

NATM 工法を採用した 地下発電所の立坑掘削

安部 俊夫*
Toshio Abe

最大出力11,000kWの小規模発電所である道営ポンテシオ発電所新設工事において、地下発電所立坑掘削にNATM工法を採用し工期短縮と工事費節減に寄与した。

1 工事概要

工事名	道営ポンテシオ発電所新設工事（第4工区）
発注者	北海道企業局
工期	自昭和55年7月～至昭和58年3月
工事内容	導水路トンネル・調圧水槽・水圧鉄管路・発電所・調水室の施工。

2 NATM 工法採用の経過

当初概略設計は、逆巻コンクリート（40cm）支保工による掘削工法で本体コンクリート巻厚は、1mであった。当初より工費的に大変厳しい事業であり、工法変更等により工費節減が望まれていた。当社施工の発電所工区も種々検討し、企業先に地下発電所たて坑掘削についてNATM工法の採用を提案した。

当社のトンネル委員会及び土木設計部が、現場において施工位置の地形・地下水位・ボーリング調査記録等の検討を行うとともに、企業先に工事記録フィルム・当社NATM施工規準及び施工計画を提出した。

なお、次の3工法の比較検討書も提出した。

- (1) 仮巻コンクリート案
- (2) 本体コンクリート逆巻案
- (3) NATM工法案

(3)の検討書においては、以下に示すNATM工法採用による利点を3点強調した。

- ① 工費的にはNATM施工後の本体コンクリート厚の節減を含め、他工法より25%程度節約できる
- ② 工程的には他工法と比べ約1～2ヶ月程度短縮できる。

- ③ 安全性については、従来工法の支保工では費用の増大とともに崩落の危険がある。一方、NATM工法では掘削後ただちに吹付コンクリートによって地山を覆うことにより粘板岩の弱点を補うことができる。また、ロックボルト増し打ち、長さ変更と地山の変化に対応しやすい。

以上の利点に基づき企業先が検討した結果、NATM工法の採用となった。

3 坑口処理工

GL-7m迄は砂礫層なので開削で施工し、額縁コンクリートを打設した。基礎廻りに50cm×50cmの暗渠工を設けた。

4 立坑掘削

たて坑掘削径・深さ・ロックボルト打設パターンをFig.1に示す。たて坑掘削に先だち、地質調査もかねて調水室の掘削（径4.5m×深37.1m）を支保工としてライナープレートを用いて施工した結果から、掘削は発破工法によらず、ジャイアントブレイカで破碎してNATM工法を採用するのが最適と考えられた。掘削は昼夜2交代で行い、1サイクルの進行長は1.2mとした。使用機械、標準サイクルタイムをそれぞれTable 1、Table 2に示す。掘削完了迄の実績はFig.2に示すとおりである。

設計吹付厚は20cmで、急結剤にコニックを使用して吹き付けた結果、吹付ロスは35～40%だった。Table 3に配合を示す。

ロックボルトは定着剤にセーフロックを使用し、全面接着型とした。軟岩のため削孔時のロッドの振れにより削孔径がビット径（38mm）の1.3倍程度となり、セーフロックの使用量が増大した。

5 計測結果

たて坑の計測位置はFig.1に示す副計測と主計測の2とおりとした。計測内容をFig.3に示す。内空相対許容変位量を直径の0.2%と設定して毎日計測を行い、事務所にマイコンを置いてデータの管理を行って地山の挙動に対応した。

内空相対変位は最大値で9mmを計測した程度で、地山の挙動は平均的に吹付コンクリート打設後3～4日で収束に向い、後はかなり小さな速度で進み25日程度で完全に収束した。

