3-013

個別要素法による大規模地下空洞の変形挙動の評価

九州電力(株)	正会員	山下裕司	九州電力㈱	正会員	江菔	麸武
九州電力(株)	正会員	鶴田正治	長崎大学	正会員	蒋	宇静

1.はじめに

地下揚水発電所やエネルギー貯蔵施設などの大規 模地下空洞の安定性を検討する場合には,岩盤中に 存在する節理や断層などの大小様々な不連続面の挙 動を的確に評価することが,重要な課題となってい る。

不連続性岩盤の挙動を適切に評価する方法として 不連続面を1つ1つ幾何学的にモデル化する不連続 体解析手法(個別要素法)がある。この手法は, 不連続面が大規模地下空洞の変形に与える影響 を評価する場合に適している。

本稿では地下揚水発電所の大規模地下空洞を 対象とし,不連続面を一定の角度,長さで規則的 に分布させ,不連続面の分布間隔を変化させた解 析モデル(個別要素法)を用いて解析を行い,不 連続面の影響を受けた空洞変形挙動を解析的に 評価・考察する。

2.個別要素法解析モデル

(1)対象岩盤

本稿で対象とした大規模地下空洞の断面形状 は,幅24m,高さ48mの弾頭形であり,空洞の奥 行きは188mで,空洞の深度は約400mである。 なお,岩盤および不連続面の物性値は,既報¹⁾の 値を用いた。

(2)不連続面のモデル化

本研究では、水平に対する傾きが55°の連続した既存 不連続面が、表-1に示すような形で分布したモデルを用 いた。一例として図-1に解析ケース j4-4, j4-10の解析 モデルを示す。なお,空洞左側(L側)は,分布間隔4m を基本としているが,これは実際の現場に合わせたこと による。

3.解析結果と考察

表-1 に示す解析ケースで個別要素法解析を行い,空洞 付近の不連続面が空洞壁面方向に差し目に入る側,空洞 壁面方向に流れ目に入る側において,不連続面分布間隔 が変形挙動に及ぼす影響について考察した。

(1) 軸方向変位量

図-2 に奥部基準点(壁面から 28m)に対する空洞側壁部の 軸方向相対変位(図-1 に示す差し目の測線 1 と流れ目の 測線 2 に対応)を示す。どちらの変位計測線上でも不連続 面の分布間隔が密なほど相対変位量が大きくなる傾向 が見られた。また,不連続面の分布間隔にかかわらず,

表-1 解析モデルケース

	条刀士に	不連続面	不連続面	不連続面	不連続面
	用件们	分布間隔 L	分布間隔 R	分布範囲	分布高さ
	9-X	(m)	(m)	(m)	(m)
	j2-2	2	2	72	72
,	j4-4	4	4	72	72
	j4-6	4	6	72	72
	j4-8	4	8	72	72
	j4-10	4	10	72	72
	i4-12	1	12	72	72



(b) j4-6



図-1 不連続面が規則的に分布した解析モデル



キーワード 個別要素法,大規模地下空洞,差し目,流れ目

連絡先 〒815-8520 福岡市南区塩原 2-1-47 九州電力㈱ 総合研究所 土木グループ TEL 092-541-2910



測線 1 では壁面から 12m以深,測線 2 では壁面から 12~16 mで変位がある程度収束し,そこからほぼ一定の割合で減少し ていく傾向が見られた(すなわち,ゆるみ領域がこれらの領域 まで及んでいると推察される)。

(2) 壁面部変位量

不連続面の間隔に対する壁面部変位量の変化を図-3 に示す。 差し目側と流れ目側で変位量を比較すると,差し目側の分布間 隔が4mで,流れ目側の間隔が8mまでは差し目側よりも流れ目 側の方が変位量が大きく,それ以降流れ目側の間隔が大きくな ると差し目側の変位量が流れ目側の変位量を上回る結果が得ら れた。ちなみに,実現場では流れ目側の不連続面間隔は30m程 度で,変位量は差し目側の方が大きい値を示している。

(3) 塑性発生領域

解析ケース j4-4 の塑性発生領域を図-4,解析ケース j4-10の 塑性発生領域を図-5 に示す。差し目側の塑性発生領域は両方と も壁面から空洞幅の半分(12m)に相当する範囲に収まってい る。

流れ目側の塑性発生領域は,解析ケースj4-4 では壁面から空洞 幅(24m)に相当する範囲にまで広がっているのに対して,解析 ケースj4-10 では壁面から空洞幅の半分(12m)に相当する範囲に 収まっている。これは,軸方向変位量において,変位量が収束す る範囲とほぼ同じであり,空洞掘削に伴うゆるみ領域と考えられ る。

4.おわりに

個別要素法による解析の結果では,不連続面分布間隔によって は,流れ目側より差し目側の変形が大きくなることを示した。岩 盤構造物の設計に当たっては,流れ目側よりも差し目側が危険側 となる場合もあることも十分,留意する必要がある。

今後は,既存の不連続面に加えて新規に発生する亀裂を考慮し た個別要素法解析により,地下空洞の局所的変形挙動のメカニズ ムを解明し,初期地質調査における着目点について整理する予定 である。



図-5 塑性発生領域(ケース.j4-10)

参考文献1)山下ほか:個別要素法による岩盤内大規模地下空洞の挙動解析と適用,土木学会第 60 回年次学術講 演会, pp843-844, 2005.9