

複雑な構造の3方向分岐圧力トンネルの設計と施工

北海道電力株式会社 京極水力発電所建設所

正会員

工藤 正彦 桑野 智行

清水建設株式会社 北海道支店

正会員

柏瀬 満久 厨川 弘樹

清水建設株式会社 土木技術本部

正会員

○ルバナパソ ソンウィット 矢部 幸男

1. はじめに

北海道電力(株)京極発電所は、有効落差 369mを利用して3台の水車・発電機により最大出力 60 万kW の発電を行う北海道初の純揚水式発電所である。工事は、平成 14 年 2 月に着工し、平成 26 年 10 月の1号機営業運転開始に向け工事を進めている。

発電設備のうち調圧水槽は、発電・揚水時の水車の急激な運転・停止による圧力水路内の水圧上昇を抑制する目的で、3条のドラフトトンネルと放水路の合流部に制水口付水室型の調圧水槽を設置した(図-1)。

本稿では、複雑な構造を有する調圧水槽水路部(以下、「水路部」と称す)の設計と施工について報告する。

2. 設計・施工概要

水路部は、トンネル 3 条(内径 $\phi 3.7\text{m}$ 、覆工厚 0.4m)から1条(内径 $\phi 6.4\text{m}$ 、覆工厚 0.4m)に合流し、更にその上部に立坑が接続する断面形状が複雑な構造で、合流部では大断面かつ扁平となる(図-2)。

水路部の設計・施工フローを図-3に示す。

設計は、近接する放水路等の施工実績より設定した岩盤条件(変形係数、側圧係数等)を用いて覆工・支保の基本設計を行った。

掘削工法は、断面形状を考慮して、上半先進のショートベンチカット工法による発破工法(NATM)を採用した。

分岐部の拡幅掘削にあたっては、掘削形状が大断面かつ扁平であることを考慮して、支保の詳細検討を行った。その際、2号機ドラフトトンネル(中央)の導坑掘削時の地質状況と内空変位の実測値を目標とした再現解析を実施し、各計測断面の変形係数と側圧係数を求め、これらを用いて予測解析を行い、拡幅掘削時の支保を最終決定した。

覆工設計については、掘削完了後の内空変位の実測値を分析し、近接トンネルの試験結果と比較検討のうえ、安全側の岩盤条件を用いて設計を行った。

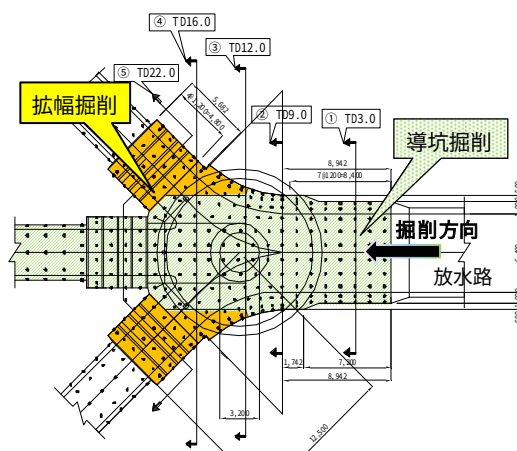


図-4 導坑と計測断面位置

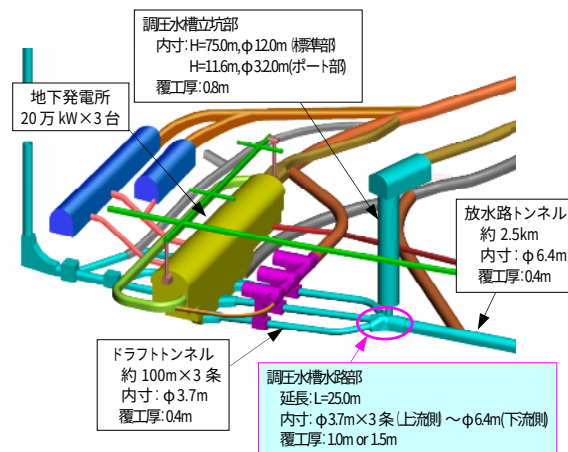


図-1 工事概要(第3工区)

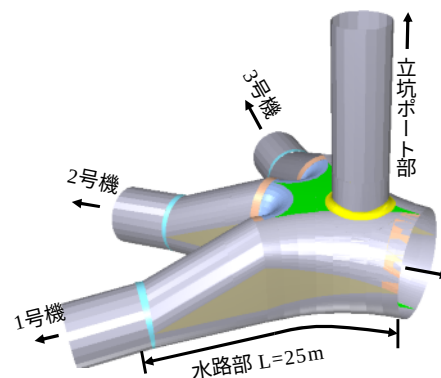


図-2 水路部イメージ図

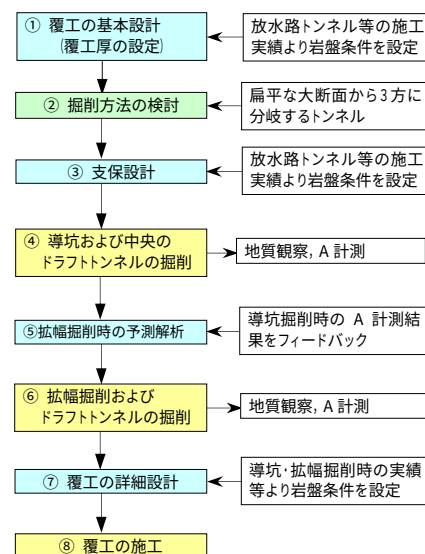


図-3 設計・施工フロー

キーワード 圧力トンネル, 支保設計, 再現解析, 覆工設計

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦1丁目2-3 シーバンス S 館 清水建設株式会社 土木技術本部 TEL:(03)5441-0566

