

III-274 粒状体のDEM定数の決定 ——せん断試験の解析——

鳥取大学工学部 正員 ○西村 強
鳥取大学工学部 正員 木山英郎
鳥取大学工学部 正員 藤村 尚

1. まえがき

砂のような粒子径の小さい材料に離散剛要素法（以下、DEMと略す）を適用するとき、要素個々の物性（材料定数 K 、 η 、粒子間摩擦角等）とともに、集合体としての特性も知っておく必要がある。土の力学特性がせん断強度定数 c 、 ϕ を用いて表現されることから、 c 、 ϕ と材料定数との関わり合いに注目して解析を行えば、逆に、 c 、 ϕ の与えられた材料に対して、適切な材料定数を決定できるものと期待される。

このような観点から、要素配列、要素間摩擦角、剛性定数比の変化の c 、 ϕ への影響に注目して、単純せん断試験のDEM解析を行っている。そして、既報¹⁾では次のような結果を報告した。

i) ϕ は要素配列と強く関係しており、配列を偏平にするほど大きい。一方、要素間摩擦角、剛性定数比の変化の影響は小さい。

ii) c はいずれの場合においても、ごく小さな値しか生じない。

本文では、さらに、一面せん断試験の解析結果を加えて考察する。

2. 2種類のせん断モデル

せん断箱の模型として、たて20cm×よこ40cmの長方形を仮定する。この箱に約200個の等径要素（ $r=1\text{cm}$ ）を左右対称にして最下段に s 個、その上に（ $s-1$ ）個の順に規則正しく配列して供試体とする（以下、（ $s-1$ ）/ s 配列と呼ぶ）。要素配列は全部で4種類用いているが、本文では、15/16配列について示す。図-1(a)は静止状態を、また、図(b)は圧密終了状態を表している。上載荷重は0.4(kgf/cm²)、要素間摩擦角は30°である。図(b)の状態から、単純せん断の場合、側壁が平行を保ちつつ、下端を中心として0.05(rad/sec)なる速度で回転することにより、また、一面せん断の場合、箱の上半分が1(cm/sec)の速さで右方へ移動することによりせん断変形を与える。この0.05(rad/sec)という速さは供試体の高さが20cmであるとき、上板が1cm/secの速さで移動するという点で一面せん断の変位速度に対応している。なお、壁はすべて剛であり、たわみは生じない。また、圧密・せん断時を通じて、上板は上下方向にのみ可動であり、回転は許していない。間隙水の影響は考慮しておらず、表-1の示す諸定数を用いて、解析を進める。

表-1 解析の諸定数

particle
radius r : 1.0cm
density ρ : 2.65 gf/cm ³
Young's modulus
E: 750 kgf/cm ²
Poisson's ratio ν : 0.3

	particle to particle	particle to wall
$K_n/\rho g$ (cm)	3.64×10^4	7.28×10^4
$\eta_n/\rho g$ (cm/s)	1.53×10	3.06×10
$K_s/\rho g$ (cm)	0.91×10^4	1.83×10^4
$\eta_s/\rho g$ (cm/s)	0.76×10	1.53×10
dt (sec)	1.0×10^{-4}	

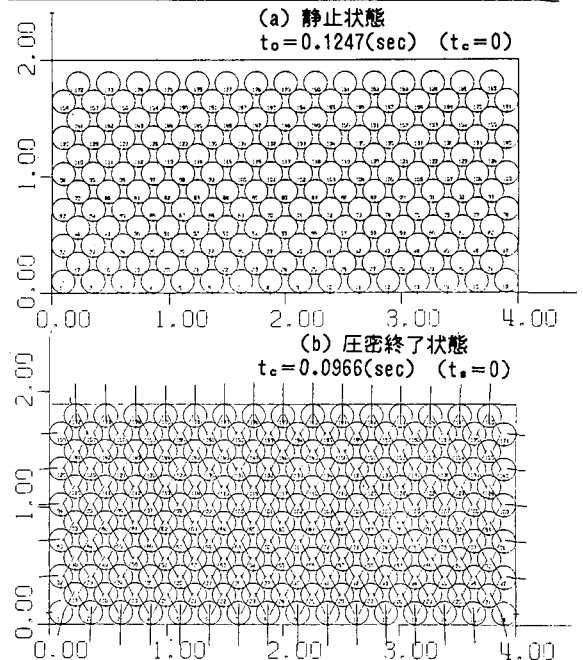


図-1 DEM解析（15/16配列）

3. 解析結果

図-2, 3に単純せん断および一面せん断のDEM解析の結果を示している。接触力分布についてみると、圧密終了時にはほぼ一様であったものが、せん断が開始されると、右上と左下の隅角部に接触力の小さな領域が生じるなど、分布が一様でなくなっている。また、要素の挙動についてみると、一面せん断の場合中央部で、単純せん断の場合上から3層目で、上段の要素が下段の要素を乗り越え、破壊面が形成されている。接触力分布が一様でなくなるため、規則的であ

