

地下発電所空洞掘削時の割れ目挙動の検討

(財)電力中央研究所 正会員 ○澤田 昌孝, 新 孝一
 九州電力(株) 正会員 山下 裕司, 江藤 芳武, 鶴田 正治
 東京大学 正会員 堀井 秀之
 香川大学 正会員 吉田 秀典

1. はじめに

割れ目を多く含む不連続性岩盤中に空洞を掘削する場合、その周辺岩盤の挙動は割れ目の挙動と強い相関がある。例えば、空洞掘削による応力解放とその後に生じる再配分によって新規の割れ目が発生するほか、新規ないしは既存の割れ目が開口やせん断すべりを生ずることが、岩盤の主たる変形成分となることが多い。本稿では、地下発電所空洞周辺岩盤を対象とし、BTV (Borehole Television)による割れ目の観察結果に基づき、割れ目の開口現象を考慮可能な数値解析手法を適用し、空洞掘削時挙動の特徴を考察した。

2. 発電所空洞掘削時の挙動

対象空洞は宮崎県に建設中の小丸川発電所の地下発電所空洞であり、幅 24.0m、高さ 48.1m、最大長さ 188.0m の弾頭型空洞である。空洞が位置する花崗閃緑岩の岩級区分は概ね CH 級であり、部分的に CM 級が存在する。岩盤の基質は一軸圧縮強度 170MPa 程度、小断層または節理の間隔が 5cm~50cm である。

調査坑やボーリング孔での割れ目調査の結果、NW/SW 系の割れ目が卓越することが分かった。掘削前の段階では不連続体解析により、この割れ目が流れ目となる放水路側においてより変形が大きく、不安定化すると予想されていた。

地中変位計によって観測された変位は、放水路側よりも水圧管路側の方が 2~3 倍程度大きく、全体的な変位量も予想を大きく上回る結果となった。

主計測断面において BTV 観察孔を設け(図-1)、掘削の進行に伴い、計 3 度の BTV 観察が実施された。

その結果、水圧管路側の AT-6 孔では、NW/SW 系に加えて、NE/SE 系および NE/急傾斜の割れ目への新たな集中が見られる。それに対して放水路側の AT-7 孔では、割れ目の分布に変化がなく、NW/SW 系のみが卓越する(図-2)。

3. 等価連続体モデル(MBC)による解析的検討

掘削挙動に解析には、亀裂のせん断・開口挙動が考慮可能な MBC モデル(Micromechanics-Based Continuum Model)を用いた。MBC モデルは微視構造要素の存在あるいはその発生・成長に支配された材料に対する連続体理論である。

キーワード 地下発電所空洞, 不連続性岩盤, 等価連続体解析, BTV

連絡先 〒270-0021 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 地圏科学領域 TEL 04-7182-1181

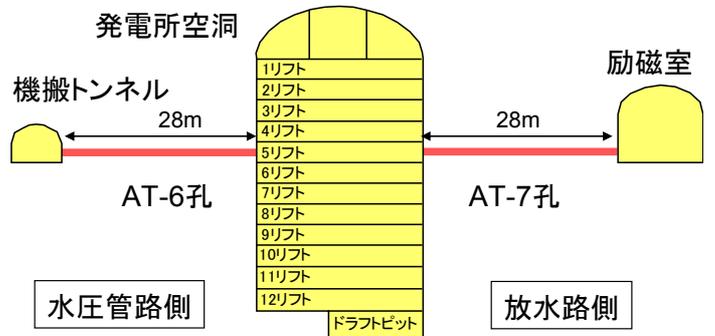


図-1 観測孔の配置(主計測 A 断面、北から見る)

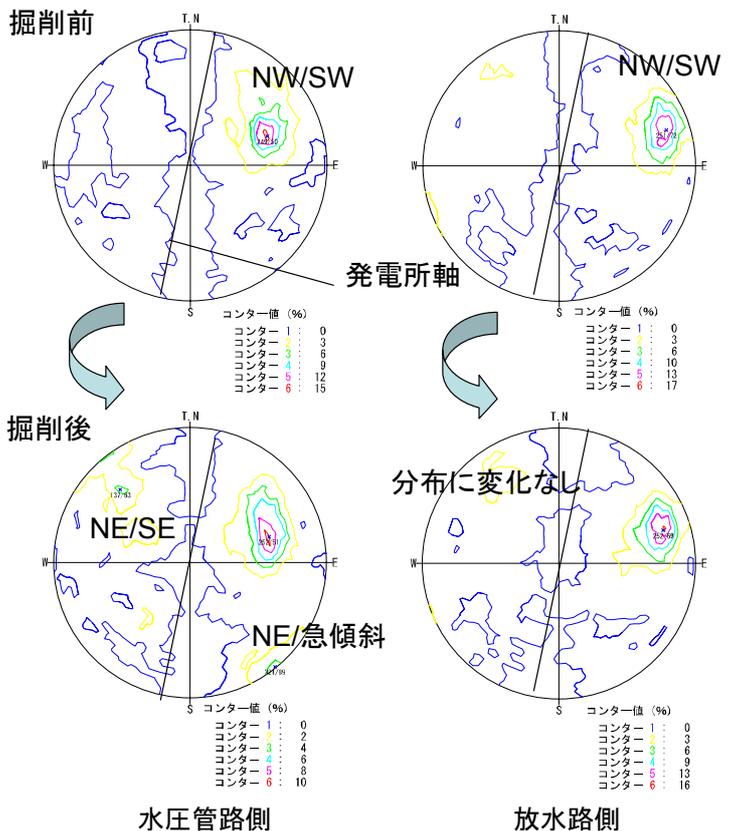


図-2 BTV 観察による割れ目分布の変化

解析に用いた物性値を表-1 に示す。BTV による観察結果に基づき、水圧管路側では、初期から卓越していたNW/SW系(左落ち 55°)に加えて、掘削途中で新たに現れた NE/急傾斜(90°), NE/SE(右落ち 55°)も設定した。それに対して放水路側では、NW/SW系のみを設定した(表-2)。

