

希少猛禽類の生息を配慮した
放水路トンネル工事の合理化設計と施工

電源開発(株)エンジニアリング事業部 正会員 嶋田善多
電源開発(株)奥只見大鳥増設建設所 正会員 橋本長幸
電源開発(株)エンジニアリング事業部 正会員 佐藤俊哉

1. はじめに

電源開発(株)が計画する奥只見・大鳥発電所増設計画は、阿賀野川水系只見川に位置する既設奥只見発電所（最大出力 36 万 kW）及び既設大鳥発電所（最大出力 9.5 万 kW）に隣接し、それぞれ最大出力 20 万 kW，8.7 万 kW の発電所を増設するものである。本稿では本計画地点がイヌワシ等の希少猛禽類が生息する豊かな自然環境下にあり、イヌワシの営巣期には営巣地周辺の工事を自粛するなど厳しい工事制約を定めていることから、この条件下で最重要課題である工程確保を実現した放水路トンネル（全長 3,445m）工事の合理化設計及び施工について述べる。

2. 放水路トンネルの概要

放水路の目的は、無圧水路として最大使用水量 138m³/秒を 3,445m 下流の増設放水口に流下させることにある。

工程条件としては H11.7 に着工し、H14.12 までに工事を完了し、H15.6 の営業運転を可能とすること、さらに特異な条件として、遅くとも H13.11 迄には全線貫通し、翌年 6 月までの営業期に営巣地から遠隔箇所である放水口部に設置したコンクリートプラントから地下発電所工事用コンクリートのトラミキ運搬路として利用することである。これは、イヌワシ保護の観点から営業期には営巣地周辺の既設道路の通行を自粛することと、地下深部であることから通年施工が可能な地下発電所のコンクリート工事を実施することを両立させるための重要なポイントである。

3. 当初の設計及び施工計画

当初の設計断面形状は、地盤等の外圧や水理特性を考えた扁平馬蹄形とし、標準部で 30cm 巻厚の二次覆工を予定していた。施工計画として、上流側、中間部、下流

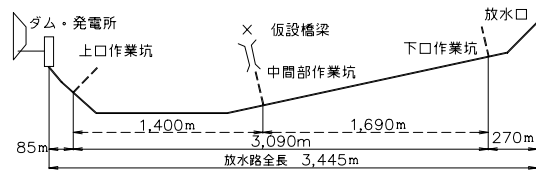


図-1 作業坑概要図

側の 3 本の作業坑を設け、合計 5 箇所の切羽より全断面掘削を行い、掘削完了後に 7 分巻セントルによる覆工、最後にインバートコンクリート打設を想定した。

4. 施工計画の変更とそれに伴う設計断面の変更

(1) 施工計画の変更

a) 猛禽類保護に係る新たな制約

3 本の作業坑（図 - 1 参照）のうち、中間部の坑口への連絡路は只見川を横断する必要があるため、調査工事の際設置した橋長約 120m の仮設橋梁を必要とした。しかし、調査工事半ばより、当該仮設橋梁がイヌワシ営巣地の近傍約 1.2km 以内に存在し、イヌワシの営巣に影響を及ぼすとの主張が自然保護団体によりなされた。事業者としても環境保全対策への積極的な取り組みや、仮設橋梁の本工事転用に伴う法令手続きの問題等を考慮した結果、当該仮設橋梁及び中間部作業坑の使用を断念する結論に至り、放水路の作業坑は上流側及び下流側の 2 本に減り、前述の当初計画のままでは工程遅延が必至となった。建設資金を借入れ、運転開始後の電力料金で投資回収する事業での工程遅延は、建設中利子や管理費等の事業費増高要素となり、事業価値低下を招く。従って、工程確保を最優先とし、放水路設計及び施工計画について再検討を行った。

b) 工程条件

表-1 作業坑ごとの工程条件

年度	11	12	13	14	15
上口	7 10	7 10	貫通 ▼ 7 10	完了 ▼ 7 10	▼ 運 転 開 始
下口	7 12	7 12	7 12	7 12	
		コンクリート運搬路 11 ← 6			

表-1 のバーチャートは希少猛禽類保護を考慮した施工可能期間である。工程上クリティカルになるのは、上口及び下口の両作業坑間約 3,100m の区間であり、H14 年 12 月までに全て完了するには、掘削時に並行作業として場後方から巻立てることが必要となる。しかし、原設計の合内空 31m² 程度の断面で門型セントル内をずり搬出用重ダンプが頻繁に通行することは、安全面及び作業効率面から不可

キーワード：水力発電，水路トンネル，環境保全，希少猛禽類，鋼繊維補強吹付コンクリート
連絡先（〒104 - 8165 東京都中央区銀座 6 丁目 15 番 1 号）

