

様々な課題を克服した水力発電所の新設工事 — 新得発電所新設工事のうち土木本工事 —

野呂昌司* 清野和徳** 湯田徹*** 金子和也****

本報告は、約 60 年前に運転開始した水力発電所の老朽化に伴って新設される水力発電所の施工報告である。新設される発電所は地中 25m の深さに建設され、稼働中の発電所のすぐ横に位置することから、発電設備や変電設備、送電鉄塔などに発破振動などの影響を与えることは許されない。また、施工箇所周辺には絶滅危惧種であるクマタカの営巣木が複数存在し、クマタカの営巣活動に影響を与えることなく工事を進める必要があった。

キーワード：振動、騒音、変位、3D、プレキャスト

1. はじめに

新得発電所は昭和 30 年代に建設された上岩松発電所(1号) (出力 20,000kW) の老朽化に伴い、同発電所に隣接する土地に新設される地下式の水力発電所である。水圧管路および放水路は既設の構造物へ接続される。更新される上岩松発電所は電力供給に非常に寄与している発電所であるため、新設発電所本体の掘削および躯体構築、放水池トンネルの施工は発電を停止せず営業運転を継続したまま実施する。そのためそれらの設備に影響を与えないよう、振動に対する配慮をしながらの施工が求められた。水路系の接続工事は運転を停止後、8カ月の停電期間中に施工を終わらせなければいけない制約が設けられた。

さらに、建設するエリアには、希少猛禽類であるクマタカの営巣木が複数存在し、営巣期である2月～8月は夜間作業禁止、発破作業禁止などの制限事項があり、環境に配慮した施工が求められた。

主な工事内容としては、発電所基礎工事(本館躯体)、ゲート立坑工事、放水池工事、放水路工事、水圧管路基礎工事、土捨場工事である。

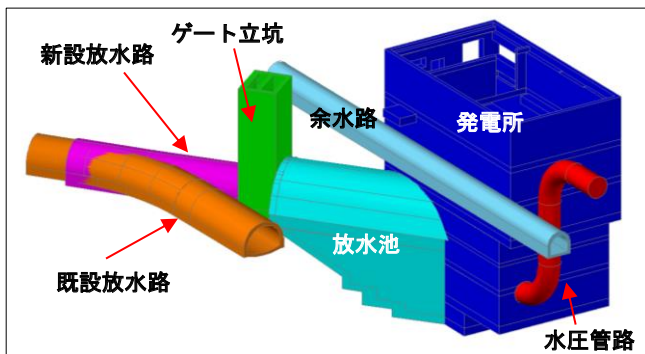


Fig. 1 発電所全体鳥瞰図

- * 北海道支店 土木部 新得発電所作業所
- ** 北海道支店 土木部 新得発電所作業所
- *** 北海道支店 土木部 新得発電所作業所
- **** 北海道支店 土木部 新得発電所作業所

