

### 地下発電所空洞アーチ部掘削時の岩盤挙動とその事後解析

大成建設(株)土木本部土木設計部 正会員 ○瀧 治雄、市田 雄行  
 大成建設(株)札幌支店 正会員 名合 牧人  
 北海道電力(株)京極水力発電所建設所 正会員 武田 宣孝

#### 1. はじめに

京極地下発電所空洞は、地山被り約 430m の地下深部に位置し、高さ 45.8m、幅 24.0m、長さ 140.0m、総掘削量約 12 万 m<sup>3</sup>、最大断面積約 1,000m<sup>2</sup> の大規模地下空洞である。平成 21 年 1 月より開始したアーチ部の掘削は同年 11 月に完了し、現在、ベンチ部の掘削を実施中である。ここで、空洞掘削においては、観察・計測結果を設計・施工にフィードバックする、いわゆる情報化施工を実施している。

本稿では、アーチ部掘削における情報化施工の一例として、岩盤変位計測の結果、ならびにこの計測結果を再現すべく実施した事後解析の内容について報告するものである。

#### 2. 情報化施工の概要

空洞掘削中の施工管理は、恒常的に実施する日常管理と、掘削段階ごとに実施するステップ管理の組合せにより実施している。特に、ステップ管理においては、まず、日常管理より得られた観察・計測結果を分析・評価し、これらが当初想定と異なる場合には、地質モデルおよび解析用物性値を見直しつつ、事後解析により、空洞掘削に伴う周辺岩盤挙動の再現を図る。さらに、見直された地質モデルおよび解析用物性値を用いて、現掘削段階以降、最終掘削段階までの予測解析を実施し、必要に応じて、設計・施工を修正するものである。

図-1 に計測断面位置、図-2 に岩盤変位計の配置例を示す。ここで、岩盤変位計は、空洞掘削に先立ち、周辺トンネルから設置することにより、先行変位の把握も可能としている。岩盤変位以外にも、内空変位、アンカー荷重、およびロックボルト軸力を計測し、予め設定した管理基準値とこれら計測結果の比較・検討により、切羽観察結果と併せて施工管理に供する。

#### 3. アーチ部掘削時の岩盤挙動

アーチ部掘削時における岩盤挙動の一例として、図-3、図-4 に、2-A 断面における岩盤変位計の計測結果を示す。ここで、図-3 は、比較的大きな岩盤変位が計測された測線④について、その経時変化を示したものである。また、図-4 は、アーチ上半掘削完了時ならびにアーチ下半掘削完了時における岩盤変位の分布状況を示したものであり、同図中には、当初設計における予測解析結果を併せて示している。これらの図より、測線④においては、水圧管路側の掘削に伴い、岩盤変位が急増していることが分かる。また、アーチ部に比較して、側壁部における岩盤変位が

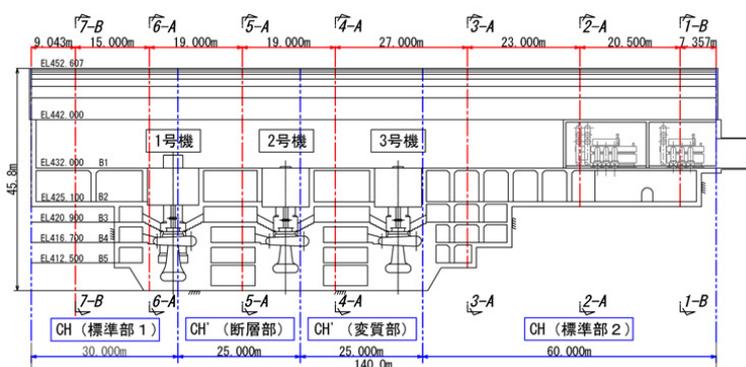


図-1 計測断面位置

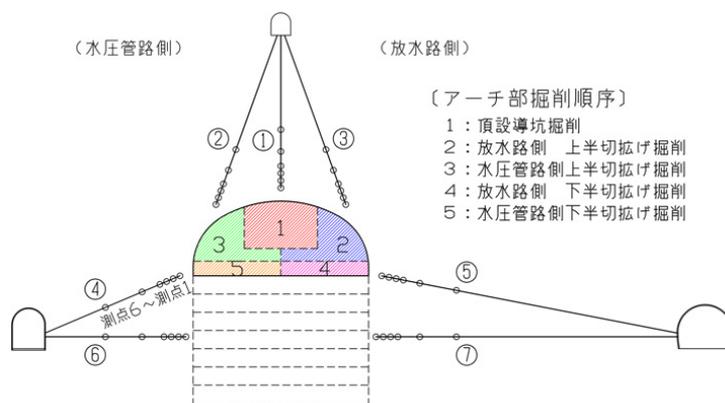


図-2 岩盤変位計の配置例 (2-A 断面)

キーワード：大規模地下空洞、情報化施工、岩盤変位計測、FEM

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)土木本部土木設計部 TEL03-5381-5296

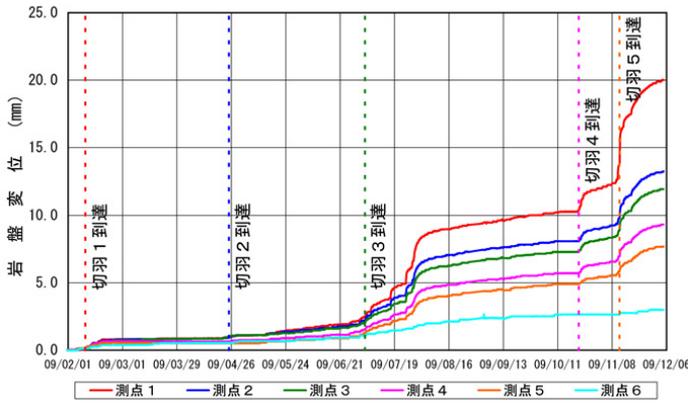


図-3 岩盤変位の経時変化  
(2-A断面、④測線)

