

個別要素法による衝撃時の地盤変形の解析

鳥取大学大学院 学生会員○長江 秀樹
鳥取大学工学部 正会員 藤村 尚, 西村 強, 木山 英郎

1.はじめに

個別要素解析法(Distinct Element Method,以下 DEM と略記)は、亀裂性岩盤の解析手法として Cundull に
よって提案されたものである。DEM 解析は不連続面で区切られた要素の集合体に対し、個々の要素が運動方
程式を満足し、要素間の力の伝達が作用・反作用の法則に従うことを条件として、集合体の動力学的挙動を解析
する手法である。

本研究は、DEM 解析を用いて、地中で衝撃を受けた場合の地盤の時々刻々変化する接触力と変形挙動につい
て調べた。

2.解析手法の概要

DEM 解析によって衝撃を受ける地盤の挙動を解析するにあたって、単一粒形の円形要素(半径 1cm)の規則配
列を行い、中央部分に半径 2~3cm の円形要素を半径 1cm の要素と重ならないように設定し、上部半断面を解
析モデル(図-1)とする。また、解析モデルの配列は、26/27 配列と 23/24 配列とする。26/27 配列については、一部
の要素の剛性を低減したものも用いる。地盤の要素定数は表-1 に示す。

鉛直応力は土被り圧に相当する応力を最上段に割り振り、水平応力は鉛直応力に対する比率(側圧係数)で
設定する。ただし、今回の解析では粒子の重力の影響は考えないものとする。次に衝撃を与える方法として、解
析モデルの中央底部の半径 2~3cm の円形要素に接する規則配列の円要素(斜線要素)にその接触点の法線方向
に加速度を入力する。入力する加速度は瞬間的に大きな力を加えることにして、一定の加速度を $10^{-4}(\text{sec})$ 間
与えている。

表-1 要素定数

要素	
半径	$r:1.0(\text{cm})$
密度	$\rho:2.65(\text{g}/\text{cm}^3)$
ヤング係数	$E:750(\text{kgf}/\text{cm}^2)$
ポアソン比	$\nu:0.3$
時間増分	$\Delta t:1.0 \times 10^{-4}\text{sec}$
材料定数	
$K_n/\rho g (\text{cm}^2)$	3.64×10^4
$\eta_n/\rho g (\text{cm}^2\text{s})$	1.53×10
$K_s/\rho g (\text{cm}^2)$	0.91×10^4
$\eta_s/\rho g (\text{cm}^2\text{s})$	0.76×10
μ	0.577

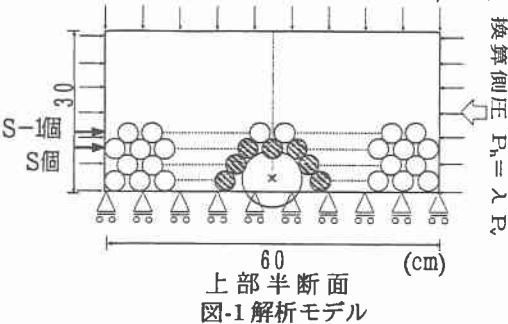
解析手順については、まず鉛直応力と水平応力を作用させて初期静
止状態を作る。次に解析モデルに上記に示した衝撃を与えて要素の挙動
を時々刻々観察する。ただし、衝撃後も絶えず一定の圧力を作用させ
る。ここでは要素剛性が一定のものと一部の要素の剛性を低減したも
のの解析を行っている。

3.解析結果と考察

一例として、23/24 配列の要素剛性が一定の時の解析結果を図-2
に示す。図-2 より、地盤に衝撃が加わると、斜め方向に力が大きく伝
達されるが中央部分の力の伝達は弱いことが分かる。時間経過毎の接
触力の変化より地盤変形は、衝撃後、力が全体に伝わり膨張するがその
後、膨張と圧縮をくり返し鎮静化する。この 23/24 配列
は計算終了時点で著しく上部が横に広がって変形してい
る。これは、23/24 配列は 26/27 配列より水平方向の力の
伝達に優れているため側面部分に力が大きく働きこのよ
うな変形をしたものと思われる。

