大規模地下空洞掘削における情報化施工

北海道電力㈱京極水力発電所建設所　正会員　○毛馬内　学
同上　正会員　西村　哲治
同上　正会員　武田　宣孝
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の掘削工事は，平成21年1月からアーチ部頂設導坑の掘削を開始し，平成22年1月からはベンチ部の掘削へ進み，平成22年12月に完了した。

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，掘削ステップ毎に解析モデルの妥当性の検討，空洞の安定性を評価し，最適な支保構造を決定するための情報化施工を実施した。本稿では，既報[1)]に引き続き，情報化施工の一例として，変質部（4-A断面）におけるベンチ部掘削時の情報化施工結果について報告する。

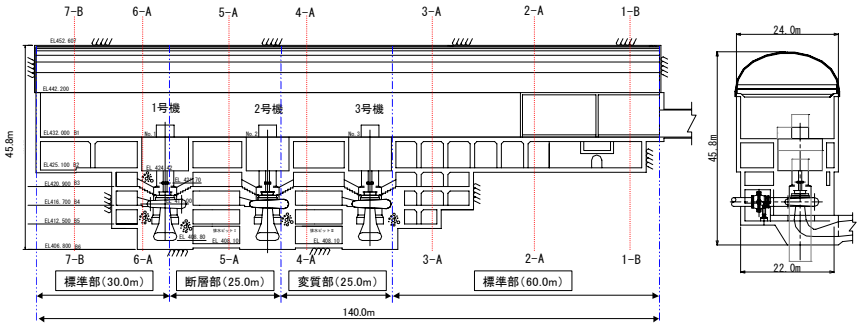


図-1　京極発電所概要図

２．ベンチ部掘削における情報化施工結果

（１）2段ベンチ掘削完了時の計測状況と地質状況

2段ベンチ掘削完了時における岩盤変位の予測解析値と計測値の比較結果を**図-2**，**表-1**に示す。予測解析値と計測値の差が大きい箇所は放水路側の側壁上部の測線⑤で，最も空洞に近い測点の値が計測値6mmに対し予測解析値16mmと約3倍の差が見られた。

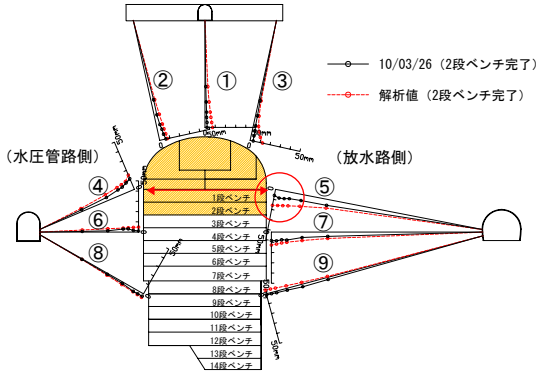


図-2 岩盤変位分布図（2段ベンチ掘削完了時）

表-1 岩盤変位の比較表

計測項目	箇所	測線	計測値①(mm)	予測解析値②(mm)	差①－②(mm)
岩盤変位計	水圧管路側	④	12	16	-4
		⑥	2	5	-3
		⑧	-3	-5	2
	放水路側	⑤	6	16	-10
		⑦	8	11	-3
		⑨	1	-2	3

※岩盤変位計の値は，最も空洞側に近い測線の値

掘削中の切羽観察結果を**図-3**に示す。掘削前の調査ボーリング等では，4-A断面は発電所長軸方向に高角度で直交する断層の影響を受け，発電所空洞周辺の岩級はすべてCH′級と想定していたが，切羽観察結果はCHとCH′級の混在した地質であることが確認された。

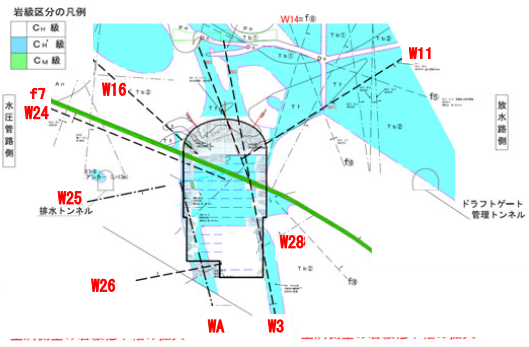


図-3 岩級区分図（4-A断面）

このように，想定とは異なる地質状況や岩盤変位の予測解析値と計測値に乖離が見られる測線が確認されたことから，解析モデル及び解析用物性値の見直しを行い，事後解析により地下空洞掘削に伴う周辺岩盤挙動の再現を図ることとした。

（２）解析モデル変更検討・結果

解析モデルについては，以下の点を考慮して変更検討を行った。

①地質観察で解析モデルと異なる健岩部(CH級)が確認されたこと。
②測線⑤の岩盤変位が予測値と計測値で乖離が顕著であること。
③現状の解析モデル物性値にCH′級上限値を採用していること。

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㈱京極水力発電所建設所　TEL0136-42-3713

解析モデル変更図を**図-4** に示す。事後解析においてパラメータスタディを行った結果，岩盤の変形係数については地質観察結果を考慮し，放水路側の側壁部と弱層部（ｆ7）以深の範囲の変形係数を CH′ 上限値から CH 級平均値に変更することで，計測結果との整合を図ることができた。また，事後解析パラメータを用い最終掘削完了時における地下空洞の安定性評価を行ったところ，**図-5** に示すように放水路側の想定ゆるみ領域が 9m から 6m に縮小することが確認されたため，これに応じて PS アンカーの仕様・本数の最適化を図った。

