

# 細粒分を含む砂の液状化特性の解明

武蔵工業大学 学 田中 健太

武蔵工業大学 正 末政 直晃 正 片田 敏行

## 1. はじめに

現在までに、飽和した砂質地盤における液状化のメカニズムにおいては数多くの研究が行われている。しかしながら、細粒分を含む砂質地盤においても液状化が発生することは明らかになっている。しかし、このような地盤の力学特性は未解明な部分が多いのが現状である。そこで本研究では、新たに開発した多段リング式試験機によって細粒分含有率  $F_c$  が異なる砂の液状化強度の違いを調べることを目的としている。本試験では、スラリー状の異なる 5 種類の  $F_c$  を持つ混合砂に対し中空ねじり試験を行った。

## 2. 試験概要

### 1) 多段リング式試験機

図-1 に多段リング式試験機の概要図を示す。本試験機は 8 層からなる剛性の高いステンレス製の積層リングを用いている。各々のリングはレールを有しており、直径 4mm のベアリングを挿入することで水平方向への回転性を円滑にしている。また、ステンレス製の容器で覆っているため、供試体の変形や大歪み領域における問題など、これまでに考えられた問題点は解消されると考えられる。

### 2) 試料の物理的特性

試料には細粒分として粒径を 0.075mm 以下に調整した藤の森粘土、砂分には豊浦砂を用いた混合砂を使用した。今回用いる試料は、 $F_c$  を重量比により 0, 5, 10, 15, 20% に調整した 5 種類の混合砂である。これらの混合砂の物理特性を知るために、土粒子密度試験及び最大・最小乾燥密度試験を行った。その結果を表-1、図-2 に示す。砂質土の力学特性は相対密度  $D_r$  によって関連付けられるが、試験結果から細粒分を多く含む砂は  $D_r$  を求めることが困難であると言える。しかし、数度行った試験結果の誤差が小さいことから供試体の評価方法として  $D_r$  を用いた。

### 3) 試験方法

本試験では、供試体の作製方法としてスラリー法を用いた。従来から用いられてきた空中落下法に比べ、スラリー状の試料を用いることでより飽和度の高い供試体の作製が可能であることからこの方法を採用した。スラリー状試料の含水比は、どの Case においても 25% 程度に調整した。この含水比の試料は、リングに詰め易くスラリーとして扱い易いためその値とした。また、スラリー法においても供試体は外径 10cm、内径 6cm、高さ 7cm の中空円筒体である。

初期拘束圧として、垂直応力のみ 98kPa を加えた。この供試体に対し、応力振幅 19.6kPa、載荷周波数 0.01Hz の繰り返しねじりせん断を与えた。試験は試験機の構造上、排水・定体積のもとで行った。また、有効応力は供試体内部の応力状態として垂直応力の変化とした。これらの試験条件を表-2 にまとめた。

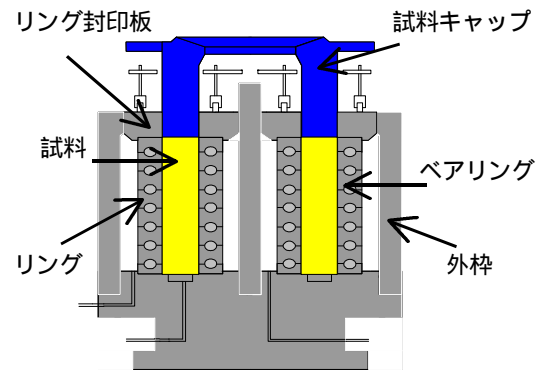


図-1 多段リング式せん断試験機

表-1 土粒子密度試験結果

細粒分含有率 $F_c$ (%)	0	5	10	15	20
土粒子密度 $s$ ( $g/cm^3$ )	2.648	2.650	2.658	2.664	2.686

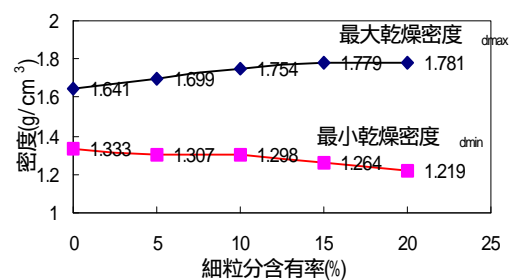


図-2 最大・最小乾燥密度試験結果

表-2 試験条件

ケース	$F_c$ (%)	$D_r$ (%)	試験条件
Case1	0%	61%	初期有効拘束圧
Case2	5%	60%	98kPa (鉛直圧)
Case3	10%	66%	応力振幅 19.6kPa
Case4	15%	70%	載荷周波数 0.01Hz
Case5	20%	69%	排水・定体積

キーワード：液状化、細粒分、多段リング式試験機、定体積試験

連絡先：武蔵工業大学 地盤工学研究室 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL&FAX 03-5707-2202

### 3. 試験結果

試験結果として図-3の左側にせん断応力～せん断歪み関係、右側には有効応力経路を示す。これより、細粒分の有無に関わらず、載荷初期においては弾性的な挙動を示し、載荷が進むにつれてせん断歪みが増大していく結果となった。液状化時の砂の挙動という点においては、細粒分含有率に関わらず砂のみの場合と比べて大きな差は見られなかった。

また、両振幅歪み DA は、細粒分含有率の増加とともに大きくなっている。しかし、最後に発生する大きな歪みについては、細粒分の影響によるものよりも、液状化後に供試体が沈下することによって試料キャップと供試体上面との間に発生する水膜に原因があると考えられる。

有効応力経路からは、試料に豊浦砂 100%を用いたものは、載荷が進むと有効応力がゼロに達する典型的な挙動を示している。しかし、細粒分を含んだ砂を試料として用いた場合には、有効応力はゼロに達しない。このことより、供試体内の応力状態においては、わずか 5%であっても細粒分を含むことによって砂はその影響を強く受けることが分かる。