次に、地盤の一部分の要素(黒部分)の剛性を低減した
場合の解析結果を図-3 に示す。26/27 配列では剛性を
1/50, 1/100, 1/200 に低減した時の解析結果を示す。同

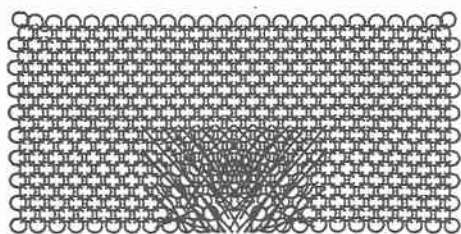
上載圧 $P_v = 100 \times \rho \pi r^2 \times S(\text{個数}) / 60 (\text{gf}/\text{cm}^2)$



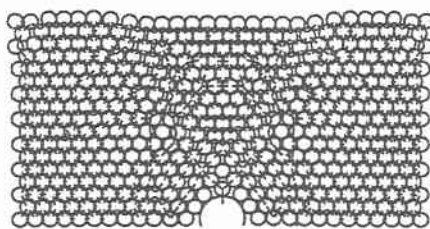
図より剛性低減率が小さい場合、通常剛性要素が剛性低下要素に食い込んでおり地盤変形はさほど大きくない。一方、剛性低減率が1/200の場合、剛性低下要素の大変形により配列が崩れる結果となっている。

4.まとめ

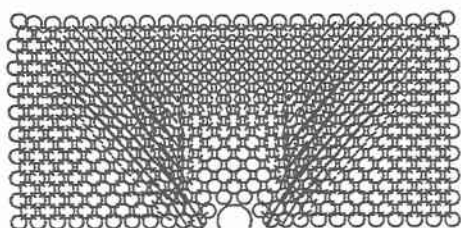
本研究では、地中部で衝撃を受けた場合の地盤変形をDEMを用いて解析した。その結果、接触角の影響が変形を左右すること、地盤の一部の要素の剛性を低減させることによりゆる詰め状態の地盤変形を再現できることが確認できた。



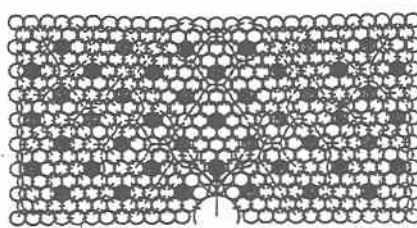
t=0.001(s)



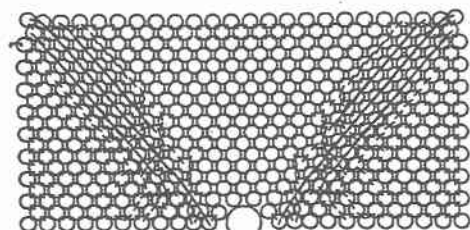
a) 通常の地盤



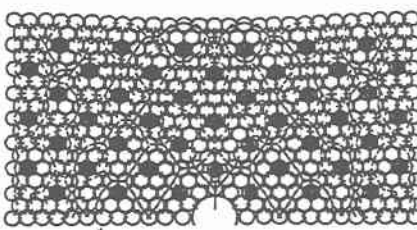
t=0.003(s)



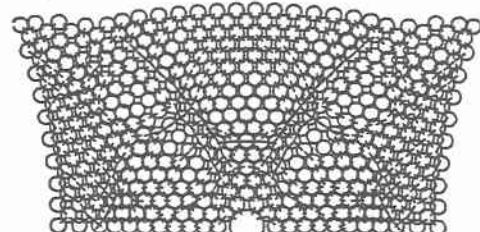
b) 剛性低減率 1/50



t=0.005(s)



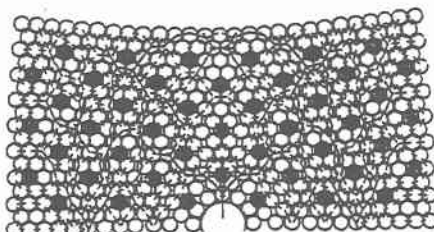
c) 剛性低減率 1/100



計算終了状態

23/24 配列

図-2 接触力図(入力加速度 200m/s²)



d) 剛性低下率 1/200

26/27 配列

図-3 接触力図(入力加速度 300m/s²)