地中相対変位は2.5～4mの範囲でゆるみが計測されるだけで、ロックボルト打設パターン及び長さは適切

*札幌（支）ポンテシオ（出）工事係長

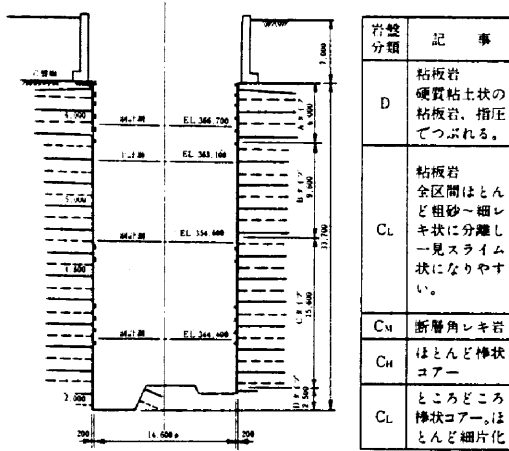


Fig.1 ロックボルト打設パターン

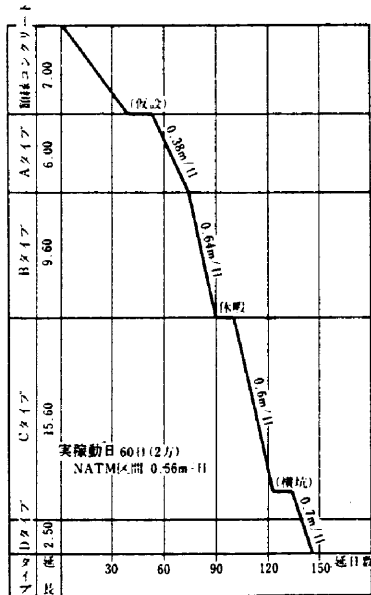


Fig.2 たて坑掘削実績

Table1 サイクルタイム

Aタイプ			
工種	数量	タイム	
破碎・ズリ出	深1.2m 掘削212m ³	1,200分	
Hリング据付	H-250 1基	120分	
吹付コンクリート	厚20cm 15～16m ³	240分	
ロックボルト	31本 削孔径38mm	300分	
機械吊入出その他		100分	
交代・休憩		360分	
計	昼夜2交代	2,320分	

Cタイプ			
工種	数量	タイム	
破碎・ズリ出	深1.2m 掘削212m ³	1,290分	
吹付コンクリート	厚20cm 15～16m ³	270分	
ロックボルト	31本 削孔径38mm	220分	
機械吊入出その他		120分	
交代・休憩		330分	
計		2,230分	

Table2 使用機械

工種	機械名称	台数	記事
掘削	ジャイアントブレーカー BB6	1	空圧0.3バックフォー装着
	トラクターショベル D31S-15	1	坑内腐蝕用
	クローラークレーン U-106ASL	1	搬出し用 ズリバケツ3m ³
吹付	コンクリートモービル 100T	1	
	コンクリート アリバー 260	1	吹付能力6～10m ³ /h
ロックボルト穿孔	トンネルエース 2ブーム	1	D95ドリフター

Table3 吹付コンクリート配合表

粗骨材寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	水 W (kg)	セメント C (kg)	砂 S (kg)	砂利 G (kg)	急結剤 Q (kg)
13	45	65	162	380	1,200	655	19

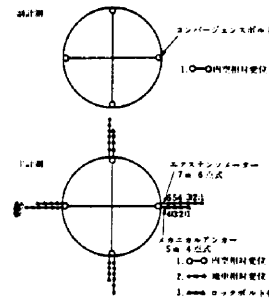


Fig.3 計測の種類

であったと判断された。

6 コンクリート覆工

NATM工法を採用したトンネルにおいて、2次巻コンクリートのクラック発生事例が多く報告されている。当現場においては吹付コンクリートと覆工を隔離すること、防水工をかねてシート張りを行った結果まったくクラックの発生は見られず、打継目その他からの漏水もなかった。打設型枠はダムフォーム式のスライド型枠とし、1サイクル2.4mの打設で巻厚80cmの本体コンクリートを完了させた。

7. まとめ

たて坑の掘削は、NATM工法が所期の目的どおり安全に、工期の短縮及び工費の節減に寄与して完了した。施工にあたり今後の注意を記す。

- (1) 作業員通路をらせん階段としたが、高さ20m以上は不適である。
- (2) 骨材の表面水は、吹付時のホース詰まりによる作業ロスを防ぐため、表面水管理を十分に3～6%程度とするのが適当である。
- (3) 長尺ロックボルト打設機械の選定。
- (4) セーフロックは3液攪拌混合のものを、攪拌せずに発砲定着が可能のように改良することが望まれる。
- (5) 湧水処理を確実に吹付コンクリートの施工性を良くする。