

III-259

個別要素法において要素配置が解析結果に与える影響について

佐藤工業(株) 正員 ○歌川紀之 山本 忠 吉田 望

1. はじめに 円形や楕円形などの粒状体を用いた個別要素法(DEM)は、土質やコンクリートの破壊挙動やサイロ内の物質の流動¹⁾など各種のシミュレーションに利用されている。現状では、コンピュータの性能などの制限により、実際の土粒子やコンクリートの骨材に相当する要素サイズや要素配置の再現は難しく、多くの場合、着目する現象が再現できる程度の要素サイズを選定し、規則的な要素配置、またはランダムパッキングによる要素配置を用いている。DEMでは要素配置が解析結果に影響を与えることが報告されている^{1), 2)}。ここでは、固定した杭間の粒状物質のすべり破壊シミュレーションにおいて、要素配置が解析結果に与える影響を検討した。

2. 着目した現象 地すべりや液状化に起因する側方流動により杭に作用する力や杭周辺地盤の破壊状況を評価するため、DEM解析を実施した。一般に杭周辺地盤の破壊は、杭間が離れた場合、杭によるせん断破壊、杭間が近い場合は杭間にアーチが形成され、そのアーチが破壊する形で破壊が進行すると考えられている。これらの現象は杭の変形や重力の効果を含む、3次元的な現象であるが、解析では、水平方向断面内の運動に着目し、また杭は変形しないものと仮定した。

3. DEM解析 UDEC²⁾を用い、解析を実施した。粒状要素は正六角形の各頂点に曲率を与えた形状とし、それを間隙が小さくなるように規則配置した。本モデルは円形要素に比較し、回転が拘束され、せん断力の伝達が大い、また、要素配列が保たれるので、アーチ形成など各破壊状態での破壊面が明確になるものと考えられる。図-1に示すように2m四方の正方形の土槽に直径15cmの杭を立てたモデルを想定し、要素配置(60° 30°)、および杭の本数(1本・3本)を変化させた4ケースの解析を実施した。要素間のバネ定数は $10^5 \text{ N/m}^2/\text{m}$ 、内部摩擦角は 10° とした。杭は固定した7個の要素(図中・黒色部分)でモデル化し、側方境界はスライド条件、杭と粒状要素の境界は粒状要素間と同一の物性を与えた。また、荷重は一定速度の強制変位(1mm/sec)を上側から与えた。解析結果を破壊進行時における要素配置(左側)および要素間の接触状態[荷重0のバネ位置を示した](右側)、強制変位と杭への作用荷重の関係・強制変位と側方境界への作用荷重の経時変化に着目し、図-2~図-4に示す。なお、各作用荷重の図には杭の直上の強制変位を与えている境界近傍の粒状要素1個に作用する荷重値も示した。

4. まとめ 解析の結果、以下の項目が判った。

1)要素配置の影響: 杭間の粒状物質の破壊挙動は、杭直上に圧縮ゾーンが生成され、圧縮ゾーン以外の領域とのせん断破壊、さらに圧縮ゾーンの破壊へ進行するものと考えられる。図-2に示すように 30° 配置では杭直上に長方形、また、 60° 配置では杭上側左右 30° の三角形の圧縮ゾーンができる。図-3に示すように杭への作用荷重が0になった段階で、圧縮ゾーンが破壊したものと解釈できる。杭1本の場合、 60° 配置では境界における受圧面積は大きく、 30° 配置に比較し、杭への作用荷重および側方境界への作用荷重は大きくなる。このように要素配置に起因する異方性により、圧縮ゾーンが異なり、破壊状況に差異が生じる。

2)杭本数の影響: 図-3に示す杭への作用荷重から判断すると、杭3本のケースでは杭1本に比較し、強制変位、作用荷重レベルは大きくなり、杭間の圧縮ゾーンの耐力が大きいことを示している。また、杭1本のケースに比較し、低荷重レベルにおいても受圧面が広くなり境界全体をカバーするので、杭への作用荷重が大きくなる。逆に、杭本数が減り、杭間隔が広がると杭1本の受圧面は限定されるので、圧縮ゾーン以外の領域とのせん断破壊を生じる可能性が高くなることを示している。

5. おわりに 今後、実現象との比較を行い、最適な要素配置や要素サイズの検討を実施し、実用的なDEMの利用を考えていく予定である。なお、計算はSUN4/330を用い、CPU 時間は各ケース2100要素・100000ステップの計算で約96時間であった。

参考文献

- 1) 木山・藤村：カンドルの離散要素法を用いた岩質粒状体の重力流動の解析，土木学会論文報告集，第333号，1983.
- 2) 舩谷・増田：倒別要素法による落石用クッション材の衝撃特性，構造工学における数値解析法シンポジウム第14巻，1990.
- 3) ITASCA Consulting Group, Inc.: Universal Distinct Element Code (Version ICG1.7), 1989.