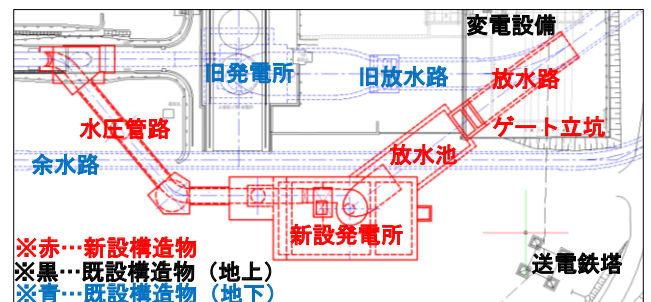


Fig. 2 新旧発電所平面図

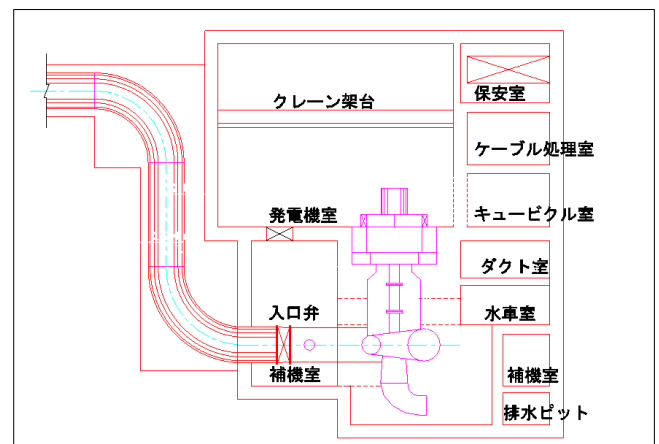


Fig. 3 発電所断面図

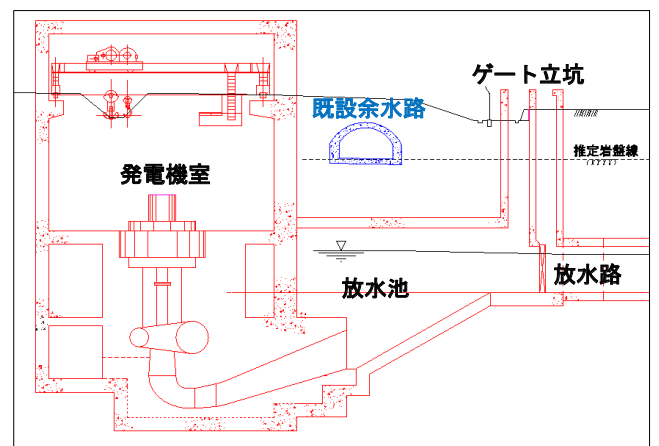


Fig. 4 発電所縦断面図

地質は地表から4m程度までは河岸段丘堆積物の砂礫層が分布、それ以深は日高累層群の泥岩(粘板岩)が主に分布し、砂岩も一部で確認された。RQDは0~76%までの範囲で10~40%が多い。CL~CM級岩盤が多いが、一部CH級の岩盤も分布した。一軸圧縮強度は16~190MPa(N/mm²)で軟岩~硬岩相当の強度であった。

発電所基礎及び放水池トンネル、放水路トンネル掘削は発破工法、非火薬破砕剤、機械掘削の併用により掘削し、NATM工法で支保を行った。ゲート立坑掘削はクマタカ営巣期の施工となるため、騒音・振動を考慮して非火薬破砕剤及び大型ブレーカー併用の計画とした。

本稿は、これらの課題に対して行った様々な工夫を紹介するものである。

2. 工事概要

- (1) 工事名：新得発電所新設工事のうち土木本工事
- (2) 発注者：北海道電力株式会社
- (3) 工期：2019年2月4日~2022年6月23日
- (4) 請負者：熊谷・荒井共同企業体(比率80:20)
- (5) 請負金額：2,061,251,868円(最終)
：2,041,200,000円(当初)

(6) 主な工事内容：

① 発電所基礎工事

(W=15.5m, L=27.0m, H=30.6m 地下式発電所)
土留工(親杭横矢板)一式、掘削(開削)10,098m³、吹付コンクリート1,510m³、ロックボルト751本、コンクリート4,421m³、鉄筋252.9t、型枠5,070m²、支保工5,194空m³、足場3,182掛m²

② ゲート立坑工事

φ8.0m 深さ16.1m 躯体コンクリート189m³、鉄筋11.3t

③ 放水池トンネル工事

掘削断面88.2m²(平均)、掘削延長21.8m、覆工コンクリート515m³、鉄筋25.8t

④ 放水路トンネル工事

掘削断面25.8m²、掘削延長21.6m、覆工コンクリート230m³、鉄筋18.4t

⑤ 水圧管路工事

掘削739m³、コンクリート1,492m³、鉄筋11.4t

⑥ 土捨場工事

土砂敷均し転圧16,916m³、盛土法面整形3,568m²

3. 施工報告

3.1 地下発電所工事

3.1.1 掘削

(1) 親杭打設

発電所基礎は現地盤から深さ約25mの掘削を伴うが、

地表面から4m程度は土砂が分布しているため、親杭横矢板(H300 L=6.5m @1.5m 土留高さ4.0m グラウンドアンカー1段)で土留を行った。施工はリーダーレス杭打機(RX3500)にダウンザホールハンマを装着して行った。

(2) グラウンドアンカー

グラウンドアンカーは除去式とし、打設角度45°削孔径135mm 自由長L=5.5m 定着長L=3.0m 水平方向@4.5mのピッチで

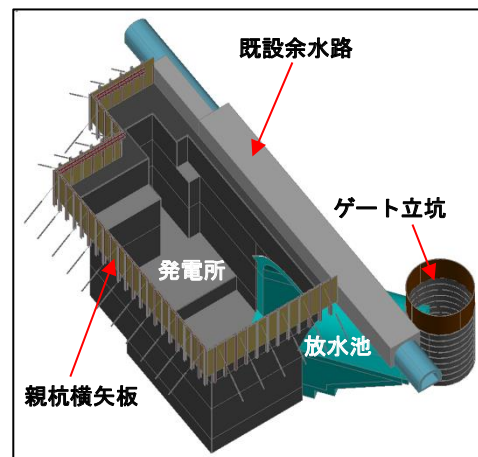


Fig. 5 掘削構造鳥瞰図

合計18本設置した。施工はロータリーパーカッションドリルを使用して行った。

(3) 土砂部掘削

地表面から4m程度分布する土砂の掘削は0.7m³級バックホウを使用して行い、斜路を造成して10tダンプトラックの走路を確保して直接積込を行った。土砂は埋戻しで使用する分を場内に仮置きし、残土は8km下流に位置する北電社有地に捨土を行った。