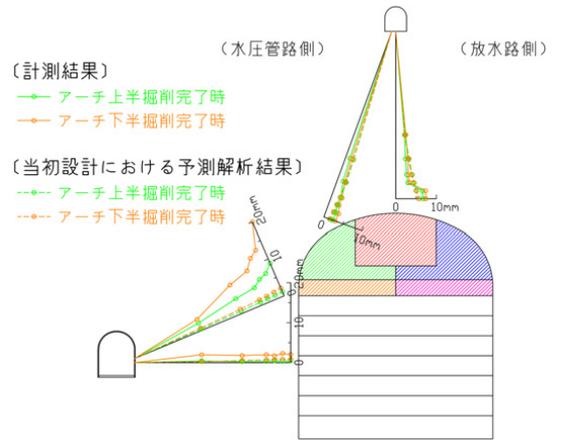


図-4 岩盤変位の分布状況 (2-A断面)

大きいことも分かる。さらに、当初設計における予測解析値は、アーチ部において計測結果と概ね整合するものの、側壁部においては計測結果に対して過小評価となる。

#### 4. 事後解析

上述のように、当初設計における想定と異なり、側壁部において、予測値を大きく上回る岩盤変位が計測された。そこで、ステップ管理として、地質モデルおよび解析用物性値を見直しつつ、事後解析により、空洞掘削に伴う周辺岩盤挙動の再現を図ることとした。なお、事後解析においても、当初設計と同様に、非線形粘弾性FEMを解析手法として採用している。

まず、空洞および周辺トンネル掘削時の切羽観察結果、ならびに岩盤変位計設置時の地質調査結果に基づき、図-5に示すように、地質モデルを変更することとした。ここで、図-5中に示したCM級岩盤は、小断層を含む弱層部であるが、これは当初設計において考慮されておらず、解析用物性値から定める必要があった。そこで、地質モデルを改訂したうえで、CM級岩盤の物性値に関するパラメータスタディを実施した。その結果、CM級岩盤の解析用物性値としては、推定される範囲の中で、その下限値程度の物性値を与えることにより、計測結果を再現することができた。図-6に、事後解析の結果を示すが、アーチ部のみならず、側壁部の岩盤変位についても、計測結果が示す特徴を定性的かつ定量的に再現できていることが分かる。

#### 5. おわりに

以上、本稿においては、地下発電所空洞のアーチ部掘削における情報化施工について述べた。ここに示した内容は、観察・計測結果に基づく事後解析のみであるが、実際には、事後解析の結果に基づいて、最終掘削段階までの予測解析も実施している。さらに、この予測解析結果に基づいて、支保パターン（アンカー仕様・配置）の見直しおよび管理基準値の更新も併せて実施している。今後のベンチ掘削においても、同様な情報化施工を実施し、空洞周辺岩盤の安定性および支保設計の妥当性を評価・検討しつつ、施工を進める所存である。

|       | 地質モデル  | 解析用物性値   |
|-------|--|--|
| 当初設計時 | <p>Tb②-CH</p>  | <p>岩盤物性値(変形係数,粘着力,内部摩擦角)</p> <p>Tb②-CH : 17.7GPa 3.2MPa 60.0°</p> <p>初期応力状態</p> <p>側圧係数 : K=1.73</p> <p>主応力の傾き : <math>\alpha=3.3^\circ</math></p>   |
| 事後解析時 | <p>Tf : 凝灰岩</p> <p>Tb②-CM</p> <p>Tf-CH</p> <p>Tb②-CH</p> | <p>岩盤物性値(変形係数,粘着力,内部摩擦角)</p> <p>Tb②-CH : 17.7GPa 3.2MPa 60.0°</p> <p>Tb②-CM : 10.8GPa 1.6MPa 50.5°</p> <p>※ Tb②-CM : 2.9GPa 0.8MPa 40.0°</p> <p>Tf-CH : 12.8GPa 2.0MPa 42.1°</p> <p>(※推定範囲の中から下限値を採用)</p> <p>初期応力状態</p> <p>側圧係数 : K=1.73</p> <p>主応力の傾き : <math>\alpha=3.3^\circ</math></p> |

図-5 地質モデルの変更 (2-A断面)

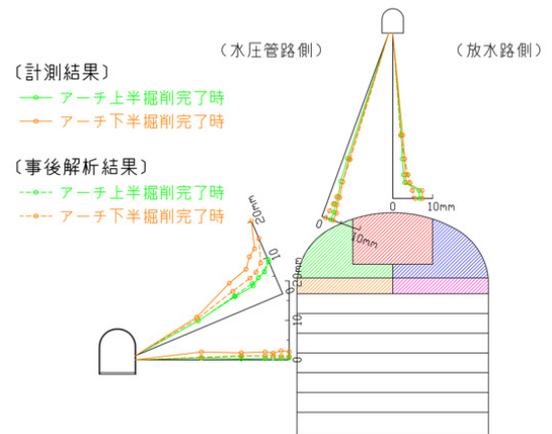


図-6 計測結果と事後解析結果の比較  
(2-A断面)