

## 非塑性細粒分を含む砂の液状化に関する研究

大阪大学大学院 正会員 鍋島 康之  
 大阪大学大学院 フェロー 松井 保  
 大阪大学大学院 学生会員 新川 泰弘  
 大阪大学大学院 学生会員 長澤 朋視  
 大阪大学大学院 学生会員 M.A. El Mesmary

### 1. はじめに

近年、従来比較的液状化しにくいといわれてきた細粒分を含む砂が液状化した事例が報告されている。また、著者らは土の繰返しせん断特性に細粒分の塑性が影響することを明らかにしている<sup>1)</sup>。そこで本研究では、室内で人工的に作成した非塑性細粒分を含む砂を用いて繰返し中空ねじり試験を行い、液状化特性に及ぼす非塑性細粒分の影響について検討した。

### 2. 試験試料および実験方法

本研究では、豊浦標準砂にケイ砂と珪石粉を混合した試料を用いて繰返し中空ねじり試験を行った。表-1および2は3種類の試験試料における母材の配合割合および物理特性である。試料K0, K10, K15の順に細粒分含有率および粘土分含有率が大きくなっており、塑性指数はいずれも非塑性(NP)であった。また、本研究で用いた中空円筒供試体は内径4.3cm、外径7.5cm、高さ15cmで、相対密度が $Dr=40\%$ もしくは $60\%$ になるように目標密度を設定し、ウェットタンピング法で作製した。表-3は繰返し中空ねじり試験の試験条件である。有効拘束圧 $\sigma'_c=98.1\text{kPa}$ (背圧 $196.2\text{kPa}$ )で等方圧密した後、繰返し周波数 $0.1\text{Hz}$ の正弦波で応力制御による非排水繰返し載荷を行った。繰返し載荷の終了は両振幅せん断ひずみが $15\%$ に達するまでとした。

表-1 母材の配合割合

|           | K0 | K10 | K15 |
|-----------|----|-----|-----|
| 豊浦標準砂 (%) | 50 | 50  | 50  |
| ケイ砂 (%)   | 50 | 40  | 35  |
| 珪石粉 (%)   | 0  | 10  | 15  |

表-2 試験試料の物理特性

|                                  | K0    | K10   | K15   |
|----------------------------------|-------|-------|-------|
| 土粒子密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) | 2.634 | 2.637 | 2.636 |
| 塑性指数                             | NP    | NP    | NP    |
| $e_{\text{max}}$                 | 1.067 | 1.013 | 1.006 |
| $e_{\text{min}}$                 | 0.634 | 0.578 | 0.544 |
| 細粒分含有率 (%)                       | 30.6  | 32.2  | 33.5  |
| 粘土分含有率 (%)                       | 3.9   | 7.2   | 8.1   |

表-3 試験条件

| 試料  | $Dr$ (%) | $\sigma'_c$ (kPa) | $f$ (Hz) | 繰返し応力比 ( $d/\sigma'_c$ )   |
|-----|----------|-------------------|----------|----------------------------|
| K0  | 40       | 98.1              | 0.1      | 0.162, 0.129, 0.113, 0.102 |
| K10 |          |                   |          | 0.138, 0.116, 0.108, 0.090 |
| K15 |          |                   |          | 0.138, 0.130, 0.115, 0.091 |
| K0  | 60       |                   |          | 0.185, 0.142, 0.132        |
| K15 |          |                   |          | 0.156, 0.142, 0.120        |

### 3. 試験結果および考察

図-1は、各試料のほぼ同じ繰返し応力レベルにおける過剰間隙水圧-繰返し回数関係である。各試料とも有効拘束圧と等しい過剰間隙水圧が発生しており、細粒分含有率の多いものほど、少ない回数で有効拘束圧と等しい値まで上昇する傾向を示している。