(4) 岩盤掘削

岩盤掘削を行うにあたり、制約条件として以下の条件をクリアする必要があった。

- ① 稼働中の既設発電所に対する振動制限
 - ・発電機等電気設備、変電設備、送電設備(2kine)
 - ・土木構造物(5kine)
- ② クマタカに対する騒音制限(営巣木付近で60dB以下)
- ③ 営巣期の2月~8月は夜間作業禁止(19時まで退所) 発破作業も禁止
- ④ 電気工事へのターンオーバーがあるので掘削を2020年3月までに完了させる

上記①~②の制約条件をクリアする対策として掘削は制御発破、非火薬破砕剤、機械掘削(大型ブレーカー)の併用で行い、対象構造物との距離、要所に配置した振動計の測定結果を次回発破にフィードバックするといった手順を繰り返し掘削を進めた。

施工は発電所基礎の掘削範囲(27.2×15.7m)を7分割し、1掘削当たりの深度を1.5mに設定した。掘削工法の選択は、分布する岩質や硬軟、既設発電所や既設構造物、電気設備や変電設備などへの振動伝播距離などを考慮して振動の影響が大きい順に発破>非火薬破砕剤>機械掘削の順で掘削工法の選択を行った。

一方で、騒音に関する影響の大きさは、大きい順で非火薬

破砕剤>発破掘削>機械掘削であり、総合的な判断が求められた。

また、発破工法については1発破当たりの面積、段数設定、1段当たりの薬量などを前回発破の振動測定結果をもとに細かい設定を行って振動制限を超えないよう細心の注意を払って施工を進めた。

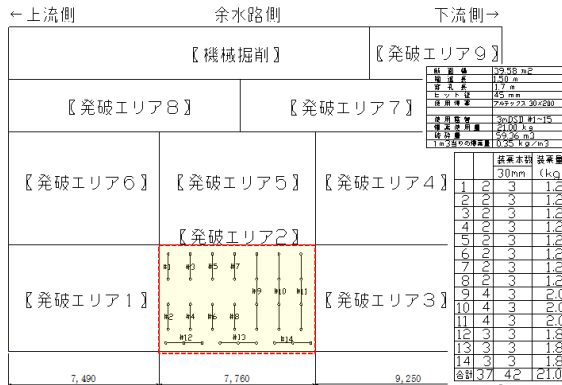


Fig. 6 掘削エリア分割例 (例)

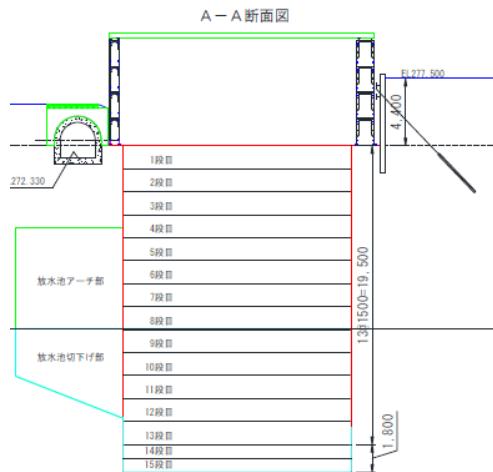


Fig. 7 掘削リフト割図

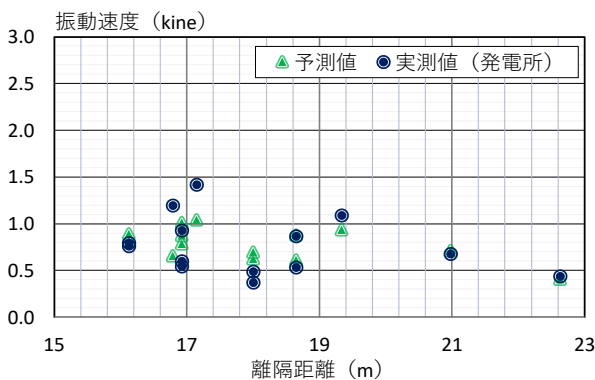


Fig. 8 発破振動予測と実績 (例)

掘削された岩ズリは 0.7m³ 級バックホウで鋼製のベッセル (当初 3.0m³, 後に 6.0m³ に変更) に積込み、120t 級のクローラークレーンにて地上まで揚重し、堆積を行った。

ズリ上げが完了したエリアの側壁部は、溶接金網を取り付けて吹付けコンクリート (t=10cm)、及びロックボル

ト (D25 L=3.0m @1.5m) を施工して地山を支保した。吹付けコンクリートは地上に配置したコンクリートモービルで生コンを製造し、コンクリートポンプにより掘削箇所まで圧送し、吹付ロボットにより吹付を行った。コンクリートポンプから吹付ロボットまでの生コンの圧送は、定置の鋼管を通してドッキングホースを連結して行った。冬期間は吹付けコンクリートの初期凍結の恐れがあったため、ブルーシートで吹付面を覆った上でジェットファーンエスの風管を設置し、給熱養生を実施した。

