

CS1-8(Ⅲ)

繰り返しせん断を受ける粒状体の変形と配列の関連

豊橋技術科学大学

正員 河邑 眞

豊橋技術科学大学 大学院

○ 学生員 羽上田 裕章

豊橋技術科学大学 大学院

学生員 大橋 嘉夫

1. 緒言

粒状体内部の微視的な状態を詳細に把握し、マクロな現象との対応を考察することが砂質土のような粒状材料の構成関係を理解する上で重要になる。このような目的を達成する上で有用な方法として、Cundallの個別要素法（Distinct Element Method：以下DEMと略記）がある。ここでは、DEMを用いて粒状体の片振り繰り返しせん断のシミュレーションを行ない、繰り返しせん断に伴う粒状体モデル内の応力伝達特性やダイランシー特性および、粒子の運動特性を考察した結果について報告する。

2. 解析方法

片振りせん断の変位軌跡として底部の境界層の変位軌跡を図-1に示す。解析モデルとして、配列構造の異なる2種類の解析モデルを用いた。図-2に示すようなせん断箱を想定し、その中に表-1に示す材料定数を有する粒子要素を図-3に示す正規配列（要素数：512個）、交互配列（要素数：496個）で充填し、解析モデルとして用いる。図中の●は、粒子要素（○）の回りに配列し、せん断箱に対応した境界要素を示す。

このモデルを用いた解析過程を表-2に示す。解析過程は3ステップからなる。ステップ1は、粒子作成過程で、せん断箱内に要素を発生させている。ここではまだ各要素の運動は生じていない。ステップ2は、圧縮過程である。ここではステップ1で配

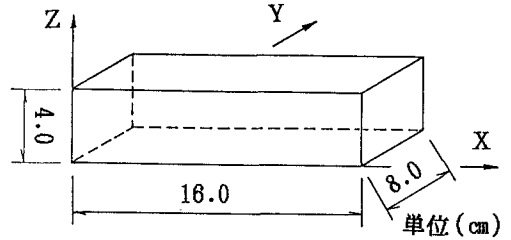


図-2 せん断モデル

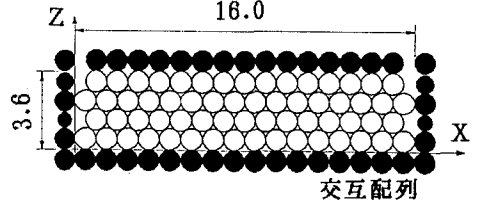
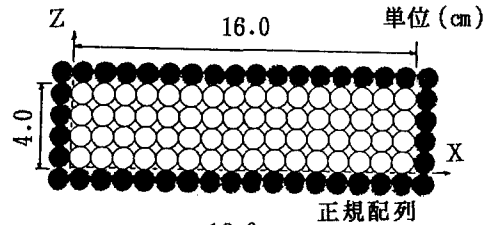


図-3 要素配列

表-1 要素諸元および材料定数

要素の半径	R	(cm)	0.5
要素の密度	ρ	(g/cm ³)	2.5
せん断剛性	K _s	(kgf/cm)	50.0
垂直剛性	K _n	(kgf/cm)	100.0
摩擦係数	μ		1.0
粘着力	c	(kgf/cm ²)	0.0
時間増分	Δt	(sec)	6.93×10^{-5}
せん断速度	V _s	(cm/sec)	0.2

表-2 解析過程

過程	サイクル数	トータルサイクル数	せん断速度 V _s (cm/sec)	せん断ひずみ γ (%)	制面応力 σ_{xz} (kgf/cm ²)
粒子作成	0	0	-	-	-
圧縮	600	600	0.2	-	0.5
せん断	16600	17200	0.2	5.0	0.5
せん断	16600	33800	-0.2	0.0	0.5
せん断	16600	50400	0.2	5.0	0.5
せん断	16600	67000	-0.2	0.0	0.5
せん断	16600	83600	0.2	5.0	0.5
せん断	16600	100200	-0.2	0.0	0.5

