

III-A 107 粒度分布の相違がまさ土の液状化特性に与える影響について

大成建設 技術研究所 正会員 森井慶行 後藤 聡
同上 正会員 谷澤房郎 末岡 徹

1.概要

兵庫県南部地震においては、礫から細粒分まで含む粒度配合の良いまさ土が液状化した。震災後、まさ土の液状化特性については多くの研究機関によって研究が進められており、著者らも礫分を含むまさ土の液状化特性を把握するために、大型三軸試験装置を用いて実験を行った¹⁾。また、ポートアイランドにおける埋め立て地盤の堆積特性を切土面において原位置調査した結果、深度方向の粒度分布が不均一であることが分かった²⁾。そこで本報告では、まさ土の粒度分布の相違が液状化特性に与える影響を調べるために、3種類の粒度分布のまさ土の繰返し大型三軸試験を実施した。

2.試験方法

実験に用いた試料は、六甲山系のまさ土によって埋め立てられた埋立地より採取したものである。図-1に粒径加積曲線を、表-1に用いた試料の主な物性値を示す。採取したまさ土を次のよう調整して用いた。粒度Aは50mmふるいを通して、粒度Bは2mmふるいを通して、粒度Cは50mmふるいを通して2mmふるいに残留する試料である。なお、membrane penetrationが液状化強度に与える影響を少なくするために、供試体作成時に供試体の表面に大きな凸凹が生じないように静置法³⁾で供試体を作成した。また、membrane penetrationの影響を補正する方法⁴⁾が提案されているが、今回のような均等係数の大きい供試体については補正方法が確立されていないと思われるので、本報告では、補正は行っていない。

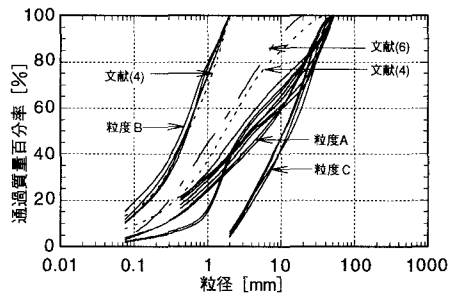


図-1 用いたまさ土の粒径加積曲線

表-1 用いた試料の主な物性値

| 項目 | | 試料 | 粒度A | 粒度B | 粒度C |
|---------------------|---------|------------------|------------------------|------|-------|
| 粒度 | 粒径 (mm) | D _{max} | 53 | 2 | 53 |
| | | D ₆₀ | 7.51 | 0.67 | 16.50 |
| | | D ₅₀ | 3.98 | 0.52 | 12.34 |
| | | D ₁₀ | 0.294 | - | 2.65 |
| | 礫分(%) | | 60.6 | 0 | 94.8 |
| | 砂分(%) | | 23.7 | 55.9 | - |
| 均等係数 U _c | | 25.5 | - | 6.2 | |
| 土粒子の密度 | | | 2.685g/cm ³ | | |

表-2 各供試体の乾燥密度

| 供試体 No. | 乾燥密度 ρ _d (g/cm ³) | | | 繰返し 応力振幅比 | 繰返し回数 DA=5% |
|---------|--|-------|-------|-----------|-------------|
| | 初期状態 | 通水後 | 圧密後 | | |
| A-1 | 1.766 | - | 1.948 | 0.129 | 52.7 |
| A-2 | 1.763 | - | 1.948 | 0.146 | 42.4 |
| A-3 | 1.859 | - | 1.985 | 0.159 | 19.6 |
| A-4 | 1.794 | - | 1.968 | 0.208 | 3.9 |
| A-5 | 1.813 | 1.933 | 1.940 | 0.151 | 26.4 |
| A-6 | 1.760 | 1.935 | 1.948 | 0.178 | 3.8 |
| A-7 | 1.798 | - | 1.996 | 0.255 | 1.1 |
| B-1 | 1.546 | 1.713 | 1.722 | 0.183 | 4.3 |
| B-2 | 1.530 | 1.728 | 1.744 | 0.152 | 11.6 |
| B-3 | 1.534 | 1.766 | 1.776 | 0.230 | 1.3 |
| C-1 | 1.739 | 1.818 | 1.837 | 0.154 | 25.5 |
| C-2 | 1.746 | - | 1.827 | 0.183 | 5.9 |
| C-3 | 1.723 | - | 1.774 | 0.205 | 3.1 |

大型三軸試験機の供試体寸法は、直径30cm、高さ63cmである。供試体の作成方法は、粒度Aについては原位置での土の密度²⁾と同程度になるように、供試体を5層に分けて静置法で行った。図-1に示すまさ土の最大最小試験を行って相対密度を定義することは不可能なので、粒度Bについては礫分を除いた乾燥密度が粒度Aと同程度になるように静置法で作成した。また、粒度Cについては、粒度Aと同程度の静置法により供試体を作成した。

表乾状態のまさ土に通水すると、コラップスが生じ大きく体積収縮する。そこで、表-2において通水後の乾燥密度の値を記入している供試体において、通水後に再び負圧に置き換えた後、セルを解体し供試体の寸法を実測し、コラップスによる体積変化量を求めた。なお、今回の試験は全て有効拘束圧98kN/m²で行った。

3.試験結果

表-2に各供試体の乾燥密度と試験結果を示す。この表より、通水時に供試体が収縮したことがわかる。今

回の試験において実測された体積収縮率は粒度A, Bは6%~10%であったが, 粒度Cは4%程度であった。また, 表-2において通水後の体積変化を測定していない乾燥密度は, 実測したその他の供試体のデータより補正を行った。ただし, 圧密量はすべての供試体で実測した。

