

不連続面情報に基づいた岩盤斜面の岩塊ブロックサイズの評価方法の試案

電力中央研究所 正会員 ○岡田 哲実
電力中央研究所 正会員 吉田 泰基
構造計画研究所 正会員 三橋 祐太

1. はじめに

従来、原子力発電所周辺の岩盤斜面の耐震性については十分な裕度があり、破壊しないことを確認するための等価線形解析による動的解析とその解析結果に基づくすべり安全率により評価されてきた。しかしながら、基準地震動の巨大化や設計を超えた地震のリスク評価に対応するため、地盤の破壊箇所や変形量を評価できる時刻歴非線形解析¹⁾や、さらには破壊した後の斜面の崩落挙動を評価できる不連続体解析²⁾の開発・実用化が進められている(図1)。ここで、解析手法および計算機の限界から、連続体解析である時刻歴非線形解析と不連続体解析は別途行う必要がある。不連続性岩盤斜面を対象とする場合、連続体解析では不連続面の多少は、力学物性値で間接的に評価されているが、不連続体解析ではこれを幾何学情報として定義しなければならない。実用的には、安全側の評価となるように岩盤は球や球を連結したものとするか、大きな多角形(概ね同じサイズ)と仮定する 경우가多いが、この仮定により、感覚的には実態とかけ離れたものになってしまう。そこで、本研究では、調査データに基づいて、不連続体解析の幾何学情報(岩塊のブロックサイズ)を設定する方法を提案する。

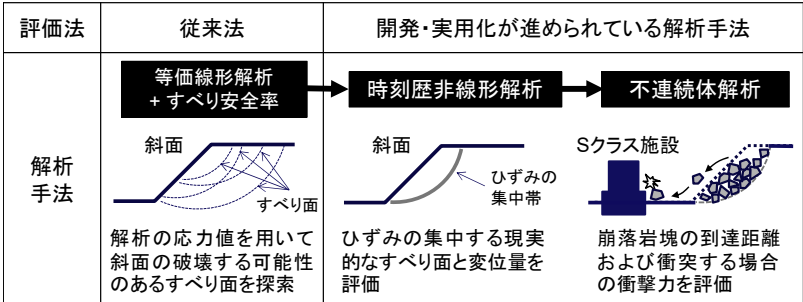


図1 斜面の耐震性評価の高度化の取り組み

2. 既往の岩塊ブロックサイズの指標

岩盤力学において不連続面の調査は重要な調査項目であり、ISRMによれば不連続面に対して調査すべき10項目があり、その1項目としてブロックサイズが規定されている³⁾。代表例としてBlock size index(I_b), Volumetric joint count (J_v), Block volume (V_b) 等が定義と共に示されている。日本では、これらの指標を目にすることは少なく、ボーリング柱状図に表示されるRQD(コア1m当たりに対する0.1m以上の健全なコア長の合計の比)が不連続面の量を表す指標として用いられることが多い。Palmstorm⁴⁾は、 J_v , V_b , RQD等を解析データや実データに基づき関連付ける相関式を提案しており、検証を行う必要はあるが、この相関式を用いればRQDから平均的なブロックサイズを評価することは可能である。

その一方、日本では不連続面の調査はJGS2821「岩盤不連続面分布の幾何学的情報に関する調査方法」のスキャンライン法やウィンドウ法により、不連続面の位置、方向、トレース長等の不連続面情報を詳細に調査する事も多い。可能であれば、この情報を有効活用し、平均的なブロックサイズのみならず、その分布や形状についても評価できると解析手法の高度化に役立つことから、以下の方法を提案する。

3. 岩塊ブロックサイズの評価方法の提案

JGS2821により調査した不連続面情報を仮想の三次元空間に配置する。この方法については、岩盤の寸法効果に関する研究⁵⁾で採用した方法を用いる。これにより、三次元空間に配置した不連続面の情報から二次元断面上への不連続面情報の作図が完了する。次に、ブロックサイズの算出に移る。

キーワード 原子力発電所, 斜面, 岩塊, 不連続体解析, ブロックサイズ
連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (一財)電力中央研究所 地球工学研究所 地震工学領域

今、二次元断面の 1.0×1.0 の領域に1つ不連続面が存在する場合を考える。対象領域を $N \times N$ の要素に分割し、不連続面が含まれる要素を指定する（図2）。要素数 N を小さくすれば、この要素を直線と認識することができる。次に、この要素（直線）で囲まれる閉じた領域をブロックとして色分けする。色分けした領域の要素数を数えることで面積が求まる。例として、 $N=1000$ で50本の長さ L （ $0 \leq L \leq 1$ ）の直線をランダムに配置し、次にブロックを色分けした（図3）。同様の条件で計10ケースを実施した（図4）。これらの結果から求まるブロックの面積の加積曲線を図5に示す。今回は限られた条件の試解析のため、ばらつきが大きい結果となったが、この方法により、調査した不連続面情報からブロックサイズの分布を評価できそうである。

