

導水路トンネル RMR 評価法の実証について

東北電力株式会社 正会員 武田 亀次
 東北電力株式会社 ○渋谷 学
 東北電力株式会社 黒沼 隆

1. はじめに

流れ込み式水力発電所においては、導水路トンネルが建設工事費に占める割合が大きく、NATM工法により支保として施工したモルタル吹付やロックボルトをそのまま永久構造物とし、巻立コンクリートを省略することにより、コスト低減を図っている。

トンネルの支保タイプの選定は、従来、トンネル工事に精通した技術者の経験的判断に頼って決定しているのが現状であるが、当社実川発電所建設工事における専用道路トンネル工事において切羽観察により定性的に判断して選定した支保タイプを RMR (Rock Mass rating) 値による定量的な地山評価法で検証した結果をもとに、引続き施工した導水路トンネル工事における支保タイプ選定にこれを適用し、施工管理を行った。

本報告では、RMR 評価法に基づくトンネル支保タイプ選定の検証ならびにその実証結果について報告するものである。

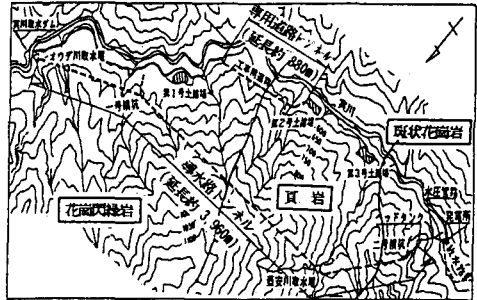


図-1 一般平面図

2. RMR 評価法の概要

トンネルの岩盤分類は、岩石の種類や硬さ、割れ目の状況、岩石や岩盤の物性値などを指標として多くの種類はあるが、我国におけるトンネルの岩盤分類は定性的な判断指標が主体で定量的な判断指標の主なものは弾性波速度である。

一方、海外におけるトンネルの岩盤分類は節理に関する指標の比重が大きく、また、Bieniawski や Barton による岩盤分類は定性的評価を評点に置き換えた定量的な分類方法となっている。

このうち、Bieniawski の RMR 法は地質構造は安定しているが節理の発達した岩盤において開発されたものであることから、当地点の地質に適した分類方法と考え、これにより支保タイプの選定を行った。

RMR 法は、表-1 の 6 つの項目に評価点を決め、その合計点をその岩盤の評価値とするものである。

表-1 RMR 値の項目と内容

項 目	内 容
①岩盤の強度	シュミットハンマーにより反発度を測定し岩盤の強度を切羽面で実測
②R、Q、D	岩の割れ目の間隔から推定
③節理間隔	岩の割れ目の間隔を切羽面で実測
④節理面の状態	岩の割れ目の面が風化しているかどうかを切羽面で評価
⑤湧水の状況	湧水が発生しているかどうかを切羽面の状態で評価
⑥節理の評価	節理の方向がトンネル掘削に対して安定かどうかを切羽面の状態で評価

3. RMR 評価法の導水路トンネルにおける実証結果

(1) 導水路トンネルの地質概要

図-1 のとおり、導水路トンネルの地質(延長約3,960m)は、古生層とこれに貫入した花崗岩からなり、大別すると、上流側導水路始点から約2,100mまでは比較的良好な花崗閃緑岩、2,100mから約3,700mまでは古生層の頁岩で、岩自体は堅硬であるものの潜在的節理が発達し、一部チャート化している。また、3,700mから終点までは斑状花崗岩で、水槽に近づくにつれ風化が発達しマサ化している。

(2) RMR 評価法の適用検討と支保タイプ別 RMR 値の設定

導水路トンネルにおいて RMR 評価法に基づく支保タイプ選定が適用可能かどうかを検討するため、先行して施工した専用道路トンネルにおいて検証を行った。専用道路トンネルでは、トンネル断面の大きさを考慮して農林水産省と水資源公団の岩盤分類を参考にして作成した支保タイプの判定基準(定性的に評価する方法)により支保タイプを選定し、また同時に、RMR 評価法(定量的に評価する方法)による切羽観察日報を作成し、切羽ごとに RMR 値のデータをとった。

その結果、RMR 評価法がトンネル支保タイプの選定に適用可能であると判断し、導水路トンネルにおける支保タイプ別 RMR 値を表-2 のとおり設定した。

表-2 支保タイプ別RMR値

種 別	支 保 タ イ プ	R M R 値
1 種	鋼製支保工(H100×100 1.5mまたは1.2m)	39～0
2 種	モルタル吹付(t = 7cm) + ロックボルト(D22 $\ell=2.0$ m c t c l. 5mm 千鳥3.5本/m)	65～40
3 種	モルタル吹付(t = 7cm)	100～66

