

## Ⅲ-B153

## 大規模地下空洞掘削時の岩盤挙動計測による応力再配分の検討

ニュージェック技術開発部 正会員 打田靖夫

## 1. まえがき

岩盤に空洞を掘削すると、側壁部では水平拘束力減小と鉛直応力増大が生じ、岩盤内の応力再配分が行われる。これに伴う岩盤挙動は岩盤の安定状況を示す重要な指標となる。しかし、掘削に伴う岩盤内応力変化を追跡した計測例は多くない。そこで、関西電力(株)大河内発電所空洞掘削時に計測した微小鉛直ひずみを応力変化に換算し、同時に観測した亀裂状態の変化を総合して掘削に伴う応力再配分の経過を検討した。

## 2. 測定現場の概要

大河内発電所空洞は、兵庫県の峰山・砥峰高原の東側斜面の地下約 280m の地下に建設された。空洞周辺岩盤は、概ね新鮮、堅硬な中生代のひん岩である。地山初期応力は、最大圧縮主応力が  $100\text{kgf/cm}^2$  で、その方向は空洞長軸にほぼ直交し、地表面の傾斜にほぼ平行である(図-1 参照)。空洞周辺岩盤には、3組の卓越不連続面群を内在している。そのうちの2組は空洞軸にほぼ平行な走向を有し、他の1組の走向は空洞軸に直交している。この現場で6本のボーリング孔を使用し、空洞掘削過程で6種類の計測を1箇所集中して行った。図-2に空洞の横断形状と掘削順序、測定用ボーリング孔の位置を示す。ここでは、ボアホールテレビ(BTV)を用いた不連続面の観測結果<sup>1)</sup>と埋設型微小ひずみ計による鉛直ひずみ測定結果<sup>2)</sup>を比較し、検討した。計測した鉛直ひずみは、 $\Delta\sigma_v = E_m \cdot \Delta\varepsilon_v$ として応力へ換算した。ここに $E_m$ は、空洞付近岩盤の初期地圧測定で得た孔径方向ひずみ計の平均感度係数( $0.13 \times 10^6\text{kgf/cm}^2$ )である。この方法で応力は± $0.13\text{kgf/cm}^2$ の最小変化まで計測できる。

## 3. 測定結果と考察

図-3は、空洞掘削前にBTVで観察した不連続面の密着亀裂と開口亀裂の本数分布である。図-4は、各掘削段階毎の鉛直応力変化と変化亀裂(新規亀裂、開口および密着亀裂)を比較して示したものである。

アーチ切上げ掘削段階：変化亀裂は3本と少ないが、鉛直応力の変化は大きい。応力分布の特徴は、4.5m、8.5m 付近にピークを持つ2山形の応力増加と0~3m 区間の応力減小である。

コア部掘削～ベンチ2掘削段階：0~3m 区間では、直上部の掘削に伴い鉛直応力が減小し、それに対応して亀裂の開口幅が拡大する、「岩盤のゆるみ」を意味する挙動を示した。

ベンチ3掘削段階：全体的に鉛直応力変化はあまりないが、前段階までの応力集中域の4.5m 付近で応力が減少し、5.5m 付近で増大した。応力集中域や応力減小域では、他の箇所よりも新規亀裂の発生が非常に多い。測定孔の真横の掘削で、壁面付近の水平拘束力が解放され、潜在亀裂や微細亀裂が顕在化したものと推察される。また14~17m 区間

