

個別要素法による岩盤斜面の3次元崩壊シミュレーション解析

関西大学大学院 学生会員 ○大槻 敏
 関西大学工学部 フェロー 楠見 晴重

1. 緒言

我が国の岩盤斜面は、厳しい自然条件の中で、常に不安定になる環境下にある。また、岩盤の複雑な挙動を把握するため、幾つかの優れた不連続体の数値解析手法が開発されてきたが、岩盤の挙動を正確にシミュレートできる有効な手段を得るには至っていない。これは、岩盤中には節理や断層などの亀裂が多数存在し、分離した岩塊の集合体として取り扱わなければならない挙動を示すことが多いことなどの理由が挙げられる。本研究では、ボンディング力¹⁾を導入した個別要素法を用いて岩盤斜面の3次元崩壊シミュレーション解析を行なった。これによって、連続体から不連続体へ移行する挙動に対して適用可能となり、また解析中にボンディング力が破断した箇所において、亀裂が進展したと考えることができる。この解析手法を用いることによって、斜面の崩壊メカニズムについての研究を行なった。

2. 解析手法

2.1 個別要素法

個別要素法とは、岩盤や地盤といった不連続体を微小な粒子の集合体として、その動学的挙動を捉えることが可能な解析手法である。つまり、個々の粒子間には仮想のばねが配置され、その作用力から加速度、速度、変位を算出し粒子の挙動を追跡する解析手法である。図-1に、粒子モデルの微視的な関係を示す。本解析手法では、ばね定数を接触距離(Δn)に乗ずることによって、粒子間の反発力を算出している。

2.2 ボンディング力

岩盤のような固体に対して粒状体のモデルを適用する場合、粒子間に作用する力は反発力のみではない。そこで、本研究ではボンディング力を導入することにより、引張力を表現した。

図-2に示すように、 r_{b1} と r_{b2} の2種類のボンディング半径を定義する。 r_{b1} は引張力が降伏に至る距離、 r_{b2} はボンディングが破断する距離を示している(図-3)。以

上のように定義された反発力およびボンディング力は、次のように定式化できる。

$$F_{ij} = \begin{cases} K \cdot \Delta n & (D < r(i)) \\ K \cdot (D - r(i)) & (r(i) < D \leq r_{b1}) \\ K \cdot (r_{b2} - D) & (r_{b1} < D \leq r_{b2}) \\ 0 & (D > r_{b2}) \end{cases} \quad (1)$$

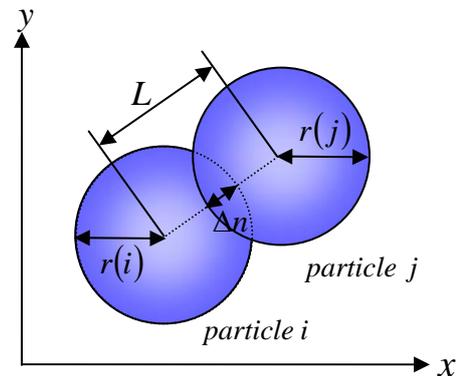


図-1 微視的な粒子の関係

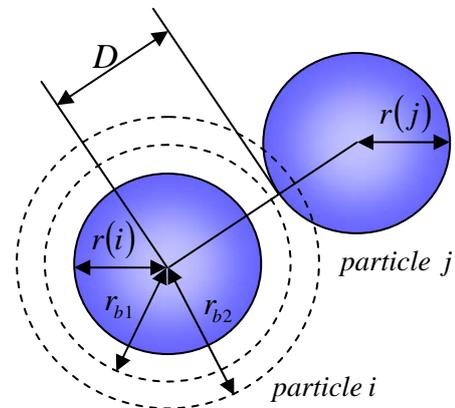


図-2 ボンディング力の作用領域

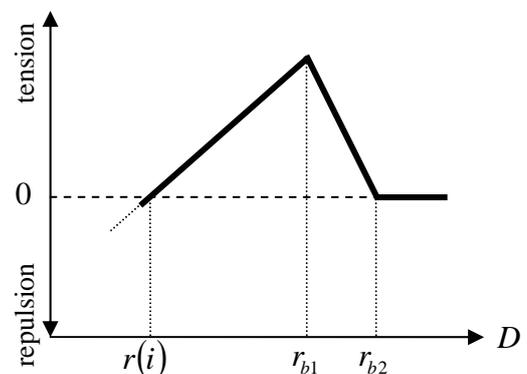


図-3 粒子間作用力

キーワード 個別要素法, シミュレーション, 岩盤斜面, ボンディング力

連絡先 〒564-8680 吹田市山手町3丁目3番35号 関西大学工学部地盤システム工学研究室 TEL 06-6368-0837



図-4 崩壊状況（平成16年1月15日撮影）

3. 解析対象とした斜面崩壊

本研究では、平成16年1月13日午後10時25分頃に北海道幌泉郡えりも町庶野で発生した大規模な岩盤斜面崩壊を取り上げた。崩壊規模は、斜面高さ約100m、斜面長約120m、最大幅約90m、最大崩壊厚さ約17m、崩壊土量は約42,000m³である（図-4）。また、その直前には2回の小崩壊が確認されており、図中の○印は小崩壊箇所を示している。