これらの掘削作業は発電所基礎エリアに隣接する水圧管路立坑部も、発電所基礎掘削の進捗に応じて同時に進めた。



Photo. 1 発電所掘削状況

(5) 変状対策

放水池トンネルを施工するための施工基面である EL261.165 まで残り 2.4m あまりになった 7 リフト目 (EL263.55) 掘削完了時に発電所山側 (水圧管路立坑部) の内空変位が管理基準Ⅱを超えたため、直ちに押え盛土で応急処置を講じて経過観察を行った。幸い、押え盛土を施したことにより変位増加は停止し、これ以上の応急処置は必要ないと判断したが、掘削を再開した際にこれ以上変位を増加させないための補強対策は必要であった。

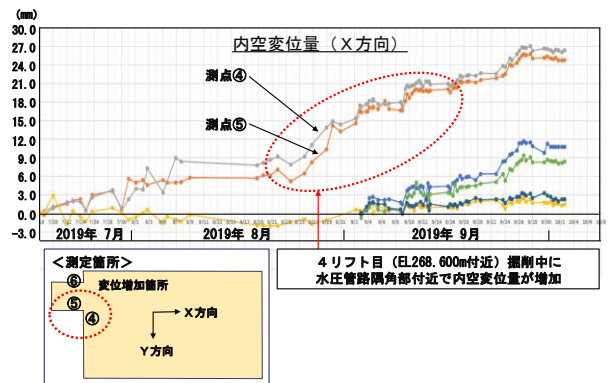


Fig. 9 内空変位経時変化図

対策工の検討、設計、資材の手配、施工に相当な時間を必要とすることが考えられたが、電気工事に対するター

ンオーバーの時期が決まっているため、発電所掘削の工程に影響を与えることは避けなければいけなかった。そこで、押え盛土を残したまま放水池トンネルを施工する基面まで最小限の掘削を行い、放水池トンネル施工中に発電所変位の補強対策工を施すことで全体の工程に影響を与えないよう配慮した。

この箇所の変状原因は、水圧管路隅角部付近が掘削に伴い応力解放されたことにより、岩盤の緩みが一気に進行したものと推察された。そこで、対象箇所に2本の水平ボーリングを実施し、コアの観察とボアホールカメラによる孔内観察を行った。その結果、地山背面部（水平深度8m付近）に弱層部および湧水箇所が認められたため、今後の掘削進捗の進展に伴い、緩み領域がさらに大きくなり変位がさらに増大することが懸念された。

上記の調査結果を踏まえ、対策工法を検討した結果、グラウンドアンカーによる地山の補強を実施することとした。グラウンドアンカーの設計にあたっては、ボーリング結果を基に最終掘削時の緩み領域を想定し、2次元すべり解析による物性値の逆解析を行うことで最終掘削時の想定すべり面に対する必要抑止力（グラウンドアンカーの必要本数）を算定した。

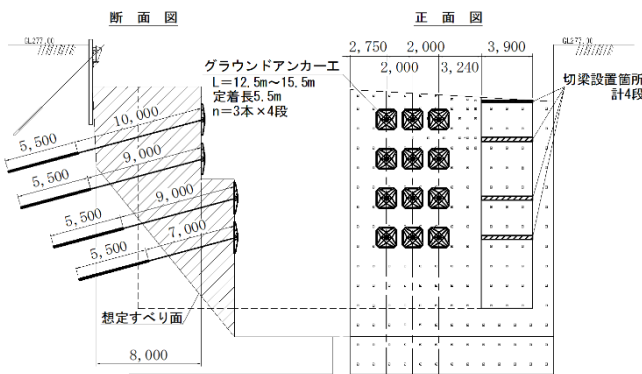


Fig. 10 グラウンドアンカー計画図

グラウンドアンカー（φ12.7mm×7本タイプ）は、山側（水圧管路側）に12本（3列×4段）配置し、受圧板には納入時期の制約をクリアできるスーパーメタルフレーム工法を採用した。また、アンカー頭部には常時・施工時のアンカー荷重を管理できるよう荷重計を設置した。

施工は、吊り架台を用いて作業ステージを確保し、スキットタイプのロータリーパーカッションドリルにてケーシング削孔を行い、アンカー材の挿入・緊張・定着作業を順次進めた。アンカーは全4段の内、押え盛土より上に打設する上部2段を先に行い、下2段は押え盛土撤去と掘削の進行に合わせて順次打設を行った。

また、山側（水圧管路側）の隅角部については、グラウンドアンカー緊張時の荷重（684.5kN）を掛けた際に、隅角部壁面が内側へ変位するのを防止するため、グラウンドアンカー設置高さと同じ位置に補強材として切梁および腹起しを設置した。