ただし、今回の解析では初期条件の不連続面情報を用いており、斜面の崩壊時には不連続面が伸長することもあると考えられる。よって、ブロックサイズをやや大きめに評価した結果となるであろう。また、領域の外側端部については誤差を多く含むことになる。前者については、不連続面の伸長の条件を設定することにより、後者については、周期境界等を用いることにより改善が可能と考えられる。

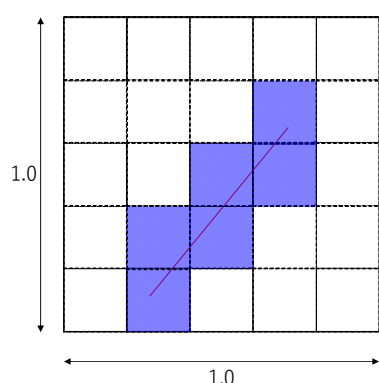


図2 分割要素の中に線を配置

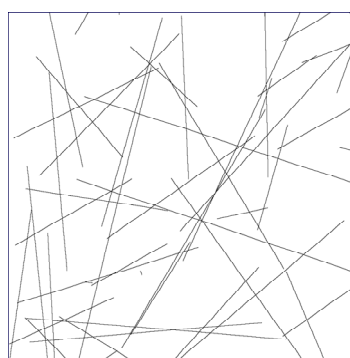


図3 ブロックの評価結果の一例 (No.0)

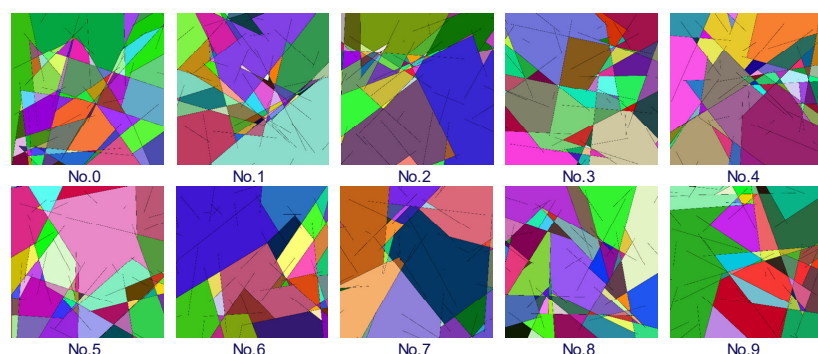
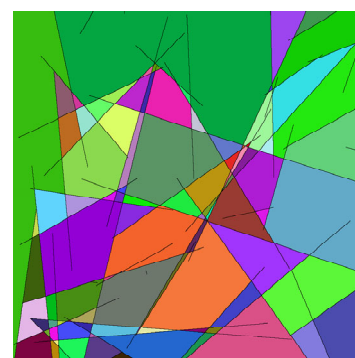


図4 計10ケース実施したブロックサイズ評価

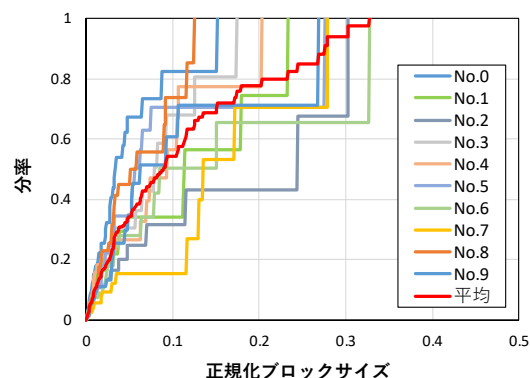


図5 ブロックサイズの加積曲線

4. おわりに

不連続面の調査データに基づいて、岩塊ブロックサイズの分布を評価する方法を提案した。今後は、実データを元に改良を加えながら、本評価方法を確立していく予定である。

参考文献

- 例えば, Ishimaru ほか: Nonlinear Analysis Method for Evaluating the Seismic Stability of Rock Slopes Considering Progressive Failure, Journal of Earthquake and Tsunami, Vol. 12, No. 4, Paper No. 1841008, pp. 1-16, 2018.
- 例えば, 中瀬ほか: 個別要素法による原子力発電所周辺の地震起因性斜面崩落挙動のモデル化と適用性, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 71, No. 4 (地震工学論文集第34巻), I_476-I_492, 2015.
- Brown 編: Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods, 1981.
- 例えば, Plamstorm: Measurements of Correlations between Block Size and Rock Quality Designation (RQD), Tunnels and Underground Space Technology 20, pp.362-377, 2005.
- 岡田ほか: 不連続性岩盤の寸法効果を考慮した引張り強さの解析的評価方法に関する一提案, 第13回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, 2013.