った配列が乱されてゆく過程が観察できる。以上のように、DEM解析によって粒状体のせん断時の粒子挙動あるいは接触力の変化の過程を可視化できる。本例では、要素間の全接触点において接触力をせん断方向(Y方向)、垂直方向(X方向)に分解し、供試体全体に平均化してせん断応力、垂直応力を算出している。図-4, 5に図-2, 3の過程から求められた応力比・ひずみ・体積変化量曲線を示している。図-4, 5を比較してみると、せん断強度に関しては単純せん断の方が一面せん断よりも大きくなっている。これに対し、体積変化量では逆の結果となっている。この傾向は、他の3配

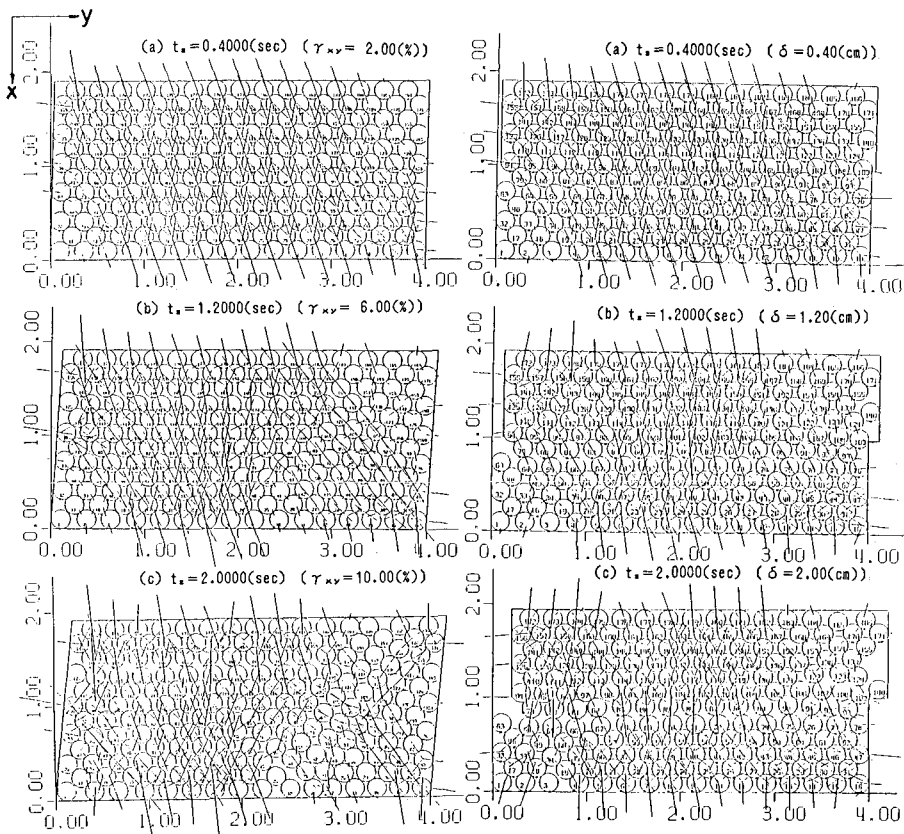


図-2 DEM解析 (15/16 配列)
(単純せん断)

図-3 DEM解析 (15/16 配列)
(一面せん断)

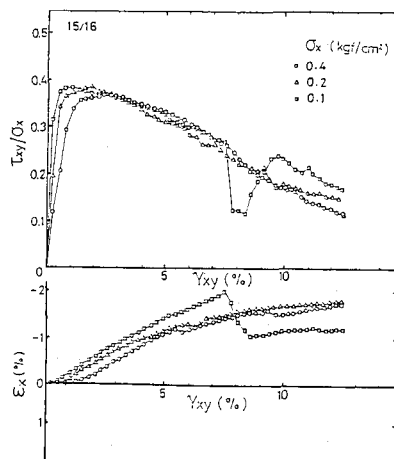


図-4 応力比・ひずみ・体積変化曲線
(単純せん断)

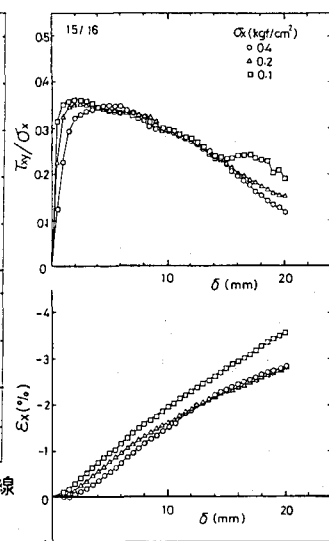


図-5 応力比・ひずみ・体積変化曲線
(一面せん断)

参考文献 1)西村、木山、藤村：離散剛要素法による強度定数 c , ϕ の算定、第39回年次講演概要集