

VI-17

第二上野尻発電所ドラフトトンネル掘削工法の合理化

東北電力（株） 正会員 ○ 保 坂 稔
前田建設工業（株） 佐々木 裕

1. はじめに

第二上野尻発電所は、福島県西会津町に建設中の出力 13, 500 kW の既設上野尻ダムを利用したダム式発電所で、この規模としては世界初となる立軸バルブ水車を採用するものである。本発電所のドラフト（吸出し管）は、発電効率を最大限に向上させるため断面を円形から漸次拡大させながら 90° に折り曲げて、横長の偏平断面に変化させた特殊な構造で、図-1 に発電所・ドラフト部の構造概要を示す。

このドラフト部のトンネル掘削にあたり、発電所立坑部および放水路トンネル部の既施工箇所の岩盤状況（亀裂、湧水等の有無）を詳細に調査するとともに FEM 解析を行い、当初計画した掘削工法（底設導坑先進工法）を中壁分割工法（センターダイアフラム工法、以下 CD 工法という）に変更し、大幅なコストダウンと工程短縮を図った。

2. 地質概要

当地点の地質は、基盤となる先第三紀の花崗岩の上位に、発電所の基礎岩盤となる新第三紀中新世のいわゆる「グリーンタフ」と称される火山レキ凝灰岩類が分布しており、ドラフトトンネル部もこの火山レキ凝灰岩内に位置している。これを厚さ約 12 m の段丘堆積物（砂レキ）と既設上野尻発電所工事で発生した残土（盛土）が覆っている（図-1 参照）。なお、火山レキ凝灰岩の岩質はほぼ一様な状態であり、表-1 にその平均的な岩盤物性値を示す。

3. 掘削工法の当初計画

ドラフトトンネル部は、断面形状が偏平かつ大断面であることから、小断面導坑を先行して掘削することにより岩盤状況を確認しながら施工できる「底設導坑先進工法」を採用するものとし、トンネルアーチ部の安定を図るため、発電所立坑側からの PC アンカー打設とトンネルアーチ部への先受補強工（パイプルーフ）を補助工法として併用することで計画した。

4. 掘削工法の変更計画

a. 変更理由

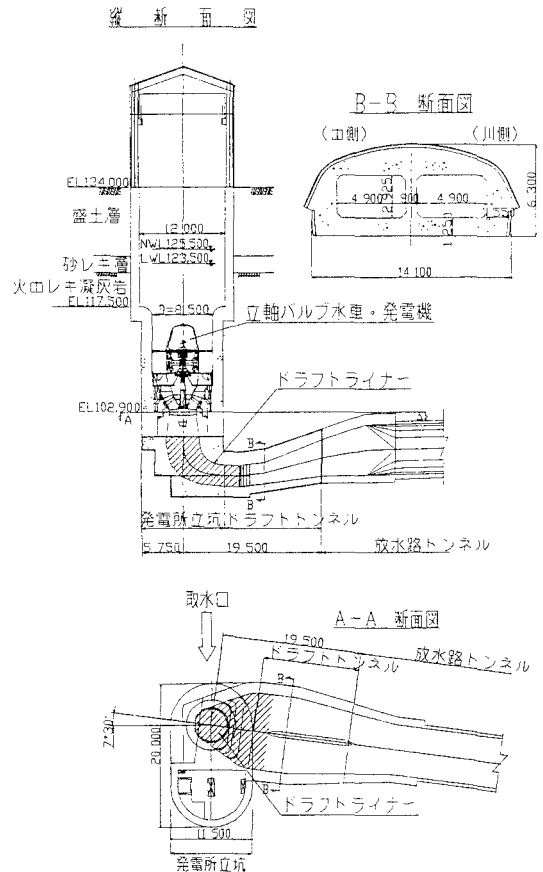


図-1 発電所・ドラフト部の構造概要

表-1 火山レキ凝灰岩の岩盤物性値

	単 位	物 性 値
単位体積重量: γ	kN/m ³	18.1
一軸圧縮強度: σ_c	N/mm ²	2.28
静弾性係数: E	N/mm ²	270.8
P波速度: V_p	km/s	1.85
粘着力: C	N/mm ²	1.00
内部摩擦角: ϕ	度	10.73
透水係数: k	cm/s	3.8×10^{-7}

