

個別要素法による岩盤不連続面のせん断過程に関するシミュレーション解析

関西大学大学院 学生員 辰巳 新太郎
 関西大学工学部 正会員 楠見 晴重

応用地質(株) 正会員 杉野 友通
 京都大学大学院 正会員 松岡 俊文

1. はじめに

従来、岩盤不連続面のせん断挙動に対して実験的手法から様々な考察がなされている。しかし、実験によるせん断前後における岩盤不連続面の破壊状況を評価することは可能であるが、せん断過程途中に起こる不連続面の変形状況、内部の応力状況を観察することは不可能である。そこで本研究では、JRC 標準断面を有する不連続岩盤のせん断挙動について、個別要素法を用いてシミュレーション解析を行い、せん断時の不連続岩盤に対するその有用性について検討した。

2. 解析概要

2.1. 個別要素法

個別要素法では、シミュレーション対象を粒子の集合体と考え、各粒子に運動方程式を立てる。各粒子間には仮想ばねが設定されており、粒子間の距離が変化することでフックの法則から復元力が生じる。この運動方程式を解くことで各粒子の挙動を追跡し、集合体全体の力学的挙動を把握する手法である。ただし、本研究では岩盤を対象としているため、距離に比例したボンディング力（引張力）を定義している。¹⁾

2.2. パッキング方法

本研究では、一般材料の媒質に近く破壊を良く表現できるランダム径粒子を用いて供試体モデルを作成した。粒子の下方にレーザープロファイラーを用いて計測された JRC 標準断面形状となる境界面を作成し、各粒子に重力加速を与えて落下させ、その後モデル端面を形成するため一定応力となるように締め固めた。このようにして作成された JRC 供試体モデルを用いてシミュレーションを行う。

3. 解析結果

3.1. 供試体モデルのせん断挙動

図-1 に JRC 供試体 (JRC=11) のせん断解析におけるモデルの挙動を示す。図のように、アスペリティー角の高い面に沿って乗り上がりが発生していることがわかる。また、せん断過程における供試体モデルでは、接触部分が 2 箇所程度に限定されている。これより、一般的な不連続面においてもせん断過程での接触部分は限られており、接触した一部のアスペリティーのみがせん断応力を発揮していると考えられる。



図-1 せん断解析(JRC=11)

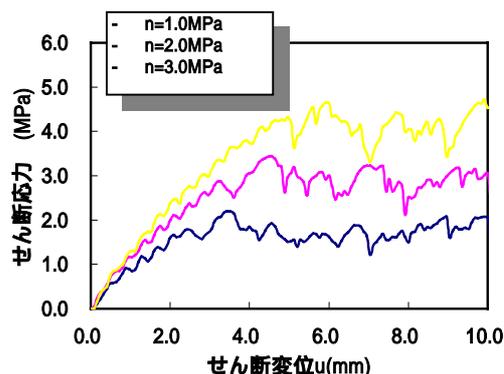


図-2 解析によるせん断応力-せん断変位

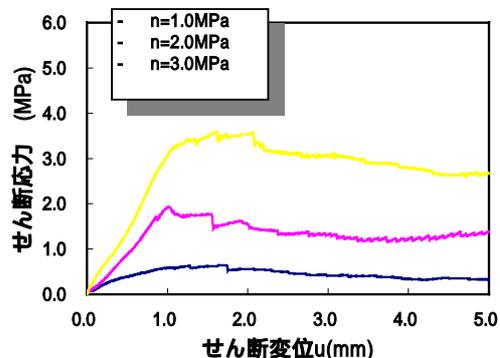


図-3 実験によるせん断応力-せん断変位

キーワード 個別要素法、せん断、不連続面、シミュレーション

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学 TEL06-6368-0837(6507)

3.2. せん断応力

図-2、図-3 に JRC 供試体の解析結果と実験結果から得られたせん断応力-せん断変位曲線を示す。実験結果ではピーク応力の後、若干の応力減少が確認できる。これは、アスペリティー角の高いラフネスが破壊することにより生じたと考えられる。しかし、シミュレーション解析においては、供試体モデルの破壊が表現できなかつたため、明確なピークの発生やピーク応力後の応力減少は認められなかつた。

