

大規模地下空洞掘削時の岩盤挙動とその対策

北海道電力(株)京極水力発電所建設所	正会員	○武田 宣孝
同上	正会員	西村 哲治
同上	正会員	毛馬内 学
大成・佐藤・北電興業・三井住友共同企業体	正会員	高山 正志

1. はじめに

京極発電所地下空洞は、地山被り約 430m の地下深部に位置しており、掘削断面は、高さ 45.8m、幅 24.0m の弾頭形を有し、長さ 140.0m、総掘削量約 12 万 m^3 におよぶ大規模地下空洞である。発電所概要図を図-1 に示す。

地下空洞の掘削は、平成 21 年 1 月からアーチ部頂設導坑の掘削を開始、平成 21 年 11 月にアーチ部の掘削を完了し、現在ベンチ部を掘削中である。

地下空洞の掘削中は、切羽の地質観察及び岩盤挙動の計測管理を行い、周辺岩盤の挙動変化や複数の不連続面により形成されるキープロックが確認された場合には、その要因に応じて最適な支保構造を検討する情報化施工を実施している。計測機器の配置例を図-2 に示す。本稿では、情報化施工の一例として、断層部の計測断面 (5-A 断面) におけるアーチ部掘削時の岩盤挙動及びキープロック対策について報告する。

2. 地下空洞の地質概要

地下空洞周辺の地質は、新第三紀中新世の美比内川層に属する凝灰角礫岩 (Tb②) が主体であり、数十 m 規模の凝灰岩 (Tf) のブロックが数箇所に分布する。断層については、発電所長軸方向に高角度でほぼ直交する F6、F7 断層が確認されている。

岩級区分は、概ね C_H 級 (一軸圧縮強度 100Mpa 程度) と堅硬であるが、断層沿いには岩盤強度が低下している箇所 (一軸圧縮強度 30~40Mpa 程度) があり C_H' 級とした。支保パターンについては、 C_H 級岩盤で構成される標準部 1、2 と C_H' 級岩盤で構成される断層部および変質部に区分 (図-1 参照) して設定した。

地下空洞周辺の地質縦断面図を図-3 に示す。

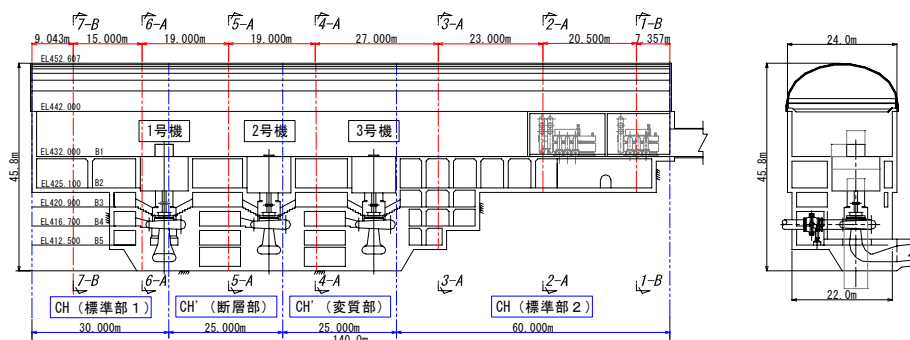


図-1 京極発電所概要図

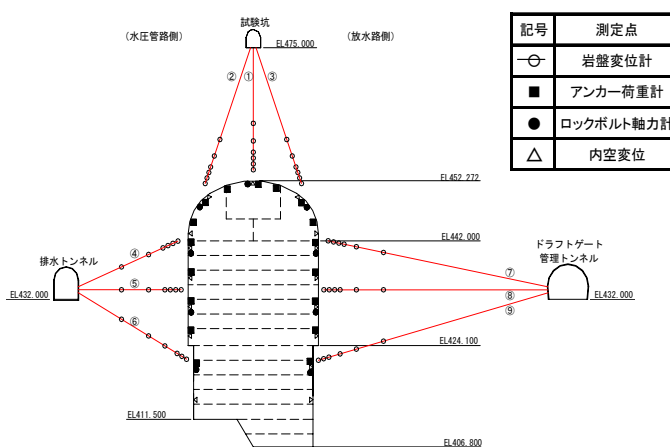


図-2 計測機器配置図 (5-A 断面)

