

VI-3 導水路改修工事におけるNATM工法の施工および計測管理について

東北電力(株)山形支店 正会員○和田 真一
正会員 高橋 秀悦

1. はじめに

東北電力(株)土木保守部門において、水力発電所の安定供給の維持および効率的運用は、最大の課題であり、土木設備のうちでは導水路の保守管理が大きなウェイトを占めている。

この重要な導水路の改修工事は導水路実態調査の結果に基づき計画的に行っている。本工事では工事期間の短縮により停止電力量の抑制をはかるためNATM工法を採用したので、その内容を報告するものである。

2. 工事の概要

(1) 地質概要

導水路地点の基盤は花崗閃緑岩であり、改修箇所の地質調査ボーリングの結果、基盤は安山岩の貫入に伴う熱作用による軟化およびマサ化していることが判明した。

(2) 設計の基本

NATM理論に基づいて導水路の改修工事を行うにあたり、基本的な設計手法は従来のNATM工法と同じとしたが、特に導水路周辺の地山は一度応力が解放されていることを考慮し、地質調査を詳細に行い、周辺地山状況の把握を行い、新設工事開始前の地山の応力状態を再現し、ロックボルトおよび吹付コンクリートの施工段階毎の解析を行うため、FEM弾塑性解析を行う。

地質調査の結果、局所的に地質の悪いところがあることから、解析モデルの物性値には地質調査で把握した値に対して安全率2を見込みFEM解析を行った。

FEM解析の結果、NATMの設計は1断面にロックボルト(D25, $\ell=3.6\text{m}$)6本を2m間隔で打込み、また、吹付けコンクリートは厚さ7cmとした。解析におけるロックボルトの最大軸力は8.62t(既設覆工撤去時)となった。

(3) 施工方法

本工事は、山形支店管内にある新落合発電所(最大出力20,000kW)の導水路(標準馬蹄形 $R=4.5\text{m}$)6.6kmの内、内部変状が甚だしい延長133mについて全断面巻替工事を行った。

施工方法は次のとおりである。

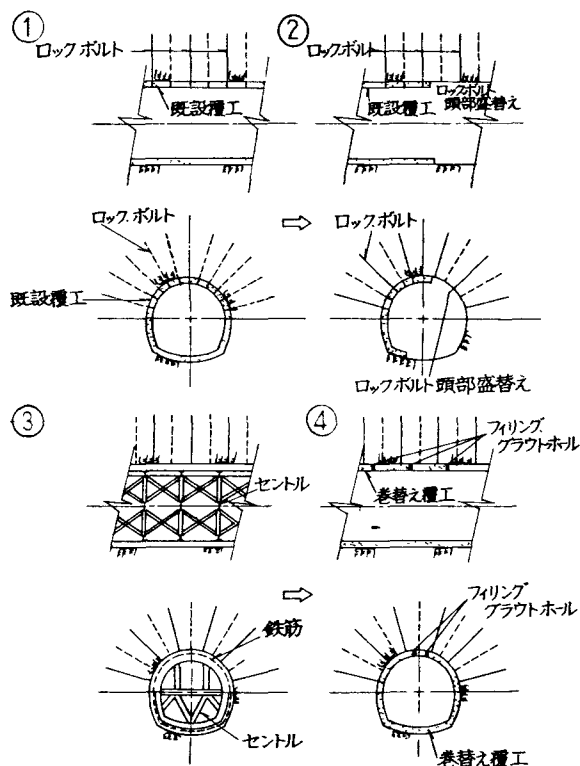


図-1 施工概要

- ① 既設覆工に穿孔し、ロックボルトを挿入し、レジンコンクリートにより地山に全面定着させる。
- ② 既設覆工を取壊し、ロックボルトの頭部を盛替、地山にコンクリートを吹付ける。
- ③ 鉄筋およびセントル型枠を組立、覆工コンクリートを打設し、セントルを解体し移動する。
- ④ 天端のグラウトホールよりフィリンググラウトを行う。

また、局所的な地質不良などのためNATMの設計値を越えた外力が作用する場合を想定して、事前にマニュアルを作成した。マニュアルは引抜試験より求めた引抜抵抗力和解析により求めた最大内空変位量から安全率を考慮した基準軸力(7.5t)および基準内空変位量 (0.85mm)を設定し、各々の値を測定値がオーバーしたとき、ロックボルトの軸力分布から塑性領域範囲を確認し、それに対応した長さの増しボルトを施工することとした。

(4) 計測管理

地山に密着した吹付けコンクリートおよびロックボルトによって地山自身が持つ支保能力を活用するため、施工中、安全性の確認および経済性の確保をはかるため次の計測管理を行った。

- a ロックボルトの各部の軸力から地山の挙動を把握し、ロックボルトの有効性および塑性領域の範囲を確認するため、ロックボルトの軸力測定を実施。(1断面3本×6断面)
- b 地山の挙動を把握するため、コンバージェンスメーターによる内空変位量測定を実施。(1断面3ポイント×6断面)
- c 施工前に各施工区間毎、試掘調査を行い覆工背面の地山の状況を確認するとともに、ロックボルトの許容引抜抵抗力を決定するため、ロックボルトの引抜試験を実施。(4箇所)

ロックボルト引抜試験の結果、引抜力と歪量から判断して引抜抵抗力を17tとした。

3. 施工結果

施工中、ロックボルト軸力測定6箇所のうち、3箇所でアーチ部の軸力が既設覆工撤去開始と同時に12tに達し、その後も増加傾向を示し、吹付コンクリートの施工後も増加傾向が続きロックボルト引抜試験より求めた許容引抜力(17t)に接近してきたため、事前に設定した対策マニュアルに基づいてロックボルト縦断打込み間隔を1.0mとするように増打ちを行った。その結果、ロックボルト軸力の増加傾向は翌日17.17t、内空変位量1.0mmで終息し、所定の工期で工事を完了することができた。

4. あとがき

NATMの特徴は計測結果を設計に反映させる事である、事前に想定される計測結果に対する対策をマニュアル化していたため状況にあった対策を施し、工事を無事に完了することができた。

また、従来の工法と比較して既設覆工撤去時に必要な矢板支保工の設置撤去期間がロックボルト打込みおよびコンクリート吹付けを行うことにより約1割短縮され、また、それに伴う工事費も約1割節減することができ、経営の課題である発電コストの低減をはかることができた。