

NATMによる放水路トンネル及び立坑の掘削

小田島 雅三* Masazo Odajima
三浦 維男** Tadao Miura

木村 哲*** Tetsu Kimura

今市発電所工事において、放水路トンネル掘削の一部とゲート立坑掘削に NATM 工法を採用した。放水路トンネルについては圧力トンネルのため、全巻コンクリートの施工、一次二次グラウトの充填を考慮して、比較的岩質の硬い砂岩地帯（弾性波速度4.5km/s以上）の320mを NATM で施工した。ゲート立坑部は風化した粘板岩地帯で亀裂の多い地質であるが、全線37mを NATM で施工した（Fig.1）。

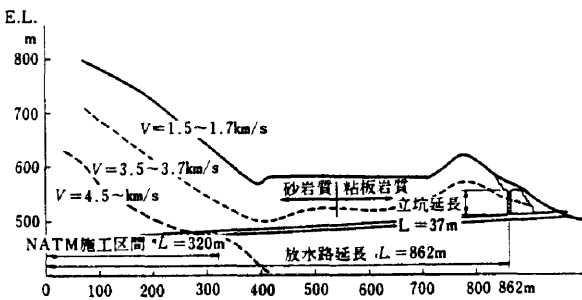


Fig.1 放水路工区縦断面図

1 工事概要

工事名 東京電力今市発電所新設工事のうち土木工事（放水路工区）
延長 放水路トンネル 862m
立坑 37m
断面 放水路 直径 D=7.3m (59.5m²)
立坑 56.4m²
内圧 5~11kgf/cm² (0.49~1.01MN/m²)

放水路トンネルのうち、放水口側の地質不良箇所はサイロット工法を採用し、発電所側に向って上半先進工法で掘削した。当初上半先進部は在来工法で掘削したが、発電所に近づいて健全な岩地帯となったところで

*関東(支)今市(出)所長
**関東(支)今市(出)副所長
***関東(支)今市(出)

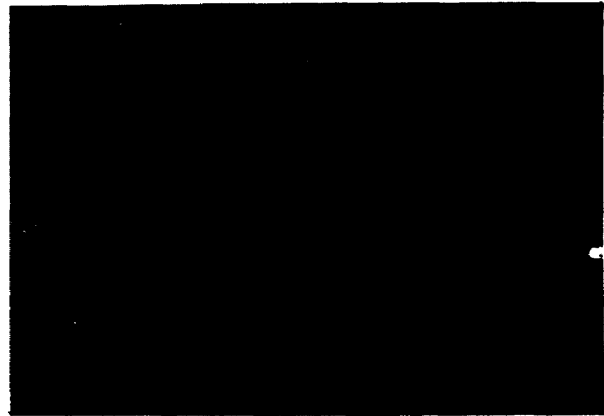


Photo1 放水路トンネルNATM施工状況

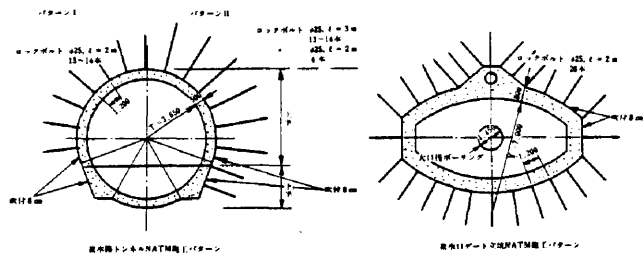
NATM 工法に切り替えた。下半掘削は全線 NATM 工法により掘削した。

放水ロケット立坑は、大口径ボーリング (BM-100N) で導坑を設け、ケーシングパイプを挿入した後、切掛けながら NATM で下がった。

2 NATM の施工

(1) 施工パターン

放水路トンネル及びゲート立坑掘削の NATM 施工パターンを示す (Fig.2)。



	放水路トンネル(NATM施工区間)		放水ロケット立坑
	パターンI	パターンII	
一 発 破 長	2.5~3.0m	2.0~2.5m	ブレーカー掘削 (2.5~3.0mサイクル)
吹付コンクリート	4cm×2層(ラス網無し)		8cm×1層 (ラス網使用)
ロックボルト	諸元	D25, ℓ=2m 上半ℓ=3m 下半ℓ=2m	D25, ℓ=2m
	通行方向 ピッチ	1.5m	1.5m (地質に応じて1.2m)
岩質区分	電 研	C _H -C _M	C _M -C _L
	西 松	II ℓ-II si	II s-I ℓ

Fig.2 NATM施工パターン

(2) 削孔、発破

放水路トンネルでは3ブーム油圧削岩機を用いて、φ42mmでVカットに削孔して長孔発破を行った。孔数は切羽の状況で異なるが、m²当たり2.2~2.3孔であった。また、含水爆薬を使用してペリメータ部はスムーズプラスティングによる制御発破を行った。節理の発達した岩だったが、周辺孔間隔45cmでほぼ円滑な面が得られた。

