

VI-16

第二上野尻発電所放水路トンネル坑口部の施工について

東北電力（株） 正会員 ○榆 井 浩 一
前田建設工業（株） 満 田 昭 弘

1. はじめに

東北電力（株）第二上野尻発電所は、福島県西会津町に建設中の最大使用水量 $100\text{m}^3/\text{s}$ 、最大出力 $13,500\text{kW}$ のダム式水力発電所である。

本発電所の放水路は、延長約 218m で内径 7.0m の鉄筋コンクリート造り円形トンネルである。

この放水路トンネル最下流部の地山は、固結度の低い凝灰質砂岩および砂岩で構成されており、坑口部付近の土被りは約 5m と少なく、掘削時においては天端の崩落や切羽の崩壊が懸念された。

このことから、坑口部における施工の安全性確保のため、掘削に先立ちミニパイプルーフによる補助工法を実施するとともに、支保工はFEM解析により最適支保部材を選定のうえ施工を行った。

2. 地質概要

本発電所付近の地質は図-1のとおりである。トンネルの通過ルートは、ほとんどが新第三紀中新世のいわゆる「グリーンタフ」と称される火山礫凝灰岩で構成されているが、トンネル最下流部では凝灰質砂岩および砂岩が分布し、それらの上位を段丘堆積物が覆っている。トンネル地点の岩盤物性値を表-1に示す。

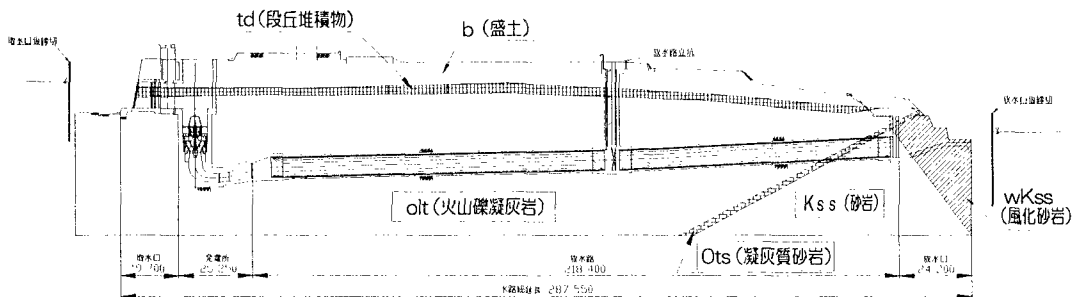


図-1 水路地質断面図

表-1 放水路トンネル地点の岩盤物性値

	単位	火山礫凝灰岩	凝灰質砂岩	砂 岩
単位体積重量： γ	k N/m^3	18.1	19.7	19.6
一軸圧縮強度： q_u	N/mm^2	2.28	1.27	0.04
変形係数： Db	k N/m^2	441.5×10^3	137.3×10^3	274.7×10^3
粘着力： C	N/mm^2	1.00	0.84	0.07
内部摩擦角： ϕ	度	10.73	10.40	42.10

3. 坑口部における補助工法の実施

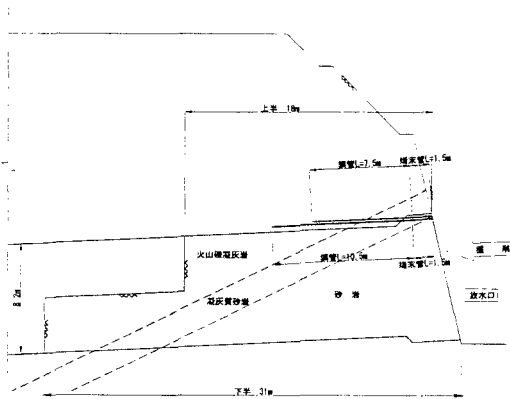
トンネル最下流部約 30m の区間は、河川出水時における放水口側からトンネル上流部への河川水流入防止対策として地山を残しておき、放水路立坑のゲート設置完了後の渇水期において、残った地山を放水口側の坑口部から上流方向に迎え掘りしトンネルを全線貫通させた。