また図-2および3は、それぞれ $Dr=40\%$ の各試料におけるせん断ひずみ-繰返し回数関係および有効応力経路図である。図-2をみると、各試料とも急激にせん断ひずみが生じており、細粒分含有率の大きい試料ほど少ない繰返し回数で両振幅せん断ひずみが $15\%$ に達している。また図-3の有効応力経路図では、同じく細粒分含有率の大きい試料ほど平均有効主応力の減少が著しく、より少ない繰返し回数で平均有効主応力が減少していく挙動がみられた。

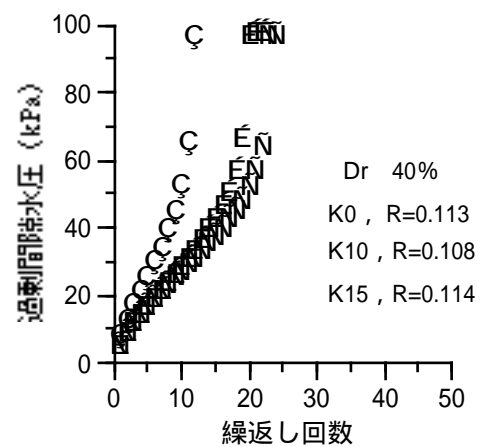


図-1 過剰間隙水圧-繰返し回数関係

キーワード : 液状化, 繰返し中空ねじり試験, 細粒分含有率, 非塑性細粒分

連絡先 : 〒565-0871 吹田市山田丘2-1 TEL 06-6879-7625

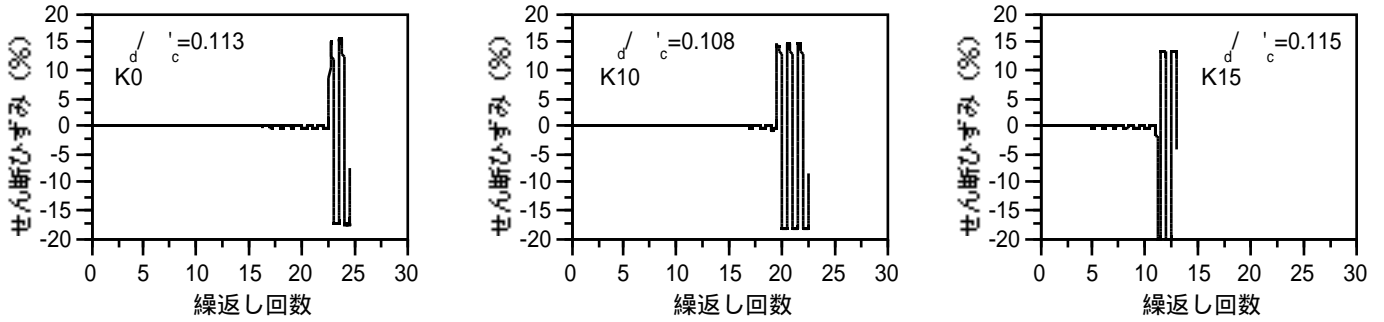


図-2 せん断ひずみ-繰返し回数関係

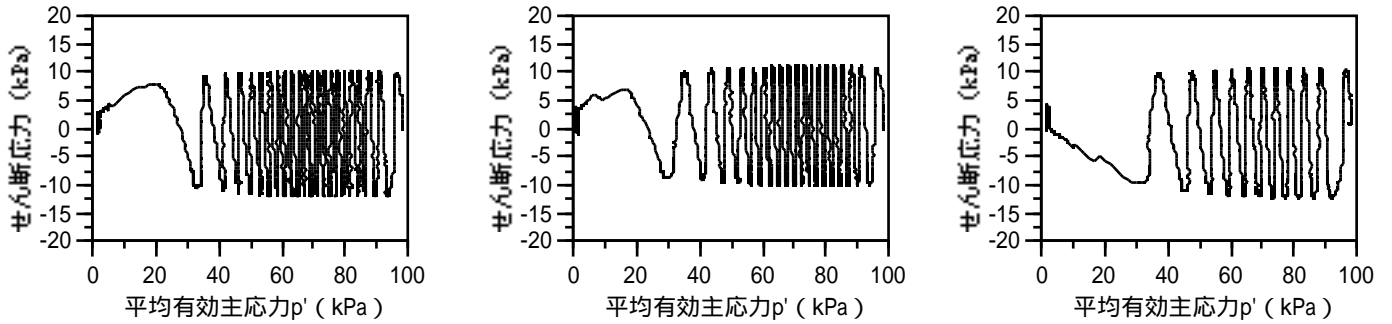


図-3 有効応力経路図

図-4の液状化強度曲線を見ると、非塑性細粒分が増加するほど液状化強度曲線が下方に位置していることがわかる。また、図-5は液状化強度-細粒分含有率関係である。これらの図より、非塑性細粒分が増加するにつれて液状化強度が減少する結果が得られた。一般に細粒分の増加とともに液状化強度が増加するとされ、その理由として粒子間の粘着力が増加することで説明されているが本研究で用いた細粒分は非塑性であるため、粘着力の増加は期待できず、逆に細粒分の増加に伴って砂粒子相互のかみ合わせが減少するため、液状化強度が低下したのではないかと考えている。