火薬量は上半で0.9~1.3kg/m³、下半で0.3~0.5kg/m³だった。

なお、一発破進行長はサイクルタイム及び掘削面の仕上り状況からみて、2.5m程度が最適と考えられた。

立坑の切抜掘削では作業環境の改善と安全性の向上を期待し、実労働時間のロス減少と余掘量の減少を目指し、全線にわたり火薬を用いずブレーカ工法を採用した。

エアブレーカ(734 BB 817 AT搭載 MS60型バックホウ)で破碎した後、アタッチメントをバケットに取り替え礪(ズリ)を導坑内へ投下した。2.5~3.0m掘削した後、機械を入れ替え、ロックボルト、ラス網張り、吹付けを順次施工した。

(3) ロックボルト

ロックボルト(異形SD-35, D-25)はポリエステル系樹脂を用いた全面接着型とした。

(4) 吹付コンクリート

コンティニアスマキサー(CM-250型)で空練りしたコンクリートをトラックミキサー車で運搬し、アリバ260で吹き付けた。放水路トンネル吹付には吹付ロボット(ダンプトラック改造型)を使用し、2層に吹き付けて吹付厚を8cmとした。

立坑吹付時は、ラス網(#12, 100mm目)布設後、立坑上部坑口盤に設置したアリバ260からホースを下げ人力で施工した。

(5) サイクルタイム

放水路トンネル及びNATM施工実績サイクルタイムを示す(Fig.3)。

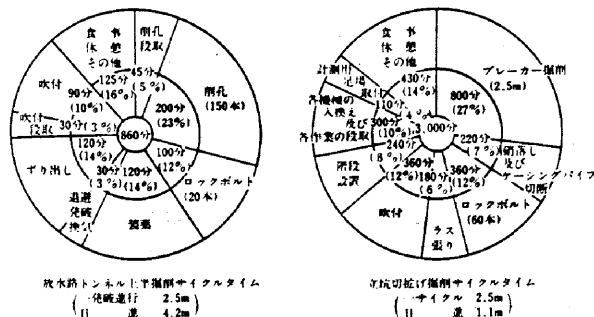


Fig.3 施工実績サイクルタイム

(6) 計測工

放水路トンネルでは30mごとに測点を設け、コンバージェンスメジャーによる2点式内空変位測定を行った。計器設置直後の発破で3~4mmの変位が生じ、切羽進行20m前後(約2.5D)で最大9mm程度の変位に

達し収束する傾向にあった。また、下半掘削により一旦拘束のバランスが崩れ再度収束する様子も見られた。ゲート立坑については10m間隔で4点式内空変位測定を行ったが、ブレーカ工法の採用で地山のゆるみが少なく施工できたせいか、2~3mmの変位で収束に至った(Fig.4)。

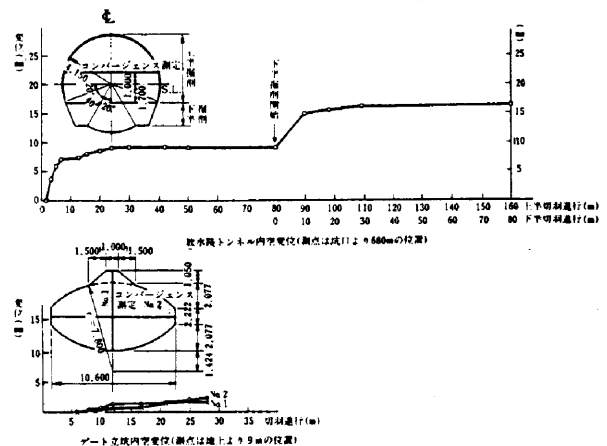


Fig.4 内空変位測定結果

3 まとめ

- (1) 吹付ロックボルト工法では在来工法のようなH型支保工という定規がないため、余掘りを減らそうとすればするほど内空断面の確保がむずかしくなって苦勞したが、トンネル周辺に5台のレーザーを据え、削孔のたびに毎回マーキングを行うとともに吹付厚の管理にも充分注意を払うなどして、良好な結果を収めることができた。
- (2) 放水路トンネルの場合は、吹付ロボット使用により吹付箇所での粉塵の影響も少なかったが、現在のエアだけによる換気では充分といえず、今後留意しなければならない問題である。
- (3) 地質条件にもよるが、大口径ボーリングの導坑掘削、ジャイアントブレーカでの切抜掘削方式は、立坑掘削にとって、日進、コスト両面に安全面も加味したトータルコストの削減に、火薬工法に比べて有効であったと思われる。