最適化を図った後の岩盤変位計測線⑤は発電所掘削完了まで，解析値を概ね再現した計測結果となった。

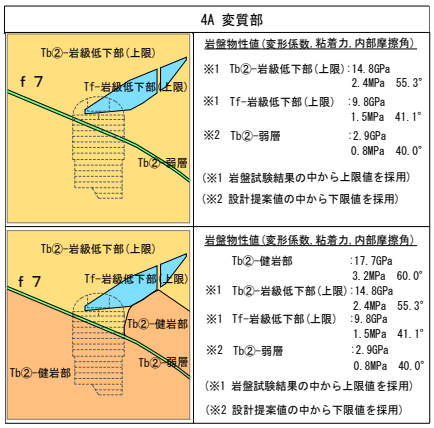


図-4 解析モデル変更　上：予測解析パラメータ
下：事後解析パラメータ

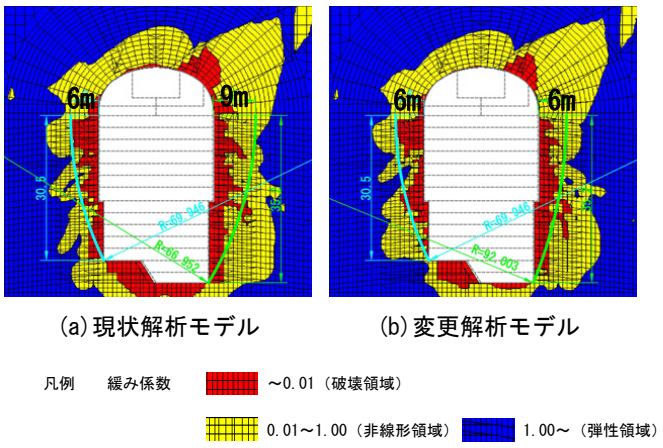
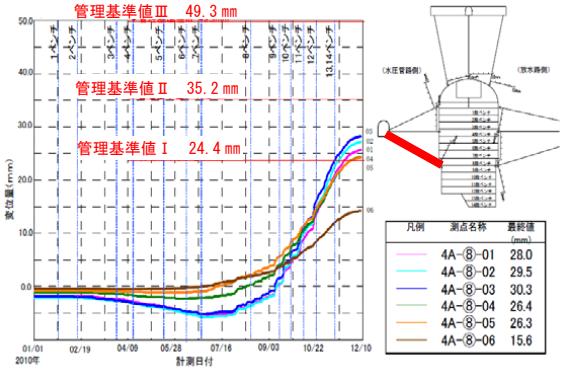


図-5 緩み領域図

3．解析モデル変更後の計測管理結果

2 段ベンチ以深における計測結果の一例として，発電所掘削完了時に解析値を上回った水圧管路側の岩盤変位計（測線⑧）の経時変化図を**図-6** に，最終掘削完了時の岩盤変位分布図を**図-7** に示す。

8 段ベンチ掘削以降，不連続面（WA 等）の影響により，岩盤変位の増加が大きくなっているが，掘削完了時の岩盤変位は管理基準値Ⅱ（許容引張荷重）を下回る値であった。また，ベンチ上部の水圧管路側（測線⑥）は，不連続面 f7 と WA 等が交差している箇所に位置し，掘削に伴い不連続面が挙動し，局所的に変位が増加したものと考えられるが，空洞全体として見ると掘削完了時における岩盤変位の解析値は計測値を概ね再現していると判断される。



※岩盤変位計の測点は，空洞側に近い方から 01→06 と表示

図-6 岩盤変位経時変化図（測線⑧）

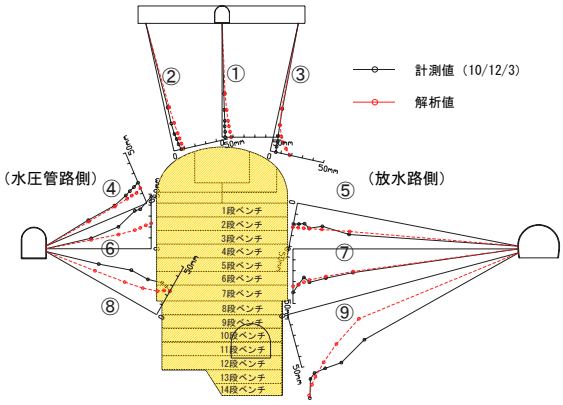


図-7 岩盤変位分布図（最終ベンチ掘削完了時）

4．おわりに

地下空洞掘削において，地質状況や計測状況の変化に応じて周辺岩盤挙動の再現を図り，地下空洞の安定性や支保設計の妥当性を適切に評価したことで，最適な支保構造で掘削を完了することができた。今後は，掘削完了後の岩盤挙動を引き続きモニタリングし，収束状況を確認すると共に，発電所躯体コンクリート施工を鋭意進めていく計画である。最後に，地下空洞掘削における情報化施工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)武田宣孝，西村哲治，毛馬内学，高山正志：大規模地下空洞掘削時の岩盤挙動とその対策，土木学会第 65 回年次学術講演会，Ⅲ-100，p199-200，2010.9