ドラフトトンネル部に到達するまでの発電所立坑部および放水路トンネル部の掘削では、岩盤に亀裂や湧水もほとんど見られず、当初想定した状態よりも良好であることが確認できた。また、ドラフトトンネル部の掘削工程は、全体工程におけるクリティカル工程のうちの1つであるが、周辺道路事情の制約により施工機械の搬入開始が当初計画よりも約1ヶ月遅れたことから、ドラフト部の鋼製ライナーの据付工程を確保するためにもこの掘削工程の短縮を図る必要があった。

b. CD工法の採用

変更計画は、切羽の安定を確保しやすいCD工法の採用を検討することとした。検討にあたり、ドラフトトンネル部近傍で再調査した岩盤物性値を用いてFEM解析を行った。ドラフト部は、発電所立坑部の掘削完了後にトンネル側を掘削し、貫通させるのが通常の施工方法であるが、当工事の場合、工程上トンネル側を先行して立坑部まで掘削しておく必要があったことから、①ドラフトトンネル部を掘削した時点(CASE-1)、②立坑部の掘削が完了した最終状態(CASE-2)について解析を実施した。

図-2に示すCASE-1の解析結果から、トンネルアーチ部の緩み領域(安全率1.2以下)が最大2.8mと算定されたことから、ロックボルトの長さ3mを4mに変更して打設することとした。また、図-3に示すCASE-2の解析結果から、立坑掘削に伴うトンネルアーチ部に生ずる緩み領域が最大4.4mで、この領域に長さ6mのウレタンロックボルトを打設することとした。なお、ウレタンロックボルトは、トンネル側から施工することでより高い効果が期待できるが、トンネルの高さとボルト挿入用の削孔長がほぼ同じで施工が困難であることから、立坑側から施工することとした。

c. エアモルタルによる埋戻工法の採用

前述したとおりドラフトトンネル部は、本発電所工事工程上のクリティカルパスとなっており、万一のトラブルによる工程の遅れは後工程に大きな影響を与えてしまう恐れがある。そこで、先行する半断面の掘削・支保工の施工完了後、トンネルアーチ部の岩盤崩落を防止するため、立坑部から約6m区間を岩盤と同等の強度を有するエアモルタルによる埋戻しを行い、残りの半断面を掘削して先行掘削部の支保工と接合し、トンネルアーチ部の支保工を完成させた。最後は、写真-1に示すように、立坑部を所定の位置まで掘削してトンネル部と接続させてから埋戻したエアモルタルを取り壊してドラフト部を貫通させた。

5. おわりに

以上のように、最大幅14.1m、高さ6.3mの偏平断面のトンネル掘削において、切羽の安定を確保しやすいCD工法と適切な補助工法の採用により、約40%のコストダウンと当初計画した工事工程を確保し、無事貫通させることができた。

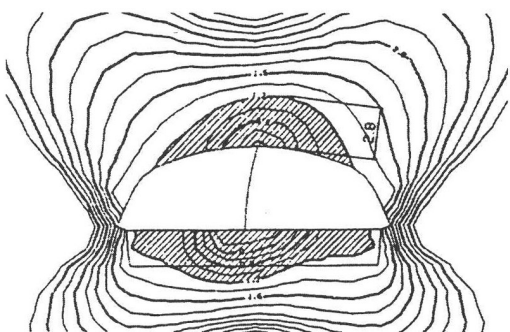


図-2 トンネル掘削時(CASE-1)の解析結果

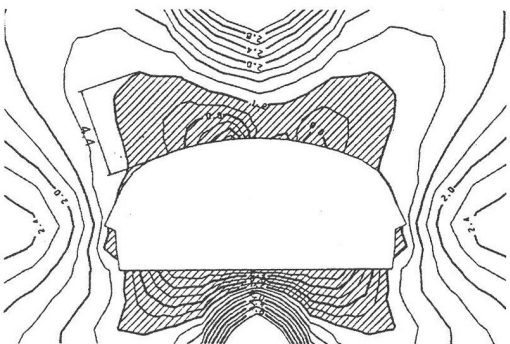


図-3 立坑掘削完了時(CASE-2)の解析結果



写真-1 ドラフトトンネル貫通状況