## 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

長崎大学工学部 学生員 〇浜崎 純 長崎大学大学院 学生員 田作祐輔 長崎大学工学部 フェロー会員 棚橋由彦 長崎大学工学部 正会員 蒋 宇静 九州電力㈱ 正会員 山下裕司 九州電力㈱ 正会員 江藤芳武

#### 1. はじめに

近年、地震や台風による局地豪雨、梅雨期の記録的な長雨など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などにも及んでいるため、岩盤斜面の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、もとから存在する自然の不連続面の挙動のみならず、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。そこで、本研究では個別要素法(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。

### 2. 対象斜面

本研究で対象とするモデルを図 - 1 に示す。岩盤ブロックの種類は、斜面底部から、砂岩 $C_H$ 、破砕帯、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については、表 - 1 に示し、不連続面については、破砕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、砂岩( $C_L$ )部分の新規亀裂を②、その他の亀裂部分を③とし、物性値は表 - 2 に示す。また、頁岩内の亀裂の分布モデルは図 - 2 に示す。

# 3. 解析手法

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 を行う。<sup>1)</sup>

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 に予め亀裂を入れ、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、亀裂を考慮しな い(自重のみ)モデル、頁岩にのみ 亀裂を発生させたモデルの解析を あわせて行う。

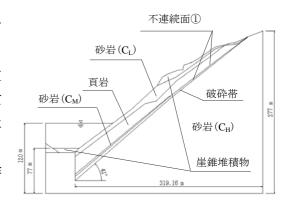


図-1 斜面断面図

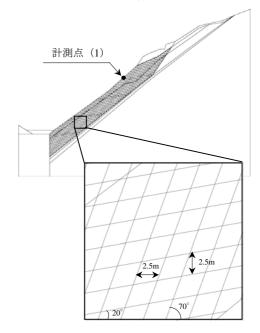


図-2 亀裂の分布モデル

表-1 岩盤ブロックの物性値

物性値	砂岩CL	砂岩Cм	砂岩Cн	頁岩	崖錐堆積物	破砕帯
単位体積重量γ (kgf/m³)	2430	2480	2650	2660	1800	1900
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)	25	26	28
垂直剛性K <sub>v</sub> (MPa/m)	$1.17 \times 10^4$	$1.17 \times 10^4$	$1.17 \times 10^4$
せん断剛性K <sub>s</sub> (MPa/m)	$5.0 \times 10^{3}$	$5.0 \times 10^{3}$	$5.5 \times 10^{3}$

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、引張による亀裂の発生条件を式(2)にそれぞれ示す。

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

$$f_t = \sigma_t - \sigma_3 \tag{2}$$

ここで、 $f_s$ 、 $f_s$ は破壊規準、c、 $\phi$ は岩石基質部の強度パラメータ、 $\sigma_s$ は引張強度を表している。

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なった領域のみとする。その領域については図 - 2 に示してある亀裂部分の砂岩( $C_L$ )側である。また、頁岩部分には潜在面ではなく最初から亀裂を発生させている。亀裂の分布は図 - 2 に示すように水平に対して  $20^\circ$ 、 $70^\circ$  の傾きで間隔は 2.5 mである。

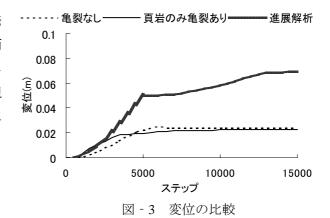
### 4. 解析結果と考察

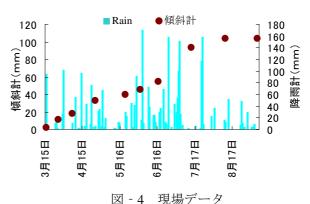
解析結果として、図-3 に亀裂なし、頁岩のみ亀裂あり、 進展解析の各モデルの計測点(1)における変位を示す。また、 図-4に計測点(1)の現場の変位と降雨量の計測データ、図 -5 に解析データと現場データの傾きを揃えた結果を、図-6 に解析終了後の新規亀裂の発生をそれぞれ示す。

図-3より頁岩にのみ亀裂を入れたモデルと亀裂を発生させないモデルによる解析では変位が収束したが、進展解析モデルでは変位が増加しつづけ、現場で観測された傾向とも一致している。また、図-5では、1日を500stepとして考えたが、今回の解析では降雨や地震などの条件を考慮していないため、50000step程度まで解析データと現場データがほぼ一致したが、その後は大きな差が生じる結果となった。

### 5. おわりに

本研究では、新規亀裂の進展解析を行い、岩盤斜面の劣化による影響を評価した。新規亀裂の進展を考慮することにより現場で計測した現象を再現することができた。また、図 - 4より降雨量が増加した後変位の急激な増加が見られたことから降雨が変位に与える影響は大きいと考えられる。今後は、降雨も考慮した連成解析を行い、より正確に現場の状態を再現していきたいと考えている。





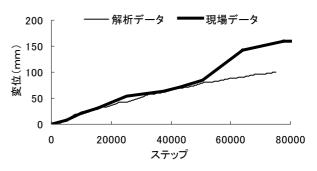


図-5 現場と解析の比較

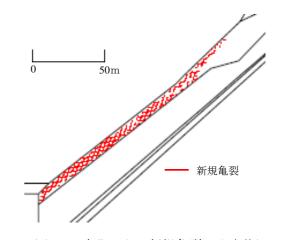


図-6 劣化による新規亀裂の発生状況

## 参考文献

- 1) 中川光雄, 蒋 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
- 2) 通商産業省資源エネルギー庁:斜面部の安定性診断マニュアル (案), 1996