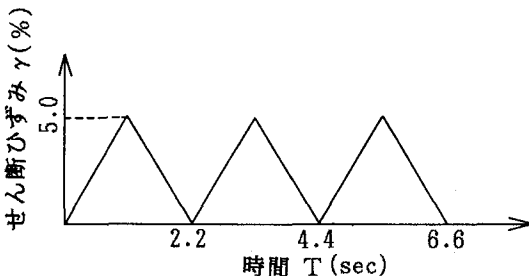


図-1 せん断ひずみ-時間

列した上部の境界要素に 0.5 kgf/cm^2 の等分布荷重をかけ、 $\sigma_{zz} = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ を得る。ステップ3は、載荷～除荷過程である。ステップ2で行なった載荷を行ないつつ、底部の境界要素にせん断速度 0.2 cm/sec を X の正の方向にせん断歪が5%に達するまで与える。せん断歪5%が得られると、 X の負の方向にせん断歪が0%に達するまでせん断速度 0.2 cm/sec を与える。各層の境界層に与えるせん断速度は、上部の境界層のせん断速度を 0.0 cm/sec として Z 方向の距離に対し比例配分したせん断速度を与える。但し、正規配列モデルを用いた解析は、最大せん断歪を4.4%としている。なお解析過程中、重力の影響は考慮していない。

3. 解析結果及び考察

図-4に各配列のせん断応力-せん断ひずみ関係を示す。軌跡を追っていくと交互配列の場合、せん断応力が2周期目から安定している。また正規配列の場合は、3周期目においてもせん断応力が安定状態に達していない。しかし徐々に安定状態に近づきつつあることから、サイクル数が増えるに従い、せん断応力は徐々に安定状態へと移行して行くことが推測できる。図-5に各配列の体積ひずみ-せん断ひずみ関係を示す。交互配列では正のダイレタンシーが発生し、正規配列では負のダイレタンシーが発生していることが確認できる。これは、交互配列は正規配列に比べて密に充填されており噛み合わせが強く、粒子間の空隙が小さいため、変形の際に粒子が他の粒子の上を乗り上がろうとするためと考えられる。

4. 結語

DEMを用いて粒状体の交互配列、正規配列による片振り繰り返しせん断試験のシミュレーションを行ない、両者を比較することで、配列構造の違いによるせん断応力の安定状態への移行過程や、ダイレタンシー特性が把握できた。

■参考文献■ 1) 河呂眞、横井慶三、羽上田裕章 (1991): 粒子の配列構造と粒状体のせん断機構との関係, 第26回土質工学研究発表会講演会集, pp701, 702

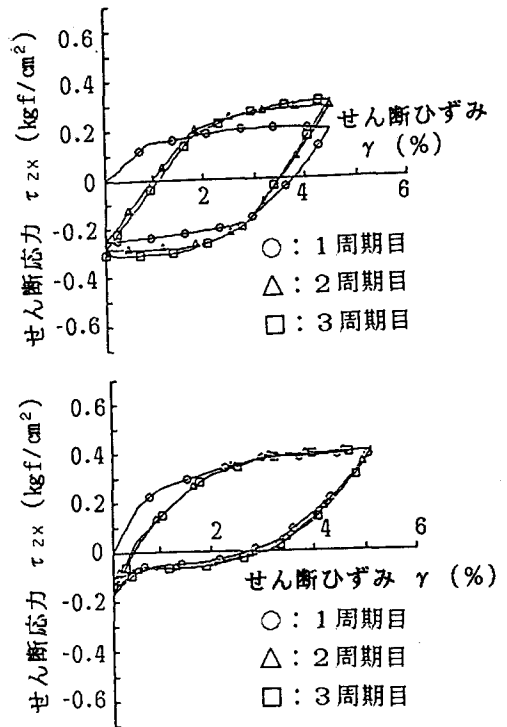


図-4 せん断応力-せん断ひずみ

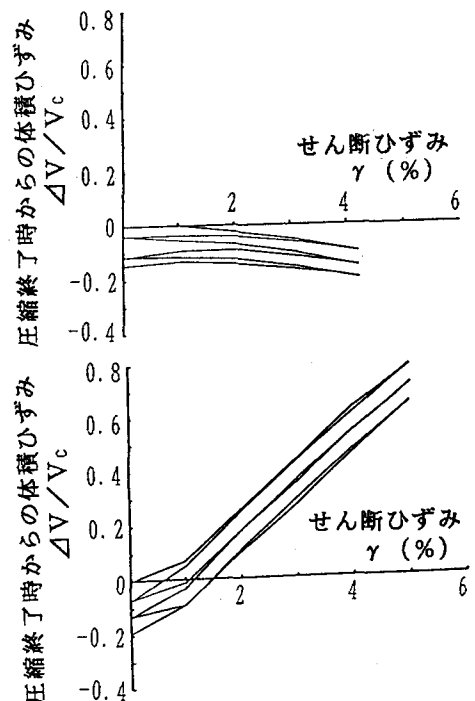


図-5 体積ひずみ-せん断ひずみ