3.3. 内部応力分布

図-4～図-6 に解析によるせん断過程における内部応力の分布図を示す。図-4 に示す JRC が比較的小さな(JRC=3)供試体モデルでは、アスペリティーの有する角度が比較的小さなものが多い。このため、せん断過程において複数のアスペリティーがせん断応力を発揮していることがわかる。図-5 に示す JRC が比較的大きい(JRC=15)供試体モデルでは、アスペリティー角の大きなラフネスに応力が集中することがわかる。このため、せん断挙動のメカニズムに対して、このアスペリティー角の大きいラフネスの影響が大きいと考えられる。図-6 に示す起伏に富んだ複雑なラフネス形状を有する(JRC=19)供試体モデルでは、アスペリティー角の高いラフネスが多数存在する。このため、各所で大きな応力が発生しているのがわかる。

3.4. 破壊形状

図-7 に JRC 供試体モデルの解析結果から得られた内部応力の分布状況と、実験結果から得られたセメント供試体の破壊状況を示す。先ほど述べたように、内部応力についてはアスペリティー角の大きなラフネスに応力が集中することがわかる。さらに、内部応力の分布状況を実験による破壊状況と比較すると、高い応力の発生箇所と破壊箇所がほぼ一致していることがわかる。これより、せん断過程における内部応力分布を明瞭に表現し、実験結果との比較から本解析の妥当性が示せたものと考えられる。

4. まとめ

- (1) シミュレーション解析により、せん断過程における供試体の挙動を把握することが可能となった。
- (2) せん断過程における内部応力分布は、アスペリティー角が大きいラフネスに集中することがわかった。
- (3) せん断過程における内部応力の集中箇所が、実験による破壊状況とよく一致することが確認できた。

参考文献

- 1) 杉野友通、楠見晴重、芦田譲：平成 13 年度土木学会関西支部年次学術講演概要集， -40,2001

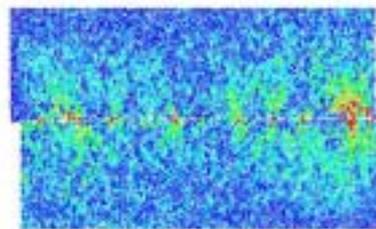


図-4 内部応力分布(JRC=3)

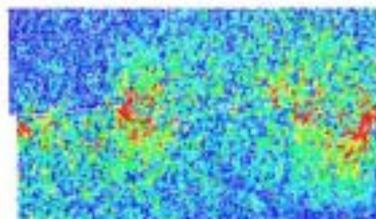


図-5 内部応力分布(JRC=15)

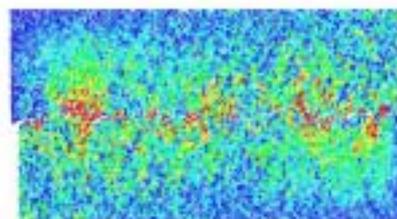


図-6 内部応力分布(JRC=19)

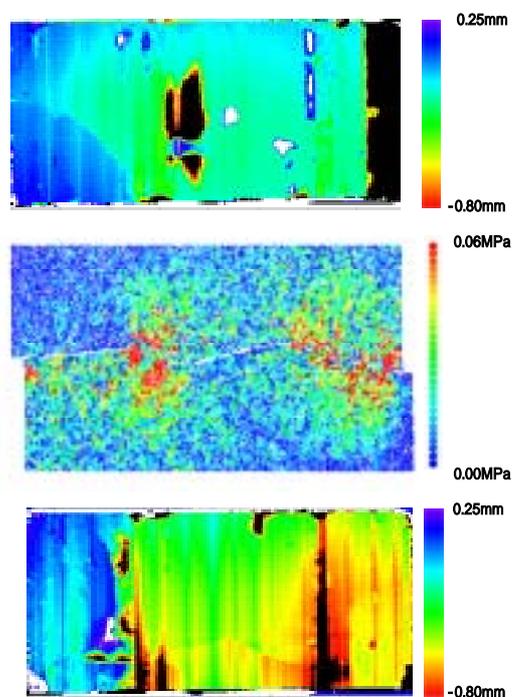


図-7 内部応力分布と破壊形状