

亀裂性岩盤斜面の崩壊調査とDEM解析

(株)エイトコンサルタント 正○谷口洋二 鳥取大学工学部 正 藤村 尚
(株)エイトコンサルタント 正 斎藤孝次 鳥取大学工学部 正 西村 強

1. はじめに

亀裂の発達した岩盤斜面の安定検討、特に地震時の挙動予測を行う場合、一般的な手法は確立されていない。本論文は、ボアホールTV等による不連続面の調査と数値解析（個別要素法DEM）により地震時の岩盤斜面の崩壊予測を行ったものである。対象斜面は交通量の非常に多い国道に面した採石場の跡地であり、斜面上部には重要な公共施設が位置している。この岩盤斜面は、古くから小規模な落石が生じており、昨年には、地震（震度3）と台風が原因とみられる小規模な崩落が発生している。

2. 岩盤斜面の地質機構と不連続面解析

岩盤斜面は、図-1 地質断面図に示すように花崗岩体中に高角度でひん岩脈が貫入している。岩質は、ひん岩脈上位の花崗岩は風化が進行し軟質化しているのに対し、ひん岩脈下位の岩体は開口亀裂の発達した硬質岩である。ボアホールTV観測による割れ目分布を図-2に示す。これによると、岩盤斜面側のBP3は開口幅1mm以上の割れ目（最大64mm）が全区間に存在している。一方、BP4の開口割れ目は4本である。図-3は、急崖部の顕著な割れ目や岩盤面を直接計測し、シュミットネットに投影した地表部の不連続面の走向傾斜である。図-4には、ボアホールTV解析によるボーリング孔内の不連続面の走向傾斜を示す。

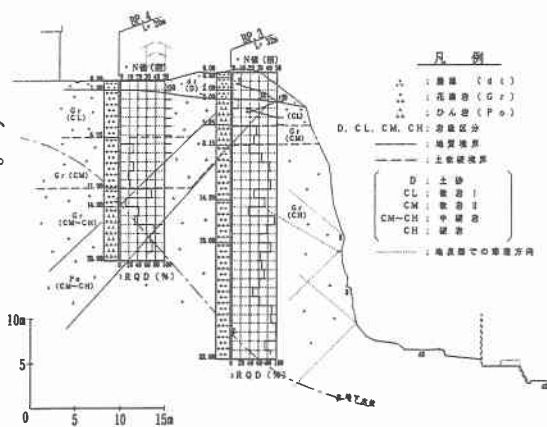


図-1 地質断面図

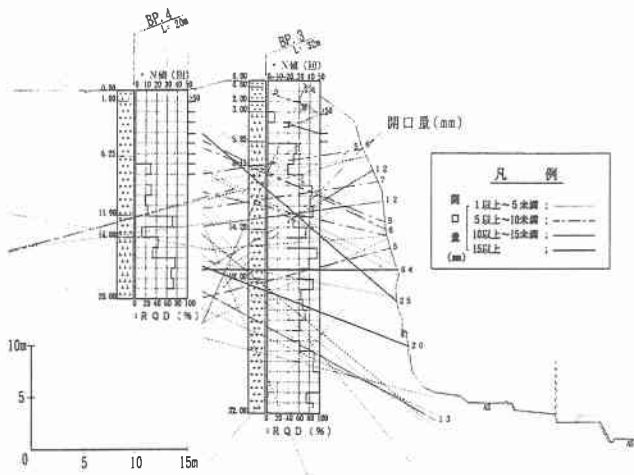


図-2 開口割れ目分布図

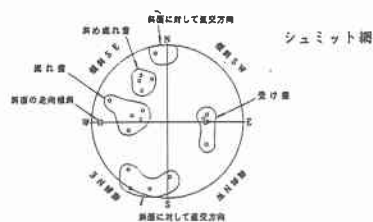


図-3 露頭部の割れ目

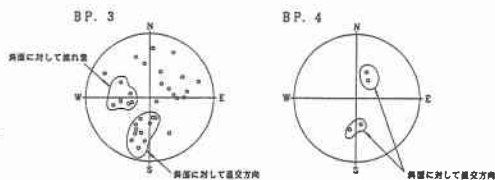


図-4 孔内の不連続面（開口亀裂）

図-3によると、地表面の不連続面の特徴は、急崖斜面に対して流れ盤のゾーンとその共役方向の受け盤のゾーンが顕著であること、斜面の走向に対して直交する割れ目や岩脈が見られることである。ボーリング孔内の不連続面は、BP3では地表部での計測結果と類似した傾向を示しているが、BP4では流れ盤状の