本試験では、両振幅歪み DA が 5%に達したときを液状化と考え、そのときのせん断応力比～繰り返し回数による液状化強度曲線を作成した。その結果を図-4に示す。ただし、縦軸に示すせん断応力比とはせん断応力を拘束圧で除したものであり、横軸は載荷回数の対数をとったものである。液状化強度を繰り返し回数が 5 回のときと仮定すると、 $F_c=0\%$ のときに最も液状化強度が大きくなり、細粒分の増加とともに液状化強度が減少する傾向を示した。この理由として、供試体作製時の強度が影響していると考えられる。供試体作製方法にスラリー法を用いた場合、載荷一回目におけるせん断歪みの増加の割合が、空中落下法に比べ小さくなることは著者らが行ってきたこれまでの試験で明らかにされている。<sup>2)</sup>つまり、スラリー法で作製した供試体は空中落下法のものよりも初期強度が大きくなる可以说。このような初期強度が大きい供試体を用いて試験を行った場合、強く噛み合っていた砂粒子の間に細粒分が入り込むことで骨格が緩くなり液状化強度が減少したと考えられる。

#### 4. まとめ

- ・ Dr が同等で初期強度の大きい供試体では、細粒分を含む砂の液状化強度はきれいな砂のそれよりも小さくなった。
- ・ 液状化強度は、供試体作製時における初期強度に影響されると考えられる。
- ・ 有効応力経路から、 $F_c=0\%$ ではゼロに収束するのに対し、細粒分を含む砂はゼロに達しない傾向が見られた。

参考文献 1) 五艘ら：細粒分を含む砂の力学特性に関する研究,土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集,pp416-417,2000

2) 田中ら：多段リング式試験機による細粒分を含む砂のせん断試験,第 35 回地盤工学研究発表会,投稿中

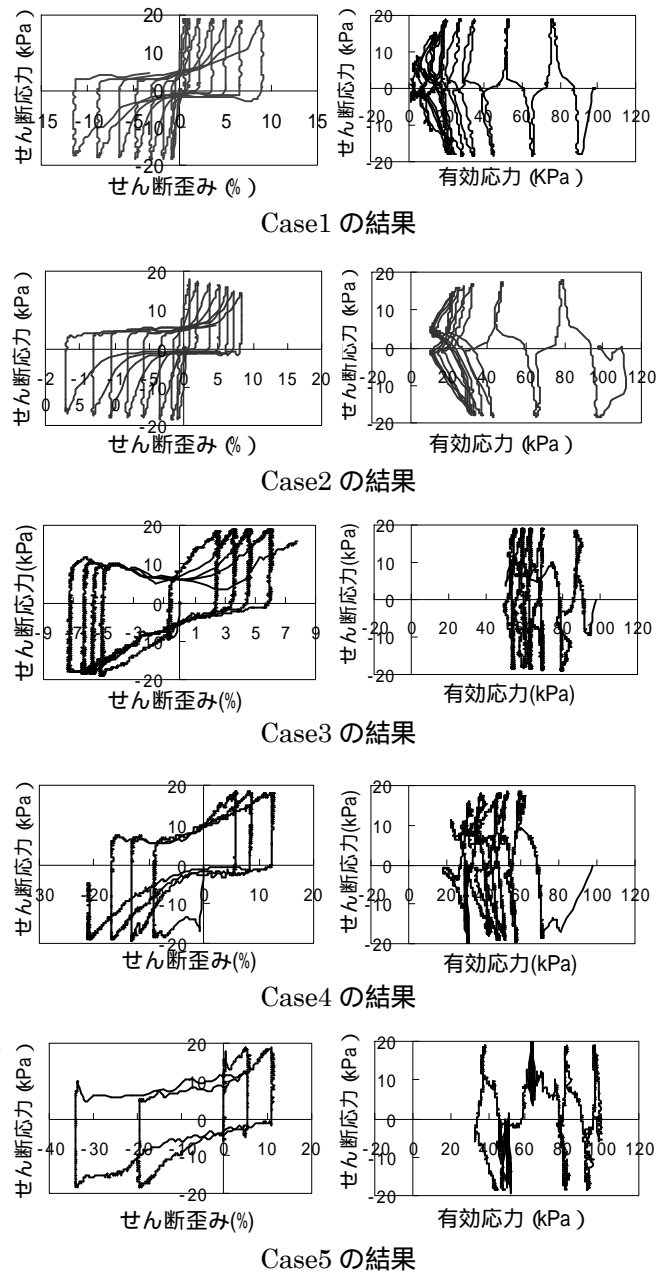


図-3 液状化試験結果

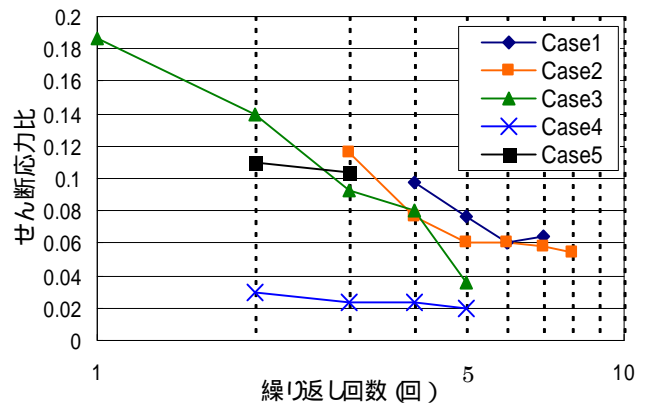


図-4 DA=5%のときのせん断応力比～繰り返し回数