

Ⅲ－ 2 細粒分を含む粒状体のせん断特性のシミュレーション

東北大学工学部 学生員 ○ 星 悠紀
東北大学大学院 学生員 森本 大志
東北大学工学部 正会員 風間 基樹

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震では、従来液状化しにくいとされてきた細粒分を含むまさ土地盤で、大規模な液状化が発生した。神戸ポートアイランドから採取した 2mm 以下のまさ土と細粒分を取り除いたまさ土試料を用いて液状化抵抗に細粒分が与える影響を実験的に検討した研究によれば¹⁾、粗粒同士の上に階層的に存在する細粒分がせん断メカニズムに影響を与えていることが示唆されている。そこで本研究は、細粒分を含む土を想定して個別要素法(DEM)²⁾による解析を行い、せん断時における細粒分の力学挙動を詳細に検討することとした。なお、粗粒間に階層的に存在する細粒の列数について特に着目している。

2. 解析方法

a) 供試体

表-1 に解析に用いたパラメータを示す。想定した粒子の直径は粗粒が 10mm、細粒が 1mm である。表-2 に各実験ケースの要素数を示す。ケース 1 からケース 5 の実験条件では、粗粒間に階層的に並ぶ細粒の列数が異なっている。なお、ケース 0 は粗粒のみの構造である。各ケースとも周期境界を有することとし、98kPa で圧密した後せん断を行っている。図-1a)にケース 1、b)にケース 2 の圧密後の供試体を示す。

b) せん断方法

せん断は定体積せん断として、上の天板に接触した粒子に強制的に水平変位を与えることにより行った。また、応力をモニターするために下の天板に接触している粒子の並進と回転は拘束している。

3. 解析結果及び考察

a) せん断挙動

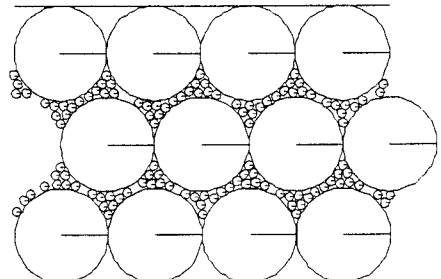
図-2 に鉛直力-せん断ひずみ関係を示す。粗粒間の細粒分の列数が多い条件ほど、鉛直力が一定値に近づく。図-3 にせん断力-せん断ひずみ関係を示す。せん断力も絶対値を考えれば細粒分の列数が多い条件ほど一定値に近づく。これらの挙動は細粒の数がある数を超えると粗粒の影響がなくなると言える。

表-1 解析パラメータ

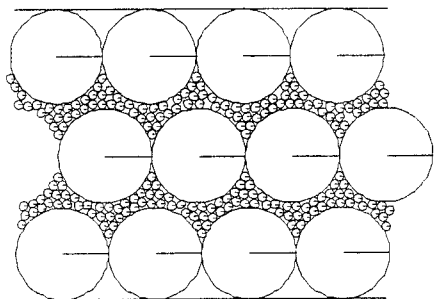
法線方向バネ定数	$1.144 \times 10^6 (\text{N/m})$
減衰定数	$4.427 \times 10^1 (\text{N} \cdot \text{s/m})$
接線方向バネ定数	$1.144 \times 10^6 (\text{N/m})$
減衰定数	$4.427 \times 10^1 (\text{N} \cdot \text{s/m})$
土粒子密度	$2638 (\text{kg/m}^3)$
粒子間摩擦角	25(deg)
天板-粒子間摩擦角	30(deg)
時間刻み	$1.0 \times 10^6 (\text{s})$
細粒要素粒径	1mm
粗粒要素粒径	10mm

表-2 各実験ケースの要素数

ケース名	0	1	2	3	4
粗粒要素数	12	12	12	12	12
細粒要素数	0	118	200	282	374
細粒分の列数	—	1	2	3	4

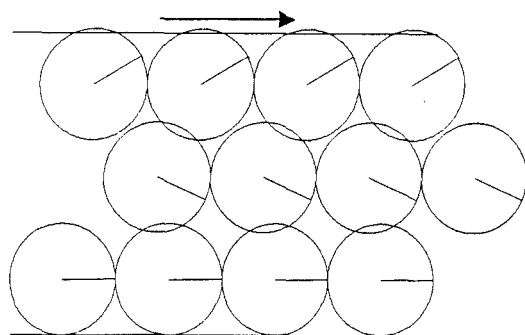


a) ケース 1(細粒分の列数 1)