Photo. 2 グラウンドアンカー設置状況

上記補強工事と同時に放水池トンネルアーチ部の掘削と覆工工事を進め、同箇所の施工を終えてから押え盛土の撤去とEL261.165以深の掘削を進めた。

掘削再開後も多少の変位増加は認められたものの補強工事が効果を発揮し、無事に床付けを迎えることができた。

稼働中の発電設備に対する振動制限やクマタカに対する騒音の規制により、当初想定していた発破掘削や非火薬破砕剤を使用しての掘削範囲が大幅に縮小となり、大幅な工程遅延の懸念があったが、機械のセット数増加と休憩時間を交代制にするなどの作業時間の効率化などの対策を講じて1カ月遅れの工程遅延で掘削完了に漕ぎ着けることができた。

3. 1. 2 躯体築造

発電所躯体工事は最深部の排水ピットから施工を開始し、順次地下5階補機室、地下4階水車室、地下3階ダクト室、地下2階発電機室と上階に向かって施工を行った。その際、ドラフトチューブ、ケーシング、ピットライナー、発電機ベースなどの電気設備機器据え付けとのターンオーバーを繰り返しながらの施工が必要となったが、互いの工程に休止期間を設けない工夫として電気設備が設置されるスペースを区切る仮壁を発電機室の高さまで先行して築造し、それぞれの工事を連続して施工できるよう配慮した。

また、φ2.7mの水圧鉄管が設置された直上に施工される梁・スラブコンクリートにハーフプレキャスト工法（以下ハーフPCa）を採用し無支保工化することで、安全性の向上と工程短縮を図った。

これは、在来工法で施工する場合、水圧鉄管上部に支保工を設置するためのステージを設ける必要があり、そのステージを構成する資材が重仮設材（H300山留材L=4.5m W=450kg/本）となるため、打設後のステージ撤去

作業の安全上のリスクを回避するために採用することとした。

ジベル鉄筋を配置し、鉛直打継ぎ面には Fig. 14 に示す凹型のせん断キーを設けることで現場打ちコンクリートとの一体性を確保している。

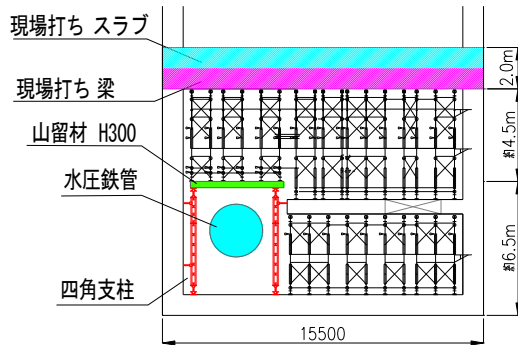


Fig. 11 在来工法施工断面図

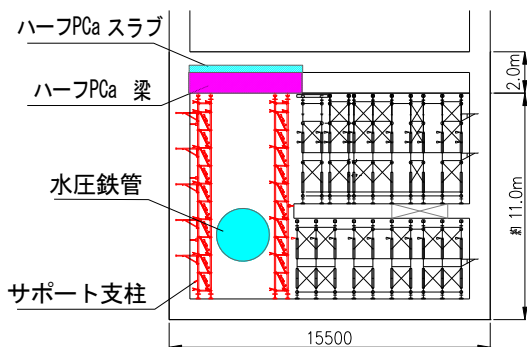


Fig. 12 ハーフ PCa 設置断面図

ハーフ PCa 部材の構造概要図を Fig. 13 に示す。水圧鉄管を避けて配置した支持間隔 5,410mm の支保工上に、引張主鉄筋を内蔵した部材厚さ 1,000mm のハーフ PCa 梁と、同様に引張主鉄筋を内蔵した厚さ 350mm のハーフ PCa スラブを設置する。その後、圧縮主鉄筋および配力筋を現場配筋し、ハーフ PCa 梁とハーフ PCa スラブの上にそれぞれ 1,000mm 厚、650mm 厚の現場打ちコンクリートを打設することで、2,000mm の梁せいと 1,000mm 厚のスラブとする設計とした。鉄筋の接続には機械式継手を採用した。

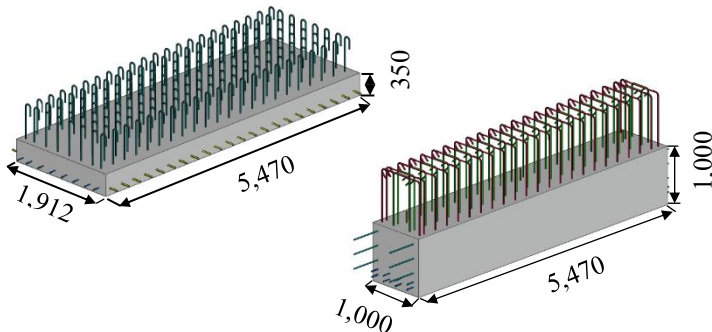


Fig. 13 ハーフ PCa

ハーフ PCa と現場打ち部分の一体性を確保するために、打継ぎ面となるハーフ PCa 表面にはコンクリート凝結遅延剤と高圧洗浄機を用いた洗い出し処理により粗面を形成した。また、水平打継ぎ面にはせん断補強筋を兼用した

