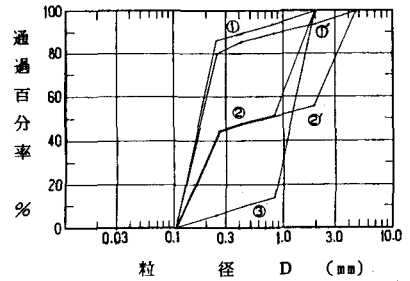


図-1 粒径加積曲線

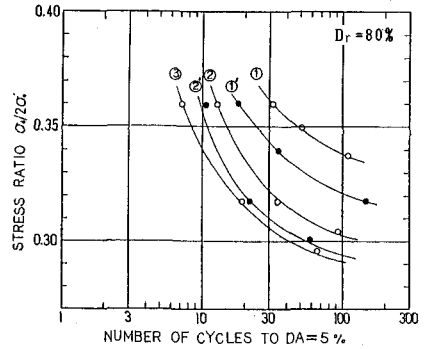


図-2

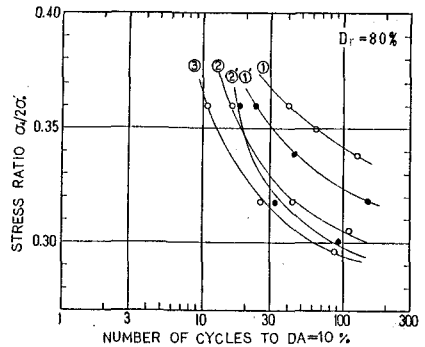


図-3

3. 試験結果および考察

試験結果は各粒度分布におけるそれぞれの相対密度に関して縦軸にせん断応力比 $\sigma/2\sigma_c$ 、横軸に繰返し回数 N_c をとったグラフに書き表わし、これに基づいて図2～図5を描いた。図2は、各粒度分布ごとの5%ひずみに対応するせん断応力比と載荷回数との関係を示す曲線で、図3は10%ひずみについて同様の関係を示すものである。この2つの図を比較すると、5%ひずみから10%ひずみへの増加のし方が、②の粒度分布においては徐々に変化していることがわかる。このことをもっと明らかに示すために、繰返し回数20回に対する各ひずみが生じるせん断応力比をとったグラフを図4に示す。②は5%ひずみ付近から急激に増大しているが、これは5%以上のひずみを生じさせるのにより大きなせん断応力比が必要であることを示している。つまり、礫が混入すると液状化が進む段階で、礫粒子間どうしの骨格が形成されて反力が生じるために、ひずみの発生の仕方が砂の場合に比べて少なくなるためと考えられる。また、相対密度を80%と一定にして粒度分布の差による液状化抵抗の比較を行なうと、最大粒径が2.00mmの粒度分布どうしでは粒径の大きい粒子を多く含むほど液状化抵抗が低下し、最大粒径が4.76mmの場合も同様のことがいえる。そして類似した粒度分布においては、最大粒径が大きくなるほど液状化抵抗が低下する。つまり、細粒分を含まない粒径0.1mm～4.76mmの範囲では、粒径が小さい砂ほど大きな液状化抵抗を示すといえる。図

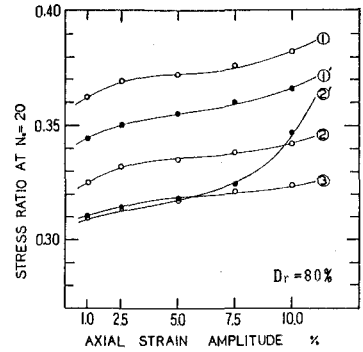


図-4

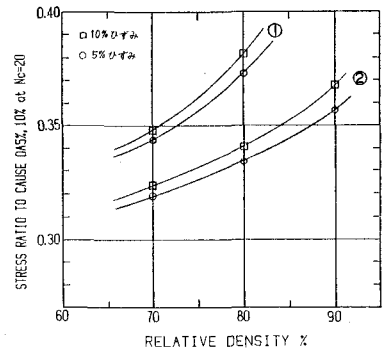


図-5

5は、①と②の粒度分布において相対密度の差による5%ひずみと10%ひずみを生じるせん断応力比の変化を示したものである。相対密度が大きくなるほど液状化抵抗が増加し、液状化抵抗の大きい①の方が、より顕著にその傾向が現われている。そして、液状化の進行も相対密度が大きくなるほど、間隙水圧の上昇が低減し、ひずみの増分も小さくなる。

不攪乱試料から4個の供試体を切り出し、せん断応力比を変化させて液状化特性を調べた。この4個の供試体の物理特性の平均値は次のようである。

乾燥密度 $\gamma_d = 1.28 \text{ t/m}^3$ 相対密度 $D_r = 71.7 \%$ 比重 $G_s = 2.66$
 最大粒径 $D_{max} = 2.00 \text{ mm}$ 平均粒径 $D_{50} = 0.16 \text{ mm}$ 均等係数 $U_c = 1.9$

この供試体は細粒分含有率も少なく、物理特性値が①の粒度分布の相対密度70%のものと非常に類似している。これらを比較すると、不攪乱供試体は間隙水圧の上昇やひずみの増大のし方が徐々に変化していくが、①の供試体は液状化が始まると、間隙水圧の上昇やひずみの増大のし方が著しかった。したがって、乱した試料による室内試験での結果は、実際の地盤における乱さない試料の液状化と比較して、変形特性に差異があることが知られた。

参考文献

第20回土質工学会研究発表会， 第19回土質工学会研究発表会