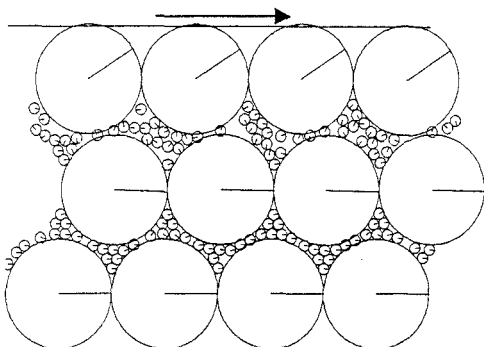


b) ケース 2(細粒分の列数 2)

図-1 圧密後供試体



a) ケース 0 (せん断ひずみ 10%)



b) ケース 1 (せん断ひずみ 10%)

図-4 せん断ひずみ 10%時の各粒子の回転変形量

b) 要素の挙動

図-4a)にケース 0, b)にケース 1 のせん断ひずみ 10% 時の各粒子の回転変形量を示す。ケース 0 では粗粒要素の上の 1 列目と 2 列目はほぼ同程度の回転をしているが、ケース 1 では 2 列目の回転はほぼ発生せず、移動もない。特にケース 1 の 1 列目と 2 列目の粗粒間の細粒分に着目すると、回転量・移動量とも多く、細粒分がコロの役割をしている事がわかる。

図-5 に全粒子回転量と移動量の絶対値の累積値を要素数で割った平均回転量と平均移動量の関係を示す。同じ平均移動量

と比較すると、粗粒間の細粒分の列数が多い条件になると回転量が一定値に近づく。粒子の回転や移動量といった微視的な挙動についても細粒の粒子数がある数を超えると同じような挙動をする事がわかった。

4. 結論

本研究では、個別要素法(DEM)を用いて、せん断時に細粒分が果たす役割を検討した。その結果、せん断力や鉛直力の変化等の巨視的なせん断挙動や粒子の回転や移動といった微視的な挙動は、細粒の数がある個数を超えると同じような挙動になることがわかった。

参考文献

- 1) 風間基樹, 加賀谷俊和, 柳澤栄司: まさ土の液状化抵抗の特殊性, 土木学会論文集, No.645, III-50, p pp.153-166, 2000.
- 2) 中瀬仁, 安中正, 片平冬樹, 興野俊哉: 平面ひずみ圧縮試験に対する個別要素法の適用, 土木学会論文集, No.454, III-20, pp.55-64, 1992.

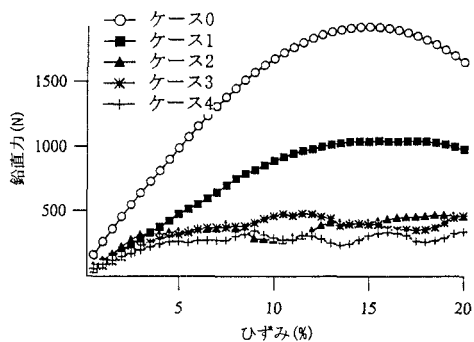


図-2 鉛直力-せん断ひずみ関係

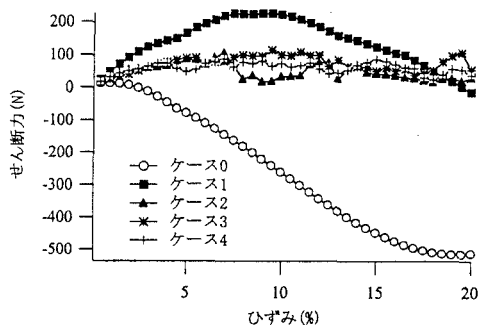


図-3 せん断力-せん断ひずみ関係

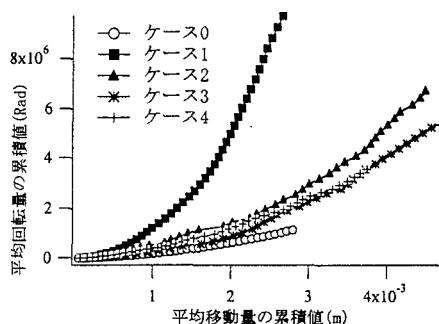


図-5 平均移動量-平均回転量関係