3つの部材を設置後、露出鉄筋と現場組立鉄筋や型枠のセパレーターとを鉄筋クランプや鋼材を用いて固定することで、現場打ちコンクリート打設によるハーフ PCa 部材の滑動や落下に対する安全対策を行った。現場打ちコンクリートの打設状況を Photo. 3 に示す。現場打ち梁ス

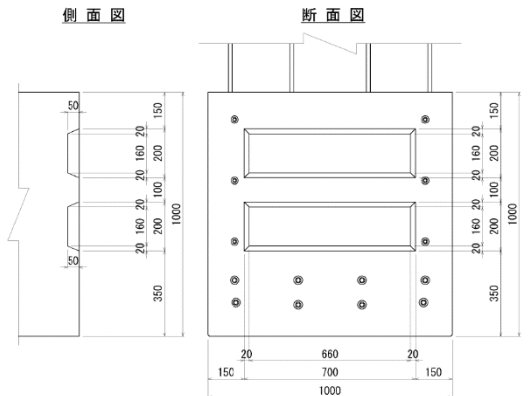


Fig. 14 鉛直面せん断キー (ハーフ PCa 梁)

部材はジオスター (株) の福岡工場で作成し、海上輸送を経て現地へ運搬した。設置にあたっては 80t 級のラフテレーンクレーンを使用し、慎重に作業を行った。

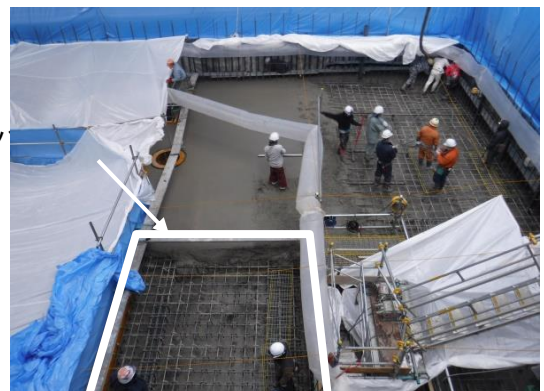


Photo. 3 現場打ちコンクリート打設状況

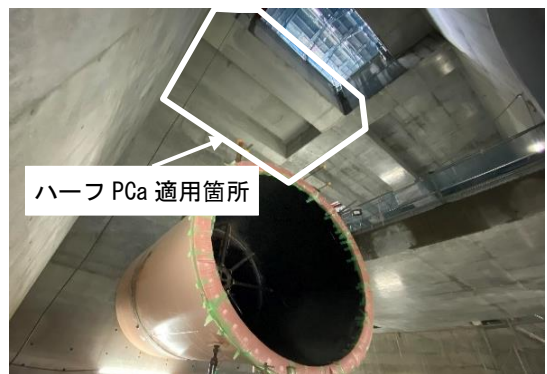


Photo. 4 施工完了状況

ラブとハーフ PCa 上を一括で現場打ちコンクリート打設することで、周辺のコンクリートと連続した梁およびスラブを施工することができた。

このような工程短縮の工夫を行うことにより環境対策で遅れた掘削工程の1カ月を取り戻し、各種試験や行政の検査、運転開始などのイベントのスケジュールを当初計画通りで進めることができた。

3. 2 放水池ゲート立坑工事

3. 2. 1 掘削

ゲート立坑の掘削はクマタカの営業期に施工を行う計画であったため、発破掘削は不可能であった。そこで、1リフトH=1.2m×10リフトの合計12.0m分を非火薬破砕剤にて掘削する計画であったが、岩盤にはひび割れが多く、非火薬破砕剤を挿入するための下向きの孔壁が自立困難であったことから、機械掘削への方針転換を余儀なくされた。

機械掘削では、800kg級ブレーカーで岩盤掘削を行い、ズリは0.28m³級のバックホウで集積のうえ、1.8m³ベッセルにズリを積込、50tラフタークレーンにて地上部へと搬出した。なお、搬出したズリはヤード内のズリ仮置場へ集積のうえ、土捨場への2次運搬を実施した。

3. 3 放水池トンネル工事

3. 3. 1 アーチ部掘削

放水池トンネルの坑口付けは、発電所基礎の側壁部に向かって斜めに掘進するため、一方にだけアーチが地山に入る偏圧部が生じることから、補強支保工（反対側土平部をヤラズで補強）と補強ボルト（D25、L=3.0m）を施工し、偏圧に抵抗する構造とした。

また、放水池トンネル上部には既設構造物の余水路が土被り4m程度で横断しており、余水路の沈下を抑制するためにAGFを施工して対策を行った。

さらに、放水池トンネルは既存の設備（余水路、発電所、送電鉄塔、屋外変電所）に非常に近設しており、トンネル掘削時の発破振動リスクが懸念されたが、振動計測を行いながら非火薬破砕および発破掘削を実施し、振動管理値の遵守が困難な掘削箇所については、大型ブレーカーによる機械掘削を選択することとした。

