

個別要素法による斜面の崩壊解析

近畿大学理工学部	正会員	久武 勝保
近畿大学理工学部	正会員	中野 坦
(株)地崎工業	正会員	村上 敏夫
近畿大学大学院	学生会員	○久保 敏治

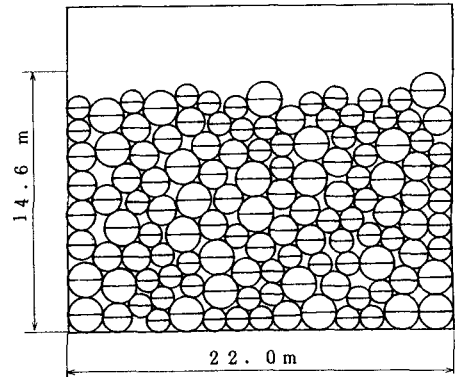
1. 結論

地盤の挙動解析手法として、有限要素法 (FEM)、境界要素法 (BEM) などの地盤を連続体と考える解析法がある。これらの手法は、地盤が破壊に至るまでの解析には十分対応し得るが、破壊後の非連続体としての解析には困難が伴う。他の手法として、地盤を土砂や岩石といった個々の非連続な要素からなる非連続体と考える解析法の個別要素法 (Distinct Element Method: DEM) がある。この手法では、非連続体としての破壊の経過を連続的に解析することができる。

そこで本研究では、要素間に粘着力を導入した改良DEM^{1), 2)}を用いて、掘削・強度低下に伴う斜面挙動の2次元解析を行い、連続体挙動からすべり面発生・崩壊といった非連続体挙動に至るまでの過程を追ってみた。

2. 解析手法

要素を乱数発生により配置し、自由落下後に上部から壁で圧縮し、パッキングを行う。その際、粘着力 c を導入し、図-1のような初期モデルを作成する。初期モデルをある角度で切り取り、不要な部分の要素を消去することで斜面を作成する (図-2 a)。斜面作成時には掘削部分を幾層か水平に分け、上層部左より右にかけて掘削を行い、掘削終了後次層に移る。掘削により応力状態が変化するので、地盤が安定するまでモデルを放置しておく。次に、こうして安定させた斜面モデルの粘着力を徐々に低下させた解析を行う。



($c_0 = 1.0 \times 10^7$ gr/(cm·sec²), 摩擦角 $\phi = 0^\circ$)

図-1 初期モデル ($t = 0$ s)

3. 解析結果

掘削は3層に分けて行い、各層掘削終了後、しばらく ($\Delta t = 0.2$ s) 放置して最終的に高さ 7.3 m、傾斜角 50 度の斜面を作成した。

掘削終了直後 ($t = 0.55$ s) における各要素の速度分布を図-2 bに示す。この図に見られるように、掘削により自由になった要素に動きが現れている。このことより、応力解放によって生じる要素の挙動、及び影響の受ける範囲をつかむことができた。

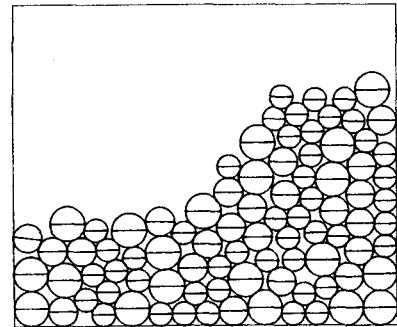


図-2 a 斜面の解析モデル ($t = 0.55$ s)

斜面作成後応力解放によって影響を受けた要素は徐々に落ち着きを取り戻して、 $t = 1.1 \text{ s}$ で斜面は安定し、連続体としての特性を保持している。また、圧縮によるパッキングを行わない場合には掘削により要素が動き、非連続体挙動を示す結果を得た。

斜面が完全に安定してから ($t = 1.35 \text{ s}$)、粘着力 c の低下を順次行った。初めの段階 ($c = 0.3 c_0$) では、何ら変化がみられず、安定を保っていた。次に $c = 0.09 c_0$ まで低下させると斜面先の要素に動きが現れたが、その後 ($\Delta t = 1.0 \text{ s}$)、安定状態を取り戻した。更に c を低下させると、 $c = 0.03 c_0$ の時 ($t = 2.85 \text{ s}$) すべり面が発生し、崩壊が始まった。

図-3 a、b に $t = 3.85 \text{ s}$ における斜面解析モデルと変位ベクトルを示す。なお、変位ベクトルは各要素の掘削前の位置座標と現時点での位置座標をベクトルとして表したものである。図-3 b では、斜面の右上から左下に向かって要素の挙動が明確に分かれている部分が見られ、この面がすべり面であると言える。

その後、斜面はすべり面より上方の要素を一塊として崩壊に至った。

4. 結論

- 1) 速度分布から、掘削に伴う応力解放によって影響を受ける範囲を表すことができた。
- 2) 変位ベクトルを用いることにより、斜面内部の崩壊挙動の発達状況をとらえることができ、またすべり面の位置を明確に表すことができた。
- 3) 個別要素法によって、当初連続体挙動を示していた斜面にすべり面が発生し、それが崩壊して非連続体挙動を呈するまでの解析を連続的に行うことができた。

参考文献

- 1) 久武勝保、村上敏夫：個別要素法の地盤工学適用に関する二、三の考察、日本応用地質学会研究発表会、pp.105-108、1990.6
- 2) 久武勝保、村上敏夫：粘着力を考慮した個別要素法の開発、土木学会第45回年次学術講演会概要集、Ⅲ部門、pp.902-903、1990

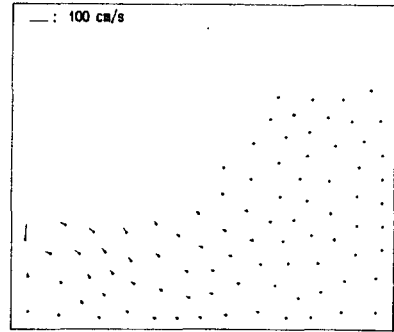


図-2 b 速度分布 ($t = 0.55 \text{ s}$)

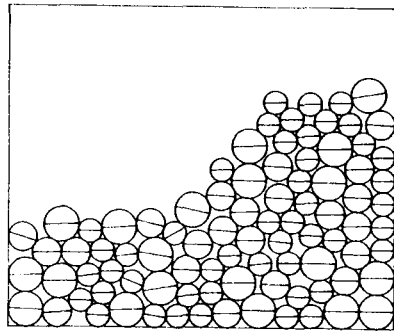


図-3 a 解析モデル ($t = 3.85 \text{ s}$)

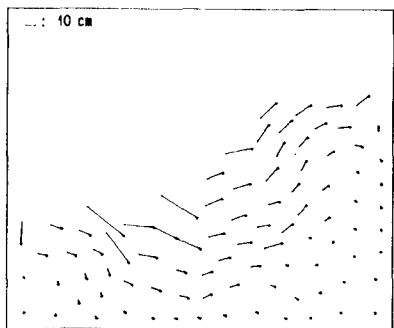


図-3 b 変位ベクトル ($t = 3.85 \text{ s}$)