図-2に軸ひずみ両振幅DA=5%時の繰返しせん断応力比と繰返し回数との関係を示す。この図より, 3種類の粒度分布の相違による液状化強度の影響はほとんど無いことが分かる。また, 図-3に兵庫県周辺のまさ土を用いたその他の研究機関での非排水繰返し三軸試験結果⁴⁾⁵⁾をプロットしている。小型供試体のポートアイランドの不攪乱試料⁶⁾と大型供試体の津名まさ土の液状化強度⁴⁾は, 本実験と同じような液状化強度を示している。しかし, 凍結サンプリングによる大型供試体を用いた試験結果⁵⁾は, 本実験よりも高い液状化強度を示していることが分かる。

図-4に過剰間隙水圧比とDA=5%時の繰返し回数Ncで正規化した繰返し回数比(N/Nc(DA=5%))の関係を示し, さらに図-5では軸ひずみ両振幅5%で正規化された軸ひずみ両振幅幅比(DA/DA(=5%))と繰返し回数比(N/Nc(DA=5%))の関係を示す。両者とも粒度A, B, Cの相違による繰返しせん断特性の違いはほとんどないことが分かる。また, 図-4および5には2種類の繰返し応力比についても検討しているが, 繰返し応力比の相違による違いもほとんどないことが分かる。つまり, 過剰間隙水圧の上昇傾向と, ひずみの増加傾向は粒度, 繰返し応力比によらずほぼ同じ傾向を示す事が分かる。

4.まとめ

今回の液状化試験に用いた供試体は全て再構成の供試体であり, 現地盤の液状化特性を評価するには十分検討を行う必要があるが, 本報告では粒度分布の異なるまさ土について液状化特性を実験的に検討した。その結果, 3種類の粒度分布の相違がまさ土の液状化強度に与える影響はほとんど認められなかった。また, 正規化された過剰間隙水圧の上昇傾向, ひずみの増大傾向の両者とも, 粒度分布, 繰返し応力の違いによらず同様の傾向を示すことが試験から得られた。

【謝辞】本研究の実験実施に協力して頂いた大成サービスの中坪浩太郎氏, 横山正利氏に謝意を表します。

【参考文献】(1)後藤, 森井, 谷澤, 末岡(1996): 大型三軸試験機を用いたまさ土の液状化特性, 第31回地盤工学研究発表会(投稿中)(2)後藤, 谷澤, 森井, 末岡(1996):

ポर्टアイランドにおける埋立地盤の土質および堆積特性について, 第31回地盤工学研究発表会(投稿中)(3) Tokimatsu, K. (1990): System Compliance From Pore Pressure Response in Undrained Cyclic Triaxial Tests, Soils and Foundations, Vol.30, No.2, pp.14-22. (4) 平澤, 脇田, 大前, 松原, 吉見(1996): 大型振動三軸試験装置を用いたレキ質まさ土の液状化試験, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, 土木学会, pp.183~186. (5) 善, 山崎(1996): 埋立地に用いたまさ土の液状化特性, 土と基礎, Vol.44, No.2, pp.60~63. (6) 永瀬, 穴道, 比野, 木村(1995): 過圧密履歴を受けた不攪乱砂の液状化強度, 第30回土質工学研究発表会, pp.845~846.

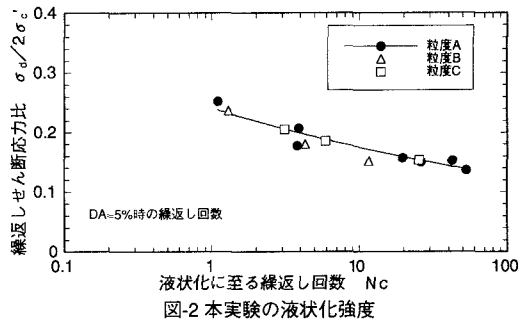


図-2 本実験の液状化強度

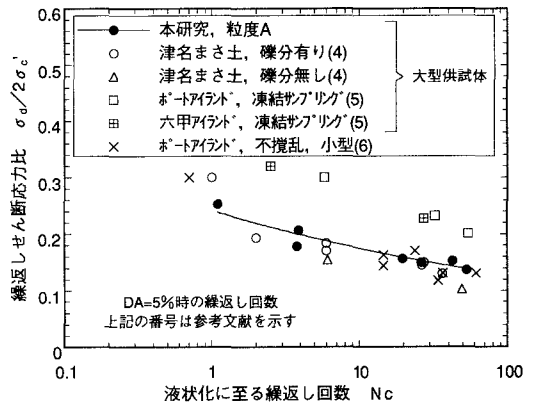


図-3 他文献との液状化強度の比較

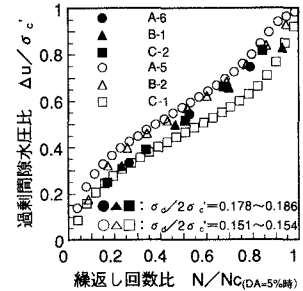


図-4 過剰間隙水圧上昇経路図

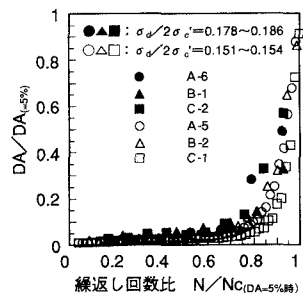


図-5 せん断ひずみ振幅経路図