3. 掘削

導坑掘削時に出現した地山の岩級は、ほとんどが硬質な C_H 級であったが、水路の分岐部で C_M 級がわずかに出現した。

これらを反映した再現解析で求めた変形係数と側圧係数を利用し、拡幅掘削を行う断面については、拡幅掘削時の予測解析を実施し、空洞安定性の確認と内空変位の管理基準値の設定を行った。また、拡幅掘削を行わない断面については、再現解析結果より支保の健全性を照査した。

予測解析結果の一例として地山の安全率分布図を図-5に示す。

実際の拡幅掘削時の岩盤変位は、予測解析値とほぼ同じであった。

なお、部分的に C_M 級が出現し地山の一部が破壊すると予測された水路の分岐部のピラーは、吹付けコンクリートの一部にクラックが発生したものの、補強を行って無事掘削を完了することができた(写真-1)。

4. 覆工設計

覆工設計で考慮する荷重は、内水圧(長期、短期)、外水圧(長期、短期)およびコンタクトグラウト圧(短期)である。

覆工設計に用いた解析モデルと解析結果の一例を図-6に示す。

圧力トンネルの内水圧に対する設計は、一般的に多重円筒理論(Otto-Frey-Baer式)が用いられるが、本トンネルは扁平断面であることから、コンクリートを No-tension 材料とした2次元FEM解析で直接鉄筋応力を算定した。

外水圧は、発破掘削による緩み領域を改良する目的で実施したコンソリデーショングラウト改良範囲の外縁部に载荷した。コンタクトグラウト圧は天端90°の範囲に空隙が存在すると仮定し、覆工と岩盤の両方向にグラウト圧を载荷した。

以上のように、内水圧、外水圧およびコンタクトグラウト圧に対し、覆工、岩盤および荷重を適切にモデル化した2次元FEM解析を実施し、複雑な構造を合理的に設計可能とした。

5. おわりに

京極発電所建設工事のうち、複雑な構造を有する調圧水槽水路部の設計と施工について報告した。掘削時の空洞安定性は、情報化施工による地質観察、計測結果の有効活用により、また、覆工設計については、複雑な構造を適切にモデル化したことにより、迅速かつ適切な解析・設計を行って無事工事を終えることができた(写真-2,3)。



写真-2 合流部バラセトル

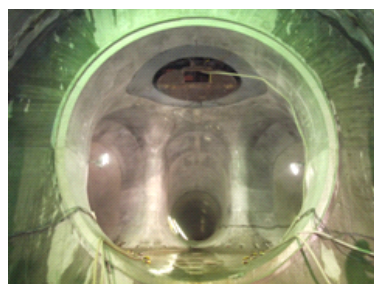


写真-3 合流部覆工完了時

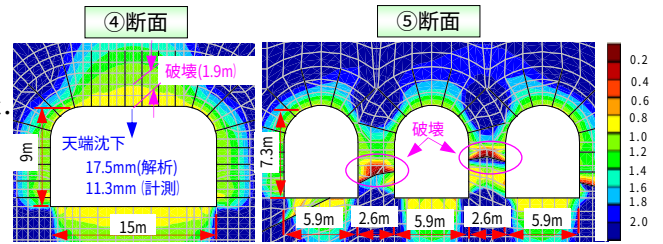


図-5 予測解析結果(安全率分布図)



写真-1 水路部掘削完了時

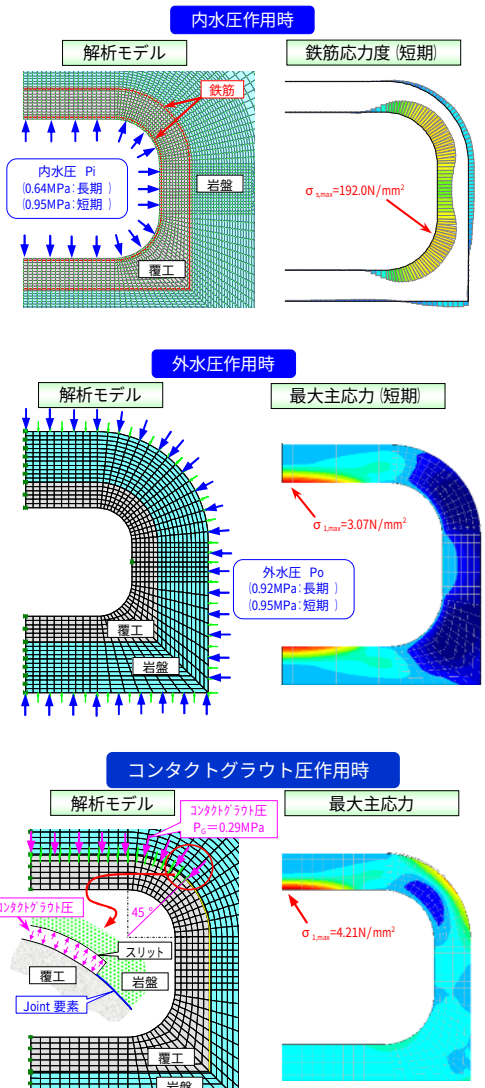


図-6 解析モデルと解析結果の一例