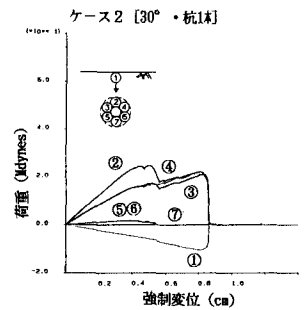
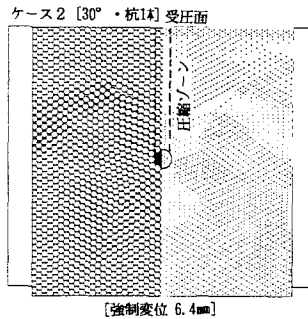
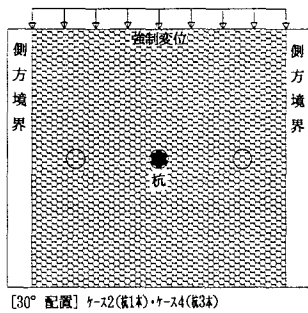
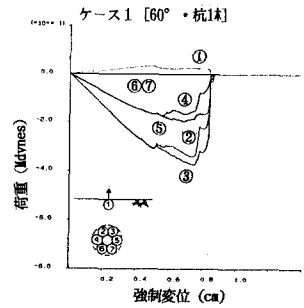
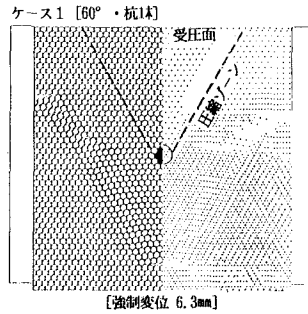
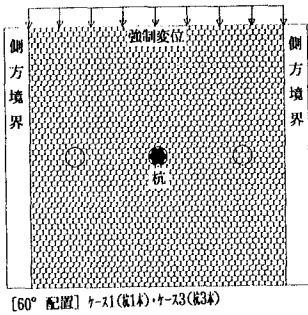


図-1 解析モデル

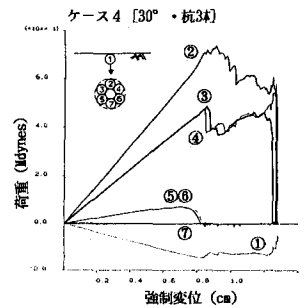
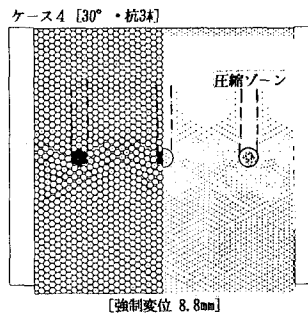
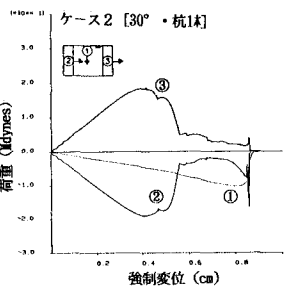
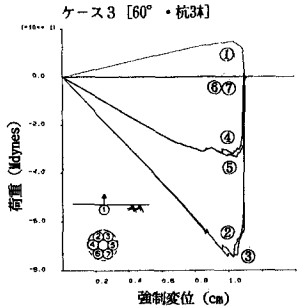
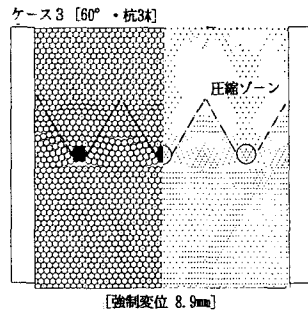
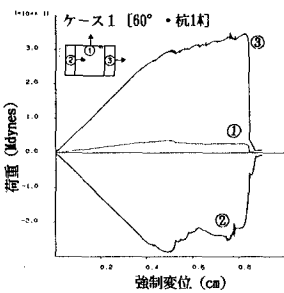


図-4 側方境界への作用荷重

図-2 要素位置および接触状態

図-3 杭への作用荷重