足立ら<sup>2)</sup>も非塑性細粒分含有率の増加に伴い液状化強度が低下する三軸試験結果を示している。このように、本研究得られた結果は、塑性を有する細粒分を含む砂質土では細粒分含有量の増加に伴って液状化強度が増加する傾向と対照的な結果<sup>3)</sup>になっている。これらのことから、細粒分の塑性の有無が砂の液状化挙動に重要な影響を及ぼしていると考えられる。

4. まとめ

- (1) 細粒分が非塑性である場合、細粒分含有率が増加しても液状化強度は低下する。
- (2) 細粒分の塑性の有無が、液状化の判定において重要な指標の一つになる。

【参考文献】

- 1) 鍋島, 竹田, 新川, 松井: 中間土の繰返しせん断特性に及ぼす粘土の影響, 地盤工学研究発表会, pp.973 ~ 974, 2000.
- 2) 足立, 安原, 島袋: 塑性のない細粒分を含む砂質土の液状化とそれに伴う体積変化特性, 土木学会論文集No.596, pp.29 ~ 38, 1998.
- 3) 桑野, 飯村, 中澤, 杉原: 粘土分含有が砂質土の非排水繰返しせん断特性に及ぼす影響, 粘性土の動的性質に関するシンポジウム, pp.143 ~ 148, 1995.

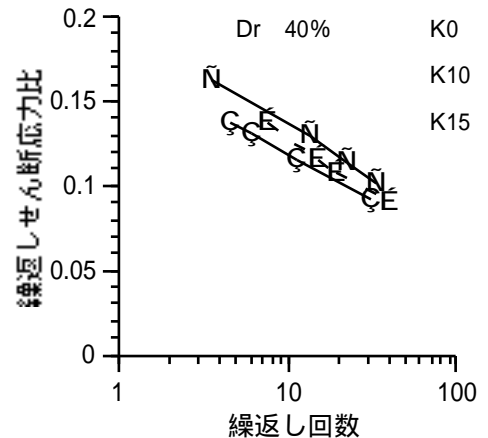


図-4 液状化強度曲線

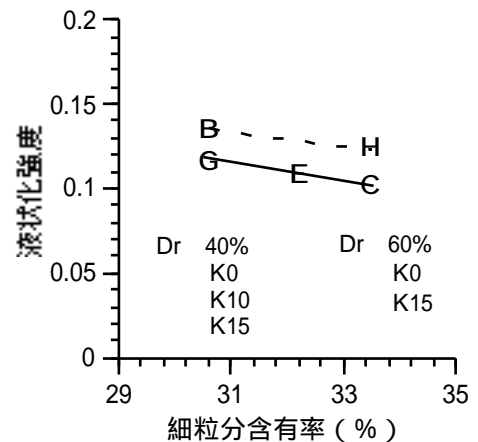


図-5 液状強度-細粒分含有率関係