

VI-66

信濃川水力再開発に伴う導水路トンネルの施工について

J R東日本 信濃川工事事務所(正)会員 木谷日出男・(正)増本治夫・(正)川名英二
(正) 水上 正信・(正)林 康雄・(正)熊本義寛

1、はじめに

J R東日本では、長期にわたり低廉で安定な自営電力を供給することにより、大きな経済効果と鉄道経営へ寄与することを目的として信濃川水力発電再開発工事を進めている。この内水路トンネルについては、取水口から約8kmの区間で本坑の掘削が完了し、本年4月から部分使用を開始している。

今回の報告では、その実績をふまえた若干の検討結果とこれに基づき実際に施工中に設けた支保設計についての管理基準の考え方を紹介する。

2、地形及び地質

本地域に分布する地質は第四紀洪積世前期の魚沼層群小国層と、信濃川沿いに洪積世後期の段丘堆積物がこれを被覆している。また、局所的には沖積世の崖錐堆積物、現河床堆積物が分布している。小国層は砂岩(Oss)、シルト岩(Oslt)、礫岩(Ocg)及び凝灰岩(Otf)からなり、それらが互層状に累重する岩相変化に富んだ地質で、全体に固結度は低く、砂岩、礫岩は被圧滞水層となっている。

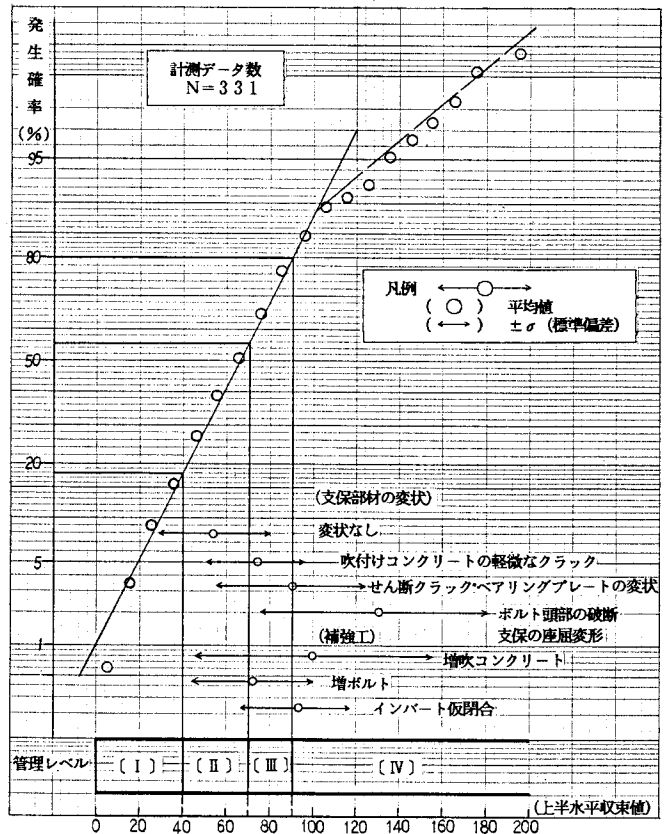
3、支保部材の変状と内空変位量

適切な支保設計の判断資料として、施工後に生じる各支保部材の変状状態の把握、検討は不可欠なものであり、坑内観察の中で切羽観察とともに重要な観察項目である。本トンネル施工においても、各支保部材に変状が認められ、図-1に示すように、その程度により整理し施工管理上の基準とした。

また、変位量については、上半水平収束値で全データ(331地点)の平均が72mmで、その分布には幅があるものの、100mmを越える部分は別にしてほぼ正規分布することが正規確率紙にプロットした結果からも認められる。これらの変位量は支保等の施工条件とともに地山条件に大きく左右されるものであり、各計測点については土被り厚や坑内観察などの資料から検討を行った。この結果、100mmを越える地点は初生的に弱面を持つ、あるいは風化・劣化が著しい地山条件であることが分かった。

図-1に見られるように、変状と変位量の関係を見ると、変状は変位量の大きさに伴いその程度が増している。変位量の発生確率を見ると50%確率で約70mm、20%、80%に40mm、90mmがそれぞれ対応し、さらに変状の程度から見ると40mm以下では状態I、40~70mmでI