しかし、発電所設備との隔離距離が非常に近いため、必要な装薬量による発破を実施できず、結果的に発破掘削から機械掘削に変更せざるを得ない状況が多かったため、徐々に作業進捗が悪化した。

機械掘削の効率を少しでも上げるため、ふかし発破（親だいのみ発破）を実施し、掘削箇所岩盤内部を少しでも緩めた上で、ブレーカーによる掘削を行った。

なお、放水池トンネル掘削時の内空変位は偏圧部も含めてほぼ見られなかったとともに、既設余水路の沈下も2mm程度と許容範囲内で収めることができた。

3. 3. 2 アーチ覆工

トンネル部はアーチ部覆工を先行して構築し、その後、トンネル下部掘削と側壁・インバート躯体を施工する逆巻の計画とした。これは放水池トンネル下部のインバートが縦断的に約30°の傾斜を持つ構造（アーチ部は水平）であるため、下部の掘削を終えてしまうとアーチ覆工で使用するセトルが移動できなくなることが理由である。

また、発電所角に斜めに取り付く放水池アーチは発電所壁面での切り口が超扁平断面となるため、通常の2Dでの設計では施工困難な鉄筋量（4-D32@125）が必要となった。そこで、アーチ全体を3Dシェルとしてモデル化し、3次元で設計を行うことで現実的な鉄筋量（2-D16@250 両方向主筋）とすることができ、合理的な設計をすることができた。ただし、両方向主筋となるため縦断鉄筋も全スパン繋いで施工を行っている。さらに、逆巻で施工するため、アーチ鉄筋の下端には機械式接手のスリーブを呑み込ませる分の余長をスタイロフォームで養生して仕込み、のちに施工する側壁の鉄筋との接続を行った。

また、他現場における同形状の施工事例から、吹付コンクリートによる背面拘束が原因でアーチ覆工にひび割れが発生する事象を確認したことから、ひび割れ抑制対策としてアイソレーションシートを設置した。

逆巻工法で施工するアーチ覆工の落下防止対策として掘削形状をキーを持ったキノコ型断面で計画したが、岩盤の摂理に沿ってキー部分に余掘りが発生し、沈下に抵抗できる十分なキー形状を保てなかったため、ロックボルトを突き出した形で増し打ちし、せん断抵抗力を確保する補強を行った。

コンクリート打設はL=21mのトンネルを3分割し、ゲート立坑側から発電所に向かって施工した。

3. 3. 3 下部掘削

アーチ部の覆工完了後、発電所基礎掘削と並行してトンネル下部の岩盤掘削を実施した。なお、掘削に関しては、新設したアーチ覆工のコンクリート材齢が若いことや発破作業に伴う飛石等の養生対策が困難であることから、機械掘削による掘削を選定した。

岩盤掘削は1,300kg級ブレーカーで行い、掘削したズリはバックホウで発電機基礎エリアの所定の場所まで搬出し、発電所掘削のズリと一緒にベッセル（6m³）に積み込んで、クローラークレーンで地上部に揚土した。

3. 3. 4 インバート、側壁の施工

インバート部はその形状が急傾斜であるため、コンクリートが流れ落ちないように布製のエア抜き対策を施した蓋付きの型枠を設置して、3分割に分けて施工した。

インバート完了後、側壁鉄筋の組み立てを行った。側壁の鉄筋はインバートとの接手をラップ、アーチとの接続はモルタル充填式の機械式接手で行った。

コンクリート打設は、逆巻となるアーチ部との接続部

の空洞発生を防止するため、側壁のコンクリート天端を10cm下げて打設し、残った10cm部分に無収縮モルタルをグラウト注入することで確実な充填性を確保した。



Photo. 5 放水池トンネル施工状況



Photo. 6 放水池インバート施工状況



Photo. 7 放水池トンネル施工完了

3. 4 放水路トンネル工事

3. 4. 1 掘削

新設する放水路トンネルは隣接する上岩松1号発電所の放水路トンネルに接続される計画のため、上岩松1号発電所の停止を待って施工を開始した。また、掘削に当たっては既設放水路の接線上に取り付く平面線形のため、掘削の過程では超扁平の大断面空洞となり偏圧や天端の不安定化などのリスクが考えられた。そこで既設トンネルと新設トンネルの接続部をあらかじめエアモルタルで閉塞しておき、掘削部に空洞が現れないようにすることでトンネル掘削時の安定を確保することとした。

また、放水路トンネル掘削はゲート立坑を発進基地とするため、機械の出し入れや掘削ブリの揚重、資材の投入などはすべてゲート立坑横に設置した50tラフタークレーンを使用して行った。