能と判断，断面変更を主とする設計変更を行った．

(2)設計断面の変更

a) 変更概要

設計断面変更として，求めた条件及び変更設計の検討結果を表-2，放水路断面新旧比較を図-2に示す．

表-2 設計断面の変更及び採用した結論

求めた条件	結 論
水力機能条件；通水能力の確保（138m ³ /sec）	内空断面拡大 側壁コンクリートによる粗度改善
工程条件；13年11月貫通，14年12月完了	施工性の良い吹付二次覆工 平坦インバートの採用
構造物の品質；長期的に信頼し得る二次覆工構造	・岩盤不良部は鋼繊維補強吹付を採用（15cm厚標準）
経済性；原案と比較して，工事費増高のないこと	鋼 繊 維 混 入 量 の 検 討（0.85vol%） 岩盤良好部での普通吹付（7cm厚標準）

b) 水力機能条件からの断面設計

吹付二次覆工を水路トンネルに適用する場合，施工性が高い反面，粗度係数が高く同一通水能力を得るため，必要内空断面増加が生じる．設計粗度係数 n は，打込みコンクリートで $n=0.0125$ ，吹付コンクリートで $n=0.024$ とし，複合断面で等価粗度¹⁾を用いた．

$$n = \{ (\sum P_i n_i^{3/2}) / (\sum P_i) \}^{2/3} \quad (n; \text{等価粗度係数}, n_i; \text{各粗度係数}, P_i; \text{各粗度係数に対応する潤辺})$$

検討の結果，全周吹付覆工では掘削量増大による工事費増加が多いため，粗度を改善するために容易に型枠打設可能なスプリングラインまでの側壁コンクリートを併用した形状を採用した．インバート形状は，円形に近いほど水力特性上有利であるが，掘削や吹付と後続並行作業を可能にするため，平坦形状とした．

c) 吹付二次覆工の設計

吹付覆工の設計は，経済性を考慮し地山の岩盤性状に応じ差別化した．岩盤不良部は，通常の打込み覆工相当の鋼繊維補強吹付（標準厚さ 15cm）を採用，曲げ強度及び曲げタフネスの向上を図った．岩盤良好部では，長期的視点から耐久性に影響を与える外力変化の可能性が極めて小さい

と考え，掘削時一次吹付の上に鋼繊維を含まない普通吹付 7cm 厚の吹付二次覆工のみを行った．

d) 経済性について

コスト面では，内空断面大型化に伴う掘削費が増額となる一方，覆工変更による減額があり，総額的には殆ど変わらない結果となった．

5. 施工状況

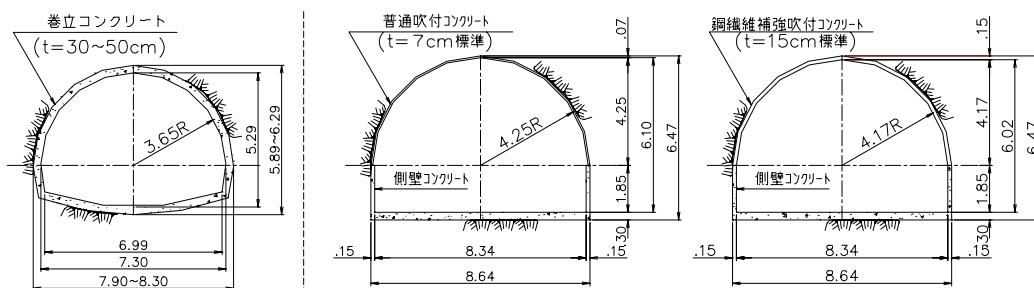
H14年3月末現在，放水路トンネルの掘削は完了，コンクリート工もインバートが約 80%，二次吹付覆工が約 35%，側壁が約 20%と順調に進んでいる．実際の掘削作業は，交代勤務体制による無休稼働体制，ノネル雷管 + ANFO爆薬の使用による効率的な爆破，施工延長の長い下口区ではコンテナダンプによる効率的なずり処理方法などの工夫がなされた²⁾．また，岩盤性状により吹付覆工仕様を決定することから，切羽の地質情報を的確に取得することが必要となり，地質専門家による切羽観察及び当地点版 RMR とも言える独自の岩盤点数評価を継続的に実施した．

6. まとめ

本工事は貴重鳥類と共存を図るべく，設計，施工計画，環境保全等に万全を期しながら，順調に工事を進めており，途中イヌワシの繁殖も確認されその成果は十分に発揮されたと考えている．今後，社会基盤整備を進めていくうえで，環境との更なる調和を求められていくなか，工期制約等厳しい環境条件の課題を克服しながら，環境，安全，品質，工程，コストを管理した本事例が今後設計，施工計画，工事管理の一助となれば幸いである．

参考文献

- 1)土木学会編：水力公式集（平成11年版）
- 2)堂免，高塚，松井，佐藤：開発と自然環境との共存を目指した放水路トンネルの施工，トンネル技術協会 第48回施工体験発表会，2001.11



当初設計 内空断面積 31.3m² 変更(地質良好部) 内空断面積 43.8m² 変更(地質不良部) 内空断面積 42.7m²

図-2 放水路断面の新旧比較