解析結果と計測結果の比較として、2つの計測断面におけるBTV観察孔に対応した位置の地中変位計での変位量をプロットしたものを図-3 に示す。大きな変位量を示した水圧管路側設置の変位計(AD-6, CD-6)の変位量と解析結果は良好な一致を示している。また、比較の変位量の小さかった放水路側設置の変位計(AD-7a, CD-7)とは、変位の深度分布は異なるものの、壁面変位量は近い値となった。

図-4 に設定した各割れ目セットにおける開口変位分布を示す。割れ目の開口は広範囲に及んでいる。割れ目(a)は水圧管路側では側壁上部、放水路側では側壁下部において開口変位が大きい。また、水圧管路側だけに設定した割れ目(b)および(c)は側壁全般において開口している。

4. 空洞挙動メカニズムの考察

水圧管路側側壁においては、差し目となる卓越割れ目が上部で開口するとともに応力の再配分により潜在的な弱面が破壊・開口することで大きな変形が発生したと考えられる。水圧管路側はCM級岩盤の存在などで上記のような潜在的な弱面が多かったと考えられる。一方、放水路側においては、流れ目となる初期の卓越割れ目が側壁下部で発生するにとどまり比較的小さな変形で収まったと考えられる。

5. おわりに

今後は断層などの連続性の高い割れ目を直接モデル化する個別要素法の解析結果と相互比較することにより、空洞挙動のメカニズムおよび不連続性岩盤の安定性評価についてさらに検討する。

参考文献

[1] 吉田秀典・堀井秀之：マイクロメカニクスに基づく岩盤の連続体理論と大規模地下空洞掘削の解析，土木学会論文集，No. 535/III-34，pp. 23-41，1996.

表-1 解析用物性値

基質岩盤	弾性係数	20GPa
	ポアソン比	0.23
割れ目	傾斜	セット毎
	摩擦角	20°
	起伏角	10°
	有効寸法	10m
	間隔	セット毎

表-2 割れ目分布の設定

	割れ目(a)	割れ目(b)	割れ目(c)
水圧管路側	左落ち55° d=1.0m	90° d=2.0m	右落ち55° d=2.0m
放水路側	左落ち55° d=1.0m		

* dは割れ目の間隔を表す。

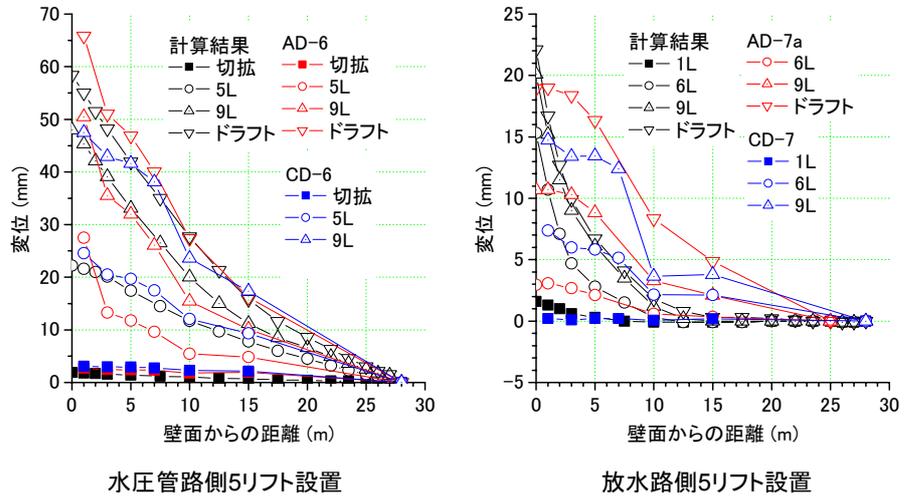


図-3 解析結果と計測結果の比較(盤下げ5リフト設置変位計)

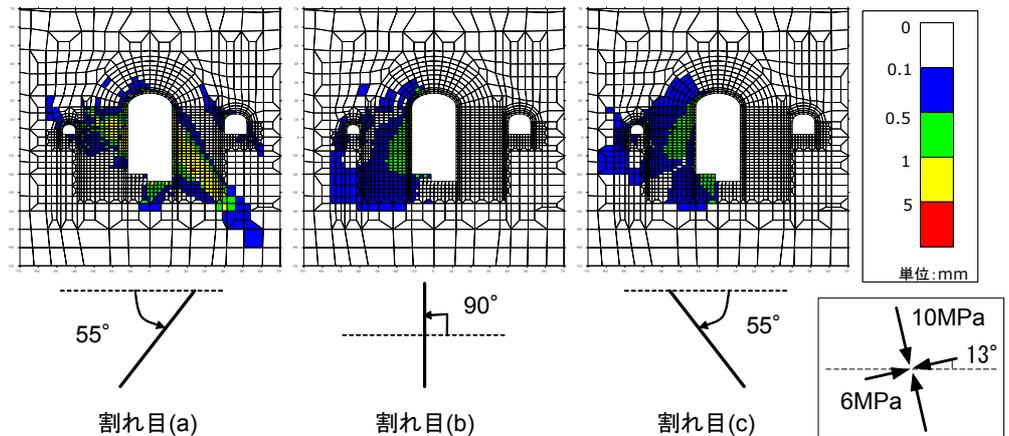


図-4 各割れ目セットにおける開口分布