開口割れ目が見あたらぬ。割れ目の特徴は、割れ目間に充填物が無い、急崖部に近いゾーン（ひん岩下位の岩体）での割れ目の発達が顕著、等である。このことから、割れ目は比較的新しい時期に開口したものと思われる。割れ目は、ひん岩貫入時に強い応力を受け形成され、その後、採石時の応力開放や地震等による岩盤変形等によって助長され開口したと考えられる。そして、その岩盤変形は、ひん岩脈と花崗岩体の境界部（不連続面）で制限されているものと思われる。

3. 個別要素法（DEM）解析による崩壊形態予測

解析モデル作成時の要点は、①モデルを単純化する ②ボアホールTVによる開口割れ目分布図より割れ目を抽出する ③現地踏査により、不安定岩盤領域を判断する ④ひん岩脈と花崗岩体の不連続面を崩壊領域の主な境界とする ⑤地表部の顕著なクラックを採用する等とした。不連続面の力学定数は、割れ目の開口度や充填物の有無、その性状等により異なるため、その設定は非常に難しい。そして、解析結果を左右する最も重要な要素は不連続面で区切られたブロックモデルの形状や配列にである。これらのことから、今回の解析では次のような強度定数を設定し、ブロック体が地震時の慣性力によりどのように挙動するかを調査した。設定した力学定数は次のとおりである。

垂直剛性 1000tf/m, 接線剛性 250tf/m, 内部摩擦角 40° , 粘着力 なし

個別要素法の解析結果を図-5に示す。

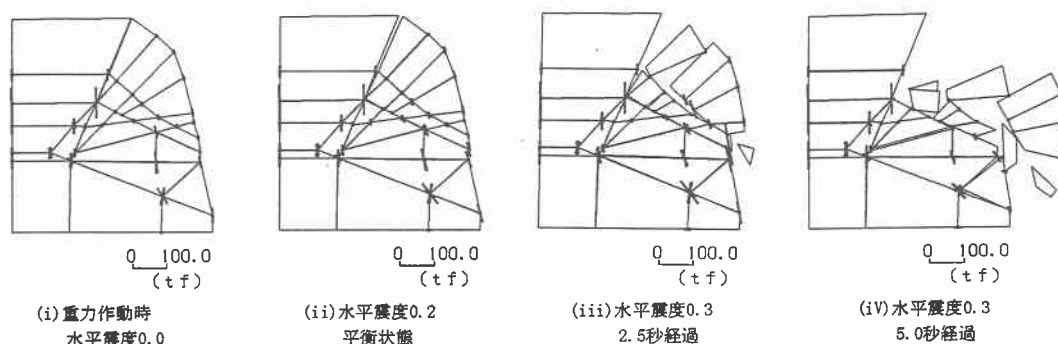


図-5 DEM解析による崩壊予測結果

図-5によると、水平震度が増すにつれて不連続面が開口していき、ついにはブロックが分離し岩盤崩壊が発生する過程がよくわかる。水平震度0.2までは不連続面が開口し、変位が増大しているが、大きな崩壊は発生していない。水平震度が0.2を越えると、岩盤が流れ盤の不連続面沿いにすべり落ちるように崩壊している。そして、このすべり落ちる過程においては、各ブロックがトップリング的な回転運動を示していることが伺える。このため、崩壊頭部は引張り領域となり、不連続面が開口し、摩擦が発生しない構造となる。

以上のことから、岩盤崩壊は次のような過程で発生すると想定される。

①開口節理発生過程 ②落石崩壊発生過程 ③トップリングの発生と、それに伴う崩壊（小～中規模）の過程 ④岩盤の平面すべりによる大崩壊（但し、③と④はほぼ同時に発生する可能性がある）

4. まとめ

今回のDEM解析による崩壊予測では、不連続面の性状（強度特性、方向、ブロック形状など）を簡易な調査から決定したものであって、各水平震度における崩壊形態は水平震度の数値と対応したものではない。しかしながら、崩壊の過程とその形態は、数値実験的に予測ができたと考えられ、この結果を岩盤斜面の地震対策設計に利用することが可能と考える。