

個別要素法解析を用いた貯水池周辺における岩盤斜面の安定性評価

長崎大学大学院 学生員 ○田作祐輔 李 博 工学部 学生員 浜崎 純
 長崎大学工学部 フェロー会員 棚橋由彦 正会員 蔣 宇静
 九州電力(株)総合研究所 正会員 山下裕司 江藤芳武

1. 研究の背景と目的

近年、自然災害により岩盤斜面の崩壊が頻発している。また、崩壊が危惧される岩盤斜面は全国的に多数存在しており、それらは主要道路や鉄道周辺、また、貯水池周辺などにも及んでいるため、安定性評価基準の策定が早急に必要であると考えられる。

岩盤斜面の変形・破壊挙動は岩盤内に含まれる不連続面に支配されると考えられる。また、風化・劣化作用によって新たに発生・進展した亀裂の挙動にも大きく依存すると考えられるため、岩盤中に存在する節理や断層などの不連続面の挙動をどのように評価するかが重要となる。そこで、本研究では不連続面の挙動と影響を表現できる個別要素法 (DEM) を用いて貯水池周辺の岩盤斜面の安定性評価を行うことを目的とする。

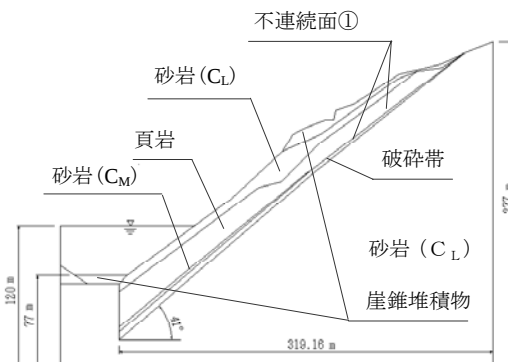


図-1 斜面断面図

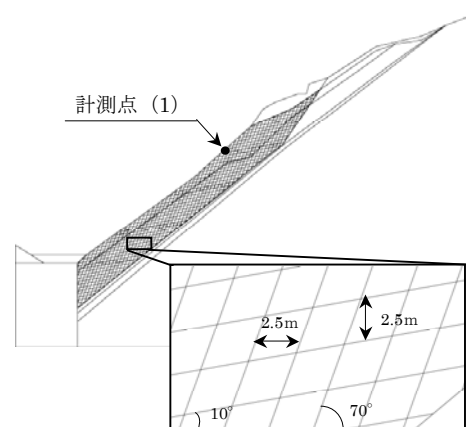


図-2 亀裂の分布モデル

2. 対象斜面の概要

本研究で対象とする斜面断面のモデルを図-1に示す。岩盤ブロックの種類は、斜面底部から、砂岩 C_H 、破碎帯、砂岩 C_M 、頁岩、砂岩 C_L 、崖錐堆積物である。また、図-1の貯水池の水位は170m (LWL) に設定してある。岩盤ブロックの物性値は、表-1に示す。不連続面の物性値は、破碎帯の上下の境界面を①、図-2に示してある頁岩部分の亀裂を②、その他の亀裂部分を③とし、それぞれ表-2に示す。また、砂岩(C_L)部分の亀裂は亀裂進展解析を行うための潜在面であるので、亀裂と判定された後、②の

3. 解析による安定性評価

3.1 解析手順

今回対象としている斜面では継続して変位が生じているが、その原因として劣化に伴う亀裂進展が考えられる。そのため、新規亀裂の発生、亀裂発生に伴う岩盤の劣化を考慮した亀裂進展解析¹⁾を行う。まず、事前に行った調査により頁岩部分に亀裂が多数発生していることが分かっているため、頁岩部分に予め亀裂を設計し、風化や劣化などを考慮して砂岩(C_L)部分の亀裂進展解析を行う。また、亀裂進展の影響を判断するため不連続面として岩種の違いによる境界面のみを考慮したモデル(モデル

表-1 岩盤ブロックの物性値

物性値	砂岩 C_L	砂岩 C_M	砂岩 C_H	頁岩	崖錐堆積物	破碎帯
単位体積重量 γ (kN/m ³)	24.3	24.8	26.5	26.6	18.0	19.0
粘着力 c (MPa)	1	1	1	1	1	1
内部摩擦角 ϕ (deg)	20.86	45	45	45	20	20
体積係数 K (MPa)	6400	13300	22100	5260	526	526
せん断係数 G (MPa)	7700	15300	26800	5600	560	560

表-2 各種不連続面の物性値

物性値	①	②	③
摩擦角度 (deg)	20	26	26
垂直剛性 K_n (MPa/m)	1.17×10^4	1.17×10^4	1.17×10^4
せん断剛性 K_s (MPa/m)	5.0×10^3	5.0×10^3	5.5×10^3

キーワード 個別要素法、進展解析、岩盤斜面、安定性評価、不連続面

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町 1-14 FAX: 095-819-2627 TEL: 095-819-2612