図-1 収束変位量の発生確率



～Ⅱ、70～90mmでⅡ～Ⅲ、90mm以上でⅢ～Ⅳという区分ができる。特に著しい変状を呈するⅣの状態は90mm以上に集中することがわかる。この結果は本施工区間の周辺地山の破壊ひずみが、計測開始から1%（トンネル直径の1%が約90mm）程度であることを示しており、変位から見た管理上の一上限値と考えられる。さらに前述のように90～100mmを越える変位量は地山条件に左右されていると考えられ、この領域は変位量だけで管理することは工法的に必ずしも合理的ではなく、むしろ変状の程度をその指標とすべきであると考えられる。

なお、補強工を見ると、増吹付けコンクリートが比較的広い領域で用いられ、80mm前後では増ボルト、それ以上では仮閉合を併用あるいは使い分けていることが分かる。

4. 現場施工管理の基準と運用

ここで地山条件と変位量、変位量と変状の程度を整理し、全体を総括して設定した管理基準を表1に示す。この表は変状の程度と上半水平変位量の収束値及びその予測結果の2つの基準をもって管理基準とし各地質の状況を合わせた評価検討を加え、レベルⅠ～Ⅳに分け、計測断面付近の処置、あるいはそれ以降の支保変更の考え方についての運用を示すものである。この管理基準とその運用は施工途中から同様な考え方で進めたが、実績データの蓄積に伴い変位量の基準や変状型態の分類を修正している。

なお、変位量の管理に際しては収束結果だけではなく、掘削初期の計測結果から求めた予測値を用いて、判断資料とした。予測は、その目的から可能な限り早期にある程度の精度で予測する必要がある、トンネル直径1Dに相当する切羽距離9m（相関係数 0.78）時の計測値の解析結果に基づき回帰式を立て予測する方法を採った。

表1 管理基準

区 分		レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ	レベルⅣ
各レベルの基準	坑内観察 （変状の発生状況等）		・吹付けに軽微なクラック発生	・吹付けにせん断クラック発生とこれに伴う小規模な剝離 ・ベアリングプレートの変形	・レベルⅢの状況 ・ロックボルト頭部の破断 ・鋼製支保工の座屈変形
	上半水平収束変位量（計測結果及び予測値（mm））	$U \leq 40$	$40 < U \leq 70$	$70 < U \leq 90$	$90 < U$
基本的な対処の考え方	計測断面付近の処置		・挙動を監視する	※1） ・何らかの変状が見られる場合には現場の状況とデータを考慮の上、増ボルト、増吹付けを検討	※1） ・現場状況確認の上、直ちに増ボルト、増吹付け、仮閉合を施工 ・処置後の坑内監視を密に行って変状の進行状況、変位挙動を監視
	事後の支保変更の考え方	・切羽前方の地質状況、切羽の自立性、変位のモードあるいは変状の有無等を考慮の上、支保の軽減を計る	・収束変位量の予測値が連続的に40～50mmとなり、かつ切羽前方の地山条件に大きな変化がないと予測される場合には小規模な支保部材の軽減を検討	※2） ・収束変位量の予測値が連続的に80～90mmとなる、あるいは変状が連続的に発生する場合にはボルト、吹付けの増強等の段階的な支保のランクアップを検討	※2） ・90～100mmを越える状態が連続して予測される、あるいは変状が増ボルト、増吹付け、仮閉合等の施工後も拡大の方向で進む場合には検討の上、支保の増を計る

※1）現場の状況については地質条件等の確認と共に、施工上の問題の有無をチェックし問題がある場合には直ちに是正する。

※2）施工上の問題に起因した変位挙動と判断される場合は、その是正により対処することとし、その後の挙動を密に監視する。

5. おわりに

今回報告した導水路トンネルの施工管理の考え方については、現在J R東日本信濃川工事事務所で進められている信濃川水力発電再開発プロジェクトの延長約27kmの導水路トンネルの内、掘削を完了した約8kmの区間（信発第一水路トンネル）で得たデータに基づくものである。さらに昨年度着工した残り区間（信発第二水路トンネル）の工事を進めるに当たり、ここで得た情報に基づき、さらにより合理的な施工管理手法を確立すべく努力を重ねて行きたいと考えている。