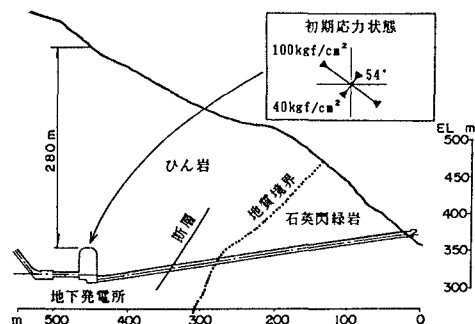


図-1 地下空洞周辺の地質と初期応力状態

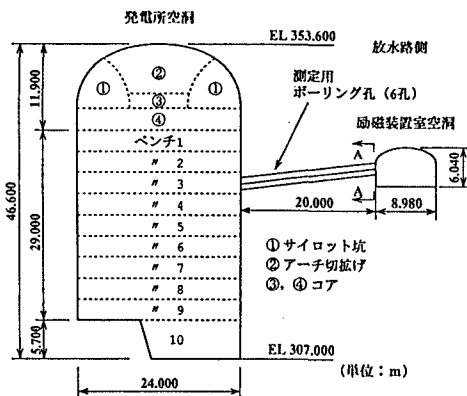


図-2 空洞掘削順序と測定孔の位置の関係

キーワード：地下空洞、現場計測、不連続性岩盤、鉛直応力、応力再配分

連絡先：〒542 大阪市中央区島之内1-20-19

TEL 06-245-4901

FAX 06-251-2565

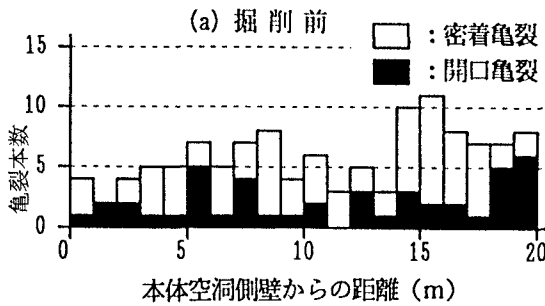


図-3 掘削前の密着亀裂、開口亀裂の分布

にも発生亀裂が多いことから、応力集中域があったと推測される。

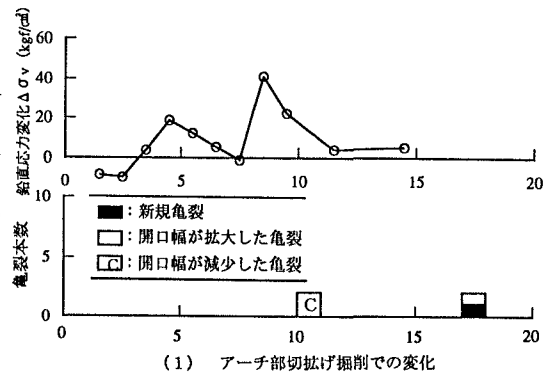
ベンチ4～7掘削段階：大きな鉛直応力変化が生じ、全体的に数は少ないが新規亀裂や開口幅拡大亀裂が0～15m区間に発生した。0～12m区間では、応力の増加域と减小域（緩和域）が交互に発生し、3m、5m、6m、11m付近での隣接測点間の応力変化差は約40～100kgf/cm<sup>2</sup>となった。これらの測点付近には、不連続面内のすべり変位が確認されている<sup>1), 3)</sup>。この区間は多数の亀裂の発生と開口によるゆるみ域であるが、この領域内でも交互に鉛直応力を分担できたのは、ロックボルト工（0～5m区間）、P Sアンカー工（0～10m区間）の効果によるもので、拘束効果の大きい箇所では応力を分担したものと推測される。

#### 4. あとがき

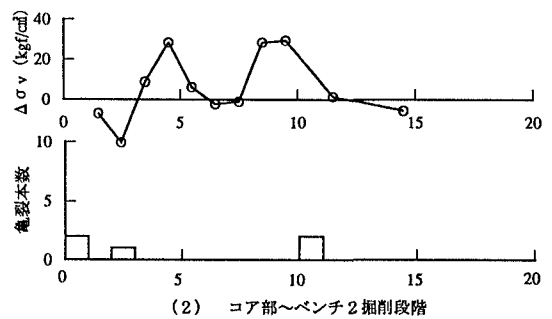
以上には、空洞掘削過程の応力再配分に伴う不連続性岩盤の実測挙動を示した。ゆるみ域では、硬質岩盤のせん断破壊の多くは不連続面内で発生し、この付近の応力を緩和した、と解釈できる。この変形メカニズムは、鉛直応力の増加集中域と减小域の境界域で強調されている。また空洞掘削初期の岩盤挙動には、初期応力状態と不連続面の影響が大きいと考えられるが、さらにこの種の実測データの蓄積が必要である。

#### 参考文献

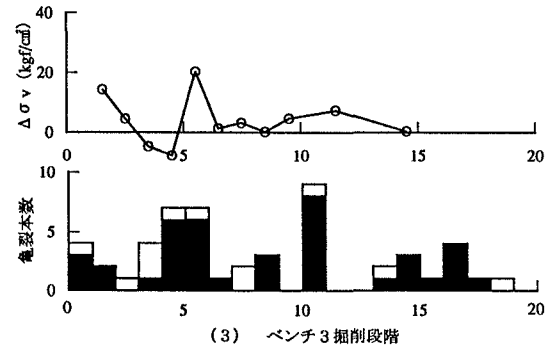
1) 打田他：ボアホールテレビによる亀裂観察結果から見た大規模空洞掘削時の岩盤挙動の検討、土木学会論文集，No.517/III-31，pp.33～41，1995。2) 打田他：微小な鉛直ひずみの測定による大規模地下空洞掘削時の岩盤挙動の検討、土木学会論文集，No.554/III-37，pp.19～30，1996。3) 打田他：大規模地下空洞掘削における不連続性岩盤の変形形態、土木学会第49回年次学術講演会講演論文集，pp.1178～1179，1994。



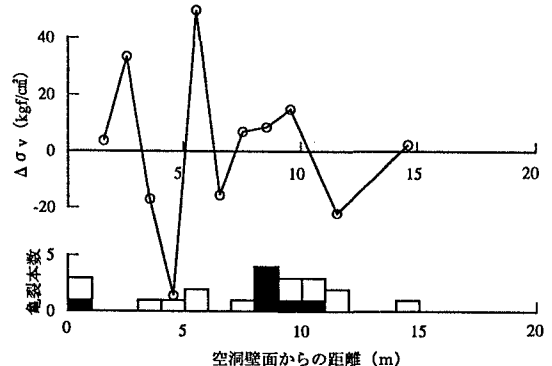
(1) アーチ部切上げ掘削での変化



(2) コア部～ベンチ2掘削段階



(3) ベンチ3掘削段階



(4) ベンチ4～7掘削段階

図-4 各掘削段階における新規亀裂、開口幅拡大亀裂の数の分布と鉛直応力変化との対比