拡張個別要素法を用いた不連続性岩盤内地下空洞の変形挙動の評価

長崎大学大学院	学生員()森尾真悟	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	長崎大学工学部	学生員	李博
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

不連続性岩盤内地下空洞や周辺地山の変形・破壊挙動の大部分は、 岩盤内に含まれる不連続面に大きく支配されると考えられる。また、 岩盤構造物の安定機構は施工前から存在する自然の不連続面の挙動 のみならず、掘削などの施工に起因して新たに発生・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、本研究では揚水発電所大規模地下空洞を対象として、既存(自然の)不連続面の挙動プロセスのみならず、せん断や引張による 岩盤基質部での新たな亀裂の発生および進展を表現できる拡張個別 要素法を用いて、不連続面や新規亀裂の発生および進展の影響を受けた空洞変形のメカニズムを解析的に評価・考察する。

2. 亀裂発生・進展解析モデル

2.1 想定地盤

本研究では、深部における比較的堅硬な岩盤地山中に位置する大 規模地下空洞を対象とし、断面形状は、幅24m、高さ48mの弾頭形で あり、空洞深度は425mに設定している。また、岩盤及び不連続面の 物性値を表-1 に示すが、これらは原位置試験と室内試験で求めた値 である。

2.2 既存不連続面と潜在面のモデル化1)

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。また潜在 面の定義領域は、事前に実施した弾塑性解析で得られた塑性 発生領域としており、潜在面の方向は空洞周辺の主応力分布

に基づいて決定している。本研究では、 既存不連続面(水平に対する傾きが 55°)を連続とし、間隔を2m,4mと変 化させ、また、分布高さを空洞全体と 空洞中部と変化させた解析ケースを 用いた(表-2)。これらのモデルの予備 解析を行い、塑性発生領域と主応力分 布を把握して、既存不連続面の間に千 鳥状に分布した潜在面を定義して、進 展解析用モデルを作成した。一例とし て、図-1 に潜在面を配置したモデル (case①,③)を示す。

表-1 解析用物性值

1	പ്	、毕般其哲ゴ	7
	a	1 石 渝 卒 貝 印	J

項目	単位	値
単位体積重量γ	kN/m ³	27.1
弾性係数 E	MPa	20000
ポアソン比 ν	-	0.23
粘着力 c	MPa	1.6
内部摩擦角 φ	deg.	60
引張強度 σ _t	MPa	0

(b) 不連続面

項目	単位	値
せん断剛性K _s	MPa /m	5.62×10^{3}
垂直剛性Kn	MPa /m	1.17×10^{4}
粘着力c _j	MPa	0
摩擦角 ∮ _j	deg	20
引張強度 σ _j	MPa	0

表-2 解析モデルにおける不連続面の分布

ケース	分布間隔(t)	分布幅(b)	分布高さ(h)
case(1)	$2 \mathrm{m}$	72m	$72 \mathrm{m}$
case2	4m	72m	72m
case3	4m	72m	49.8m



図-1 既存不連続面と潜在面の分布モデル

3. 解析結果と考察

解析結果として、図-2 に奥部基準点(壁面から 28m)に対す る空洞側壁部の相対変位量(図-1 に示す測線 1 と 2 に対応)を 示す。どちらの変位測線でも不連続面の間隔が狭いほど、ま た分布範囲(高さ)が大きいほど相対変位量が大きくなってい る。また、空洞の壁面に対して左側において不連続面の分布 が指し目構造を示すのに対して、右側においては流れ目構造 を示す。case①と case②を比べてみると、不連続面の分布間 隔が大きくなるにつれ、指し目側より流れ目側の方が変位の 減少量が大きくなる結果が得られた。また、case②と case③ の比較でも同様の結果が得られた。

図-3 に掘削完了時における新規亀裂の発生を示す。どのケ ースにおいても亀裂の発生箇所は、空洞側壁部から概ね空洞 幅に相当する距離の範囲内に収まっている。指し目側では不 連続面による空洞内空へのトップリング的変位が生じるため、 該当箇所において新規亀裂の発生が確認できる。流れ目側で は、不連続面によって区切られたブロックの空洞内空への滑 り込み破壊による変位が生じているため、case①や②の亀裂



発生箇所を見てみると空洞右下部に集中している。また、右側においても新たな亀裂の発生および進展の範囲は、 空洞壁面から空洞幅に相当する範囲内に収まることがわかった。



4. おわりに

本研究では、空洞掘削に伴う新たな亀裂の発生と進展を表現できる拡張個別要素法によって掘削シュミュレー ションを行うことで、周辺岩盤に発生する新たな亀裂やその進展、指し目や流れ目といった不連続面の賦存状態 による岩盤変形挙動への影響について考察することができた。今後は、実現場での不連続面の分布特徴を反映し、 詳細な空洞掘削解析と考察により、初期地質調査段階における着目点と合理的支保設計について検討していく。 参考文献

- 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) 永家健司,棚橋由彦,蒋 宇静他:個別要素法による大規模岩盤構造物の力学的挙動の評価,平成16年度土木学会西部支部 研究発表会講演概要集(CD-ROM),発表番号531,2004
- 3) 鶴田正治他:小丸川地下発電所の設計解析と情報化施工計画,電力土木, No.300, pp.114-118, 2002.