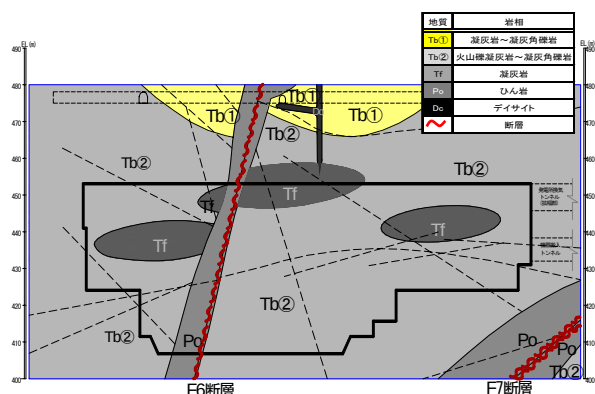


図-3 地下空洞周辺地質縦断面図

キーワード 発電所、地下空洞、情報化施工、計測管理、岩盤挙動

連絡先 〒044-0101 北海道虻田郡京極町字京極 149 北海道電力(株)京極水力発電所建設所 TEL0136-42-3713

3. アーチ部掘削時の岩盤挙動とその対策

(1) 断層部（5-A 断面）における岩盤挙動とその対策

断層部（5-A 断面）での岩盤挙動のうち、アーチ部掘削時に大きな変位が計測された測線①（アーチ部中央）における岩盤変位計の経時変化図を図-4 に示す。図-4 を見ると、岩盤変位計 6 測点（図-5 参照）のうち空洞壁面から深度 1.8m 地点で大きな変位を示しており、その他 5 測点では変位は小さかった。

特に変位増加が顕著だったのは頂設導坑掘削時で予測解析値 7.0mm に対し約 15mm の変位を示した。切羽観察結果より、この変位増加は 5-A 断面近傍に位置する F6 断層の影響による岩級低下や F6 断層と同系統の不連続面に起因していると推察され、切上げ掘削時における変位増加が懸念されたことから、対策工としてロックボルトによる追加補強を行った。

その結果、頂設導坑掘削完了から切上げ掘削完了までの変位増加は約 5mm 程度に抑制され、変位が収束した。このように、計測結果及び切羽観察結果に基づき適切な追加補強を行うことで掘削周辺岩盤の挙動を抑えることができた。

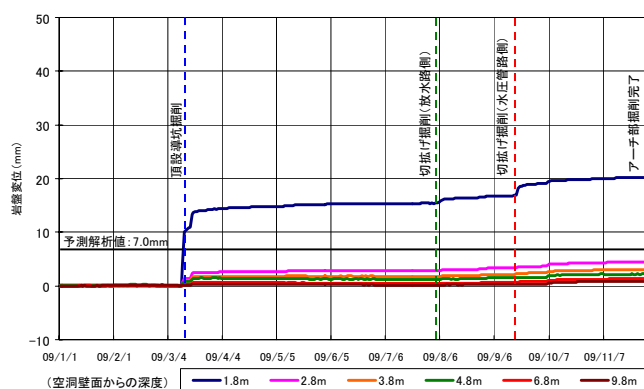


図-4 岩盤変位経時変化図（測線①）

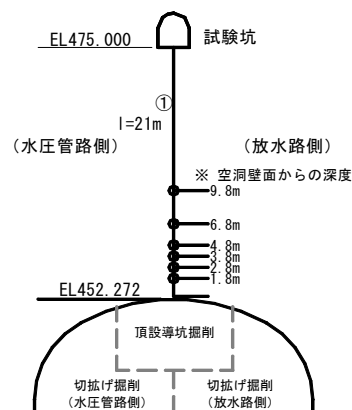


図-5 岩盤変位計（測線①）の測点位置

(2) キーブロック対策

アーチ部掘削時にはキーブロックが 3 箇所確認された。このため、形成されたキーブロックの岩塊重量に対して、設計の支保パターンで設定している吹付コンクリートとロックボルトの抵抗力を考慮したキーブロック解析を行った。その結果、設計安全率 ($F_s > 3$) を確保できず、補強の必要があると判断されたのは 1 箇所であった。そのキーブロックは自由落下型のモードであったため、補強範囲を限定し、地下空洞の安定を図るための対策工としてロックボルトの追加補強（18 本）を行った。追加補強を行ったキーブロック位置と安定計算結果を図-6 に示す。

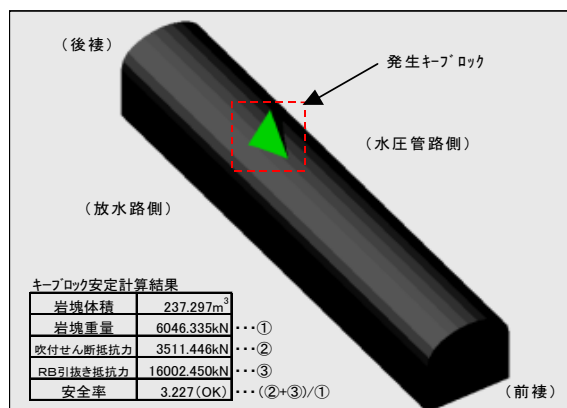


図-6 キーブロック位置、安定計算結果

4. おわりに

今回、アーチ部掘削時における断層部の岩盤挙動とその対策について述べたが、情報化施工による切羽観察および計測管理を実施し、効果的な補強対策（補強ロックボルト）を適宜実施したことで、切羽を停止させることなく、順調に掘削を完了した。ベンチ部掘削では、これまでの情報化施工の管理実績を有効に活用し、施工情報を適切に設計に反映することで、安全で効率的な掘削を行っていく考えである。最後に、地下空洞掘削における情報化施工管理の実施にあたり、ご協力頂いた関係各位に対し深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 鈴木一己, 宮永孝志, 小山俊, 八嶋和幸: 京極地下発電所の調査・設計, 電力土木, No.300, p11-15, 2003. 5