掘削工法は既設の設備への振動、新設した土木構造物などへの振動及び飛石の影響を考慮して大型ブレイカーによる機械掘削を採用した。掘削ブりはパイプクラムシエルで地上まで荷揚げ、堆積を行った。昼方みの施工で延長21.6mを32日で施工を完了した。

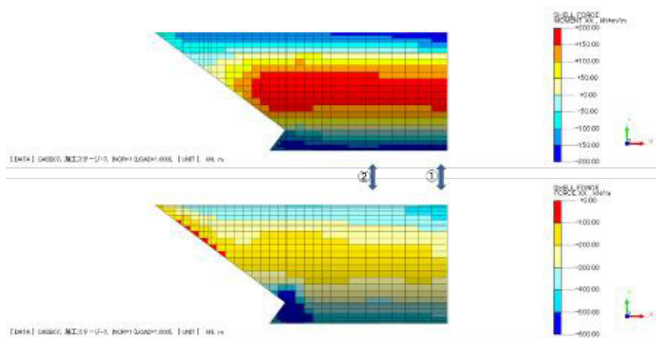


Fig. 15 放水池3Dシェル覆工設計(例)



Photo. 8 放水路トンネル切羽

3. 4. 2 覆工・インパート

掘削完了後、アーチ覆工は6mのセントルを使用して4BLで施工を行った。

停電期間の限られた時間でゲート立坑躯体、放水路トンネル覆工、制水ゲート取付などを行う必要があったため、最終工程であるゲート立坑躯体と隣接する放水路トンネル覆工 1BL 打設後ただちにゲート立坑躯体工事に着手した。そのため最終 4BL 目の打設は両ラップの打設となり、エア抜き孔の装備や吹き出し口の工夫などを行う必要があった。最終打設完了後、セントルの解体・搬出は放水口から行った。

また、放水路トンネルは防水シートを必要としないトンネルであったが、吹付けコンクリートによる覆工コンクリートの背面拘束が原因のひび割れ発生を防止するためにアイソレーションシートを全周に敷設してひび割れ防止対策を行った。



Photo. 9 発電所完成全景

4. まとめ

(1) 既設の発電所設備に対する振動制限、クマタカへの騒音制限

・・・振動計による計測を行いながら次工程へのフィード

バック、非火薬破砕剤の使用、機械掘削の範囲拡大などにより問題をクリア。

(2) 工程厳守への取り組み

・・・地山変位への迅速な対応、ハーフ PCa 採用による効率化、躯体構築順序変更による工程ロス低減の工夫。

(3) 複雑な躯体形状への施工上の工夫

・・・3DCAD を活用した施工管理、3D シェルによる覆工設計、逆巻工法に対する様々な工夫。

謝辞

当工事は計画段階から施工方法の検討や使用資機材の検討・手配、地質の評価や対策工の検討、特殊形状躯体の設計手法の提案など、そのほか様々な協力を本支店の皆様から頂いた。まさにオール熊谷組で完走することができたプロジェクトだったと考える。ご協力いただいた皆様にこの場をお借りして感謝を申し上げる次第である。

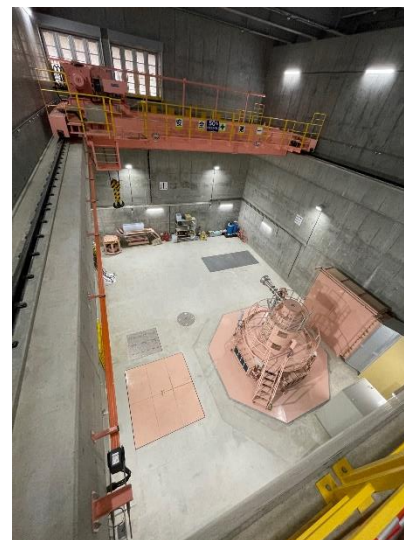


Photo. 10 発電機室内部

参考文献

- 1) 北海道電力株式会社 新得水力発電所建設所：新得発電所工事誌, 2022
- 2) 西村公宏, 野呂昌司, 清野和徳：大型ハーフプレキャスト工法の適用事例, 土木学会, 2021
- 3) 野呂昌司, 清野和徳, 西村公宏：大型ハーフプレキャスト工法の適用事例, 電力土木, 2022. 7

Construction of new hydroelectric power plant

completed through various challenges

—Main civil engineering work in the construction of Shintoku Power Station—

Shoji NORO,* Kazunori SEINO,** Toru YUDA,*** Kazuya KANEKO****

Abstract

This report describes the construction of a new hydroelectric power plant built to offset the deterioration of a hydroelectric power plant that began operating roughly 60 years before. Since the new power plant was to be constructed at a depth of 25 m underground and located adjacent to the existing power plant under operation, it was stipulated that blasting vibrations and the like could not affect the existing power generation systems, substation equipment, and transmission towers, and that the construction work could not disturb several nesting sites of mountain hawk-eagles (*Nisaetus nipalensis*, an endangered species) present near the construction site.

Keywords: vibration, noise, displacement, 3D, precast