(3) 実証結果

切羽ごとのRMR値ならびに支保工実績は図-2のとおりである。また、RMR値に対する支保工実績は図-3のとおりであり、土被り厚を考慮し、RMR値が60以上でも鋼製支保工を達込んだ区間を除けば専用道路トンネルの結果を基に設定した基準指標とほぼ一致する結果となった。

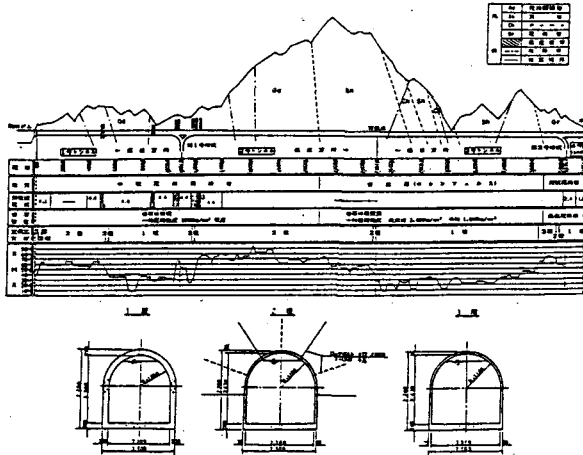


図-2 導水路トンネルのRMR値および支保工実績

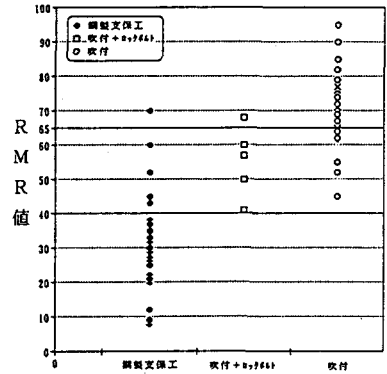
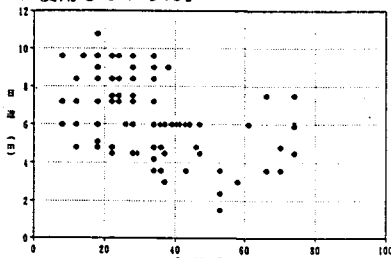


図-3 支保工別RMR値(導水路トンネル)

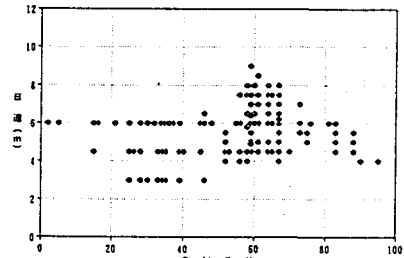
(4) RMR値と日進との関係

導水路トンネルにおける岩種ごとのRMR値と日進の関係を図-4に示す。この結果では、頁岩の場合はRMR値が大きくなるに従って日進は小さくなり、花崗岩の場合はRMR値が60以上では頁岩と同様の関係、40以下では一定、40～60ではRMR値が大きくなるに従って日進は大きくなる関係にあり、これまでのRMR値が大きくなるに従って日進も大きくなるという他地点の報告と異なる結果となった。

また、岩種によるRMR値と日進の關係に相違があったのは、RMR値が小さい(40以下)個所で、頁岩の場合はのみ下がり方が速いこと等により進行が上がったのに対し、花崗岩の場合は湧水などにより進行が落ちたためと考えられる。他の地点でRMR値を日常(日進)の工程管理に使用した例もあるが、当地点ではRMR値と日進の關係にばらつきが大きく、また、岩種ごとに相違もあったことから、工程管理には使用しなかった。



<頁岩>



<花崗岩>

図-4 RMR値と日進の關係

4. おわりに

トンネル支保タイプは地質、節理、湧水量等の地山の状況に応じて経験的に選定されていたのが一般的であったが、RMR値を用いて定量的に地山を評価することでより適切に現場管理を行うことができたとともに、経験の少ない若い技術者にもレベルのとれた判定が可能であり有効であることがわかった。

また、RMR値を工程管理の手法として用いるには、地点(地質)による特性を考慮したRMR評価内容の検討及び多くの地点のデータの取得・分析が必要であるものと考えられる。

<参考文献>

- 1) 内藤孝順, 河合定治, 古畑道夫: 「川原桶川水力発電所の建設工事の概要」, 電力土木, No.205