この坑口部からの施工区間は、上記のとおり火山礫凝灰岩に比べ岩盤物性が悪く、また、坑口部付近の土

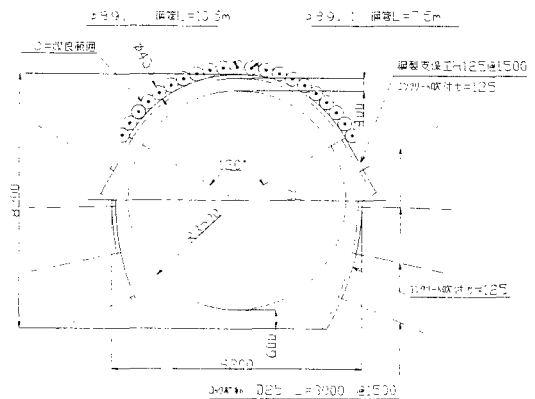
被りが約 5mと少ないため、掘削時には天端の崩落や切羽の崩壊を招く危険性が高いことから、坑口部における施工の安全性を確保するため、掘削に先立ちミニパイプルーフによる補助工法を実施した。

工法については、当初、注入式長尺鋼管先受工法（AGF 工法）を計画していたが、事前の放水口掘削状況や坑口部からの水平ボーリングの実施により施工範囲がほぼ特定でき、これらを考慮した解析で確認した結果から、施工性、安全性および経済的に優位なミニパイプルーフ工法に変更した。この工法変更より工事費は約 4 百万円の合理化を図った。

本ミニパイプルーフ工法は、掘削前にトンネルのアーチ部 120° の範囲に中尺鋼管（ $\phi 89.1 \text{ mm}$ ， $L=7.5\text{m}\&10.5\text{m}$ ）を 450 mm の間隔で打設し、鋼管内より地山にウレタン系注入材（シリカレジン）を注入することで、鋼管周辺の地山（ $\phi 450 \text{ mm}$ の範囲）を改良し先行緩みを抑制するものである。（図－ 2， 3 参照）



図－ 2 トンネル最下流部縦断面図



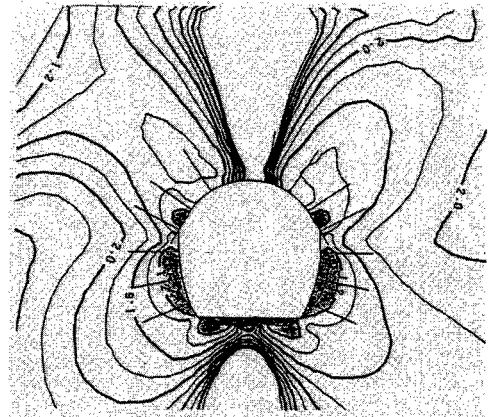
図－ 3 補助工法区間断面図

4. 施工区間の支保部材の選定

トンネル最下流部の施工区間における掘削後の支保部材は、地山全体を砂岩あるいは凝灰質砂岩で均質化した各々の地山について FEM 解析を行い、安全かつ経済的な最適支保部材として鋼製支保工 H125@1.5m

（上半），吹付けコンクリート $t=12.5 \text{ cm}$ ，ロックボルト D25 $L=3\text{m}\&1.5\text{m}$ を選定した。（当初計画は鋼製支保工 H150@1.0m，吹付けコンクリート $t=15.0 \text{ cm}$ ，ロックボルト D25 $L=3\text{m}\&1.0\text{m}$ ）

解析の結果は図－ 4 のとおりであり、地山に関しては上半脚部から下半側壁部にかけて深さ 1m 程度の緩み域が発生するが、その緩み域の範囲はロックボルトが発生緩み域を十分に支保できるものであり、支保部材の発生応力も許容応力内である。



図－ 4 FEM 解析結果（地山：砂岩）

5. おわりに

放水路トンネル坑口部の施工において、安全性確保のためパイプルーフ工法による補助工法を実施するとともに、掘削後の支保工は適切な支保部材を選定したことにより、掘削に伴う地山の変位もなく無事にトンネルが全線貫通となり、その後、全てのトンネル工事を完了することができた。