ル A)、頁岩にのみ亀裂を発生させたモデル(モデル B)の解析をあわせて行う。新規亀裂の進展解析では、潜在的に存在する亀裂をその発生が予測される位置に、その大きさの岩塊ブロックの境界面(潜在面)として予め定義しておく方法を用いている。定義した潜在面が亀裂と判定される条件として、Mohr-Coulomb の破壊規準に基づいたせん断による亀裂の発生条件を式(1)に、引張による発生条件を式(2)にそれぞれ示す。

$$f_s = (1 - \sin \phi) \sigma_1 - (1 + \sin \phi) \sigma_3 - 2c \cos \phi \quad (1)$$

$$f_t = \sigma_t - \sigma_3 \quad (2)$$

ここで、 f_s と f_t は破壊規準、 c と ϕ は岩石基質部の強度パラメータ、 σ_t は引張強度を表している。潜在面の定義域は、事前に行った自重のみを考慮した解析で塑性と評価された領域のみとする。その領域は、図-2 に示す亀裂部分の砂岩(C_L)側である。また、頁岩部分には潜在面ではなく最初から節理として存在している。潜在亀裂の分布は現位置の地質調査と事前解析を参考に図-2 に示すように水平に対して 10° 、 70° の傾きで、間隔は 2.5m と設定した。

3.2 解析結果と考察

解析結果として、図-3 に局所的崩壊状況を示す。これは、2,500,000 ステップの計算が終了した際に発生したもので、発生位置は、図-1 の斜面底部より 180m 程度で砂岩 (C_L) の表層部分に顕著に表れた。また、図中に示すようにすべり線が形成された。図-4 には、モデル A、モデル B、進展解析の各モデルの計測点 (1) における変位の絶対値の比較を示す。図-4 より、亀裂進展解析では、その他のモデルと同様に一定量の変位が発生した後、一旦変位が収束するが、その後変位が再び増加し、現場で観測された傾向とも一致した。このことから、新規亀裂の発生と進展が岩盤斜面の安定機構に顕著な影響を与えることが明らかにされた。

4. 解析と計測との比較

亀裂進展解析による結果と現場計測データと比較することによって解析 step を時間に変換した。つまり、計測点 (1) (傾斜計) における変位量と step の関係と現場における変位量と時間の関係とを比較すると (図-5)、本解析手法では、実際の変形挙動の経時変化を精度よく評価することができた。

5. 結論

本研究では、モデル A とモデル B による解析および亀裂進展解析を比較することにより、岩盤斜面の安定に対する新旧亀裂の影響を評価した。その結果、新規亀裂の進展を考慮することにより現場で計測した岩盤斜面の挙動を比較的精度よく再現することができた。また、すべり線によって崩壊の危険性の高い場所を特定することができたので、岩盤斜面の長期的維持管理に適用することが可能と考えられる。

参考文献

- 1) 中川光雄, 蔣 宇静: 亀裂発生・進展を考慮した拡張個別要素法の岩盤挙動解析への適用性について, 土木学会論文集, No.673/III-54, pp.101-110, 2001

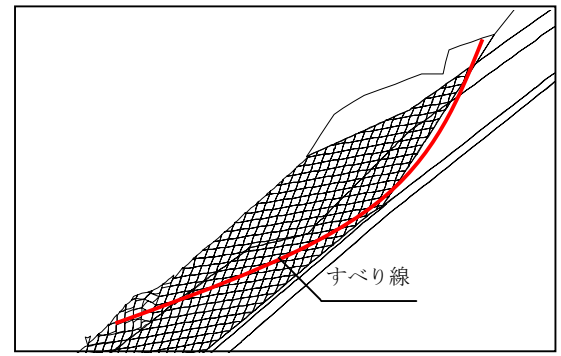


図-3 局所的崩壊状況

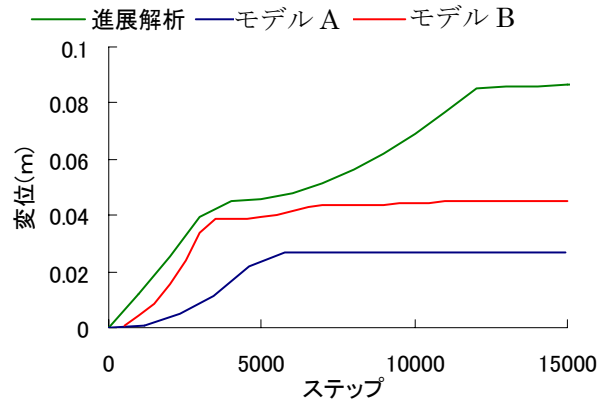


図-4 変位の比較 [計測点 (1)]

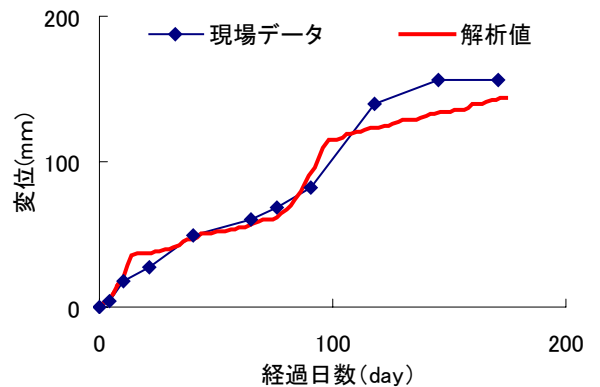


図-5 現場 (傾斜計) と解析の比較