4. 解析結果

4.1 変位分布

図-5に代表断面における変位分布を示す。ここでの代表断面とは、崩壊岩体の重心を含む断面を意味する。また図中の赤色・黄色の線は実現現象および解析から得られた崩壊面を示している。実現現象と解析で得られた崩壊面を比較すると、標高70m以下では非常に一致している。しかし標高が高くなるにつれて、解析における崩壊は浅い箇所で行われる結果となった。

さらに図-6に解析モデル全体の変位分布を示す。初期段階で実現現象と同じく、小規模な崩壊岩体の変位を確認することができる（えりも側）。その後、斜面中央部において大規模な崩壊岩体の変位がみられた。

4.2 亀裂進展

図-7に崩壊面における亀裂の進展状況を示す。これは崩壊面付近に位置する粒子のみを抽出しており、初期状態における赤色粒子は地質調査から明らかになった連続性の良い亀裂の位置に該当するものである。この赤色粒子のボンディング力は、解析開始時に取り外し、これを亀裂とみなすことにした。また、青色粒子は解析時にボンディング力が破断した粒子であり、亀裂の進展とみなすことができる。

5. まとめと今後の課題

本研究は、個別要素法を用いて岩盤斜面崩壊のシミュレーション解析を行なったものである。実現現象に近い崩壊挙動を再現することができ、また亀裂進展の可

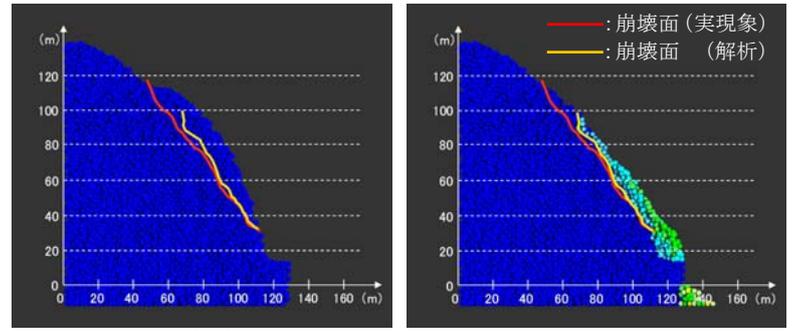


図-5 代表断面における変位分布

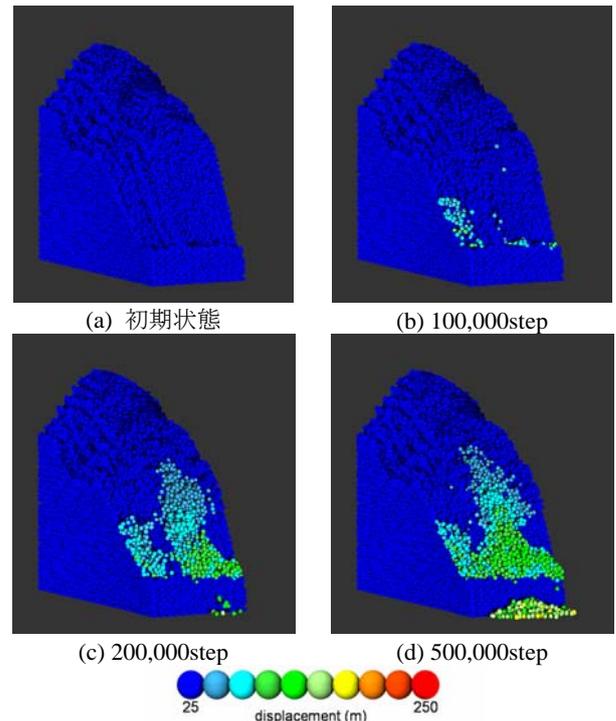


図-6 変位分布

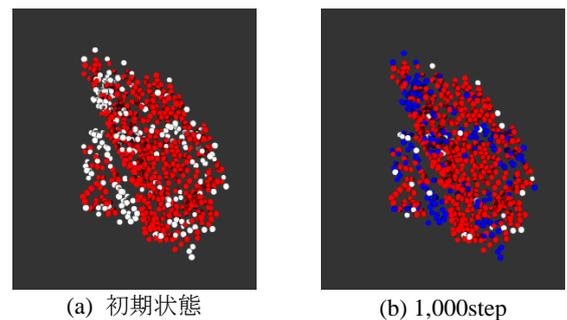


図-7 崩壊面における亀裂進展

視化に一定の成果があったと考える。今後、入力パラメータの妥当性の検討及びより明確な亀裂進展の可視化を行なう必要がある。最後に本研究は、関西大学大学院工学研究科高度化推進研究費の補助を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) F.Donze, P.Mora and S.Magnier : Numerical simulation of faults and shear zones, Geophys.J.Int. Vol.116, pp.46-52, 1979.