

CMI 報告

トンネル地山評価への取組み

—三重県・静岡県を対象として—

田辺 英夫・寺戸 秀和

1. はじめに

トンネルは、その施工法によって山岳工法（いわゆる NATM）、シールド工法および開削トンネルに大別される。今回は、このうち、山岳トンネルの施工時に実施される地山評価に関して、施工技術総合研究所の取組みを紹介する。

山岳トンネルは、吹付けコンクリート、ロックボルトおよび鋼アーチ支保工（これらを支保工と呼ぶ）を地山の性状に応じて組み合わせ、これを施工することでトンネルを建設する工法である。また、支保工によって地山を支持した後に、支保工とは別作業で施工されるトンネルの内巻き部材を覆工と呼び、支保工と覆工を合わせて支保構造と呼ぶ。

山岳工法では、地山の性状に応じて支保構造を設計するため、地山の性状をできる限り詳細に把握し、それを施工に反映することが重要となる。しかしながらトンネルは、地中に建設される線状構造物であるため、事前調査の段階で地山の情報をトンネル全線にわたって詳細に把握することは困難である。

このためトンネルの掘削中に地山を観察して評価する、いわゆる地山評価を行うことで、適切な支保工を決定する手法がとられる。ただし、この地山評価は経験的な判断を要求されることが少なくない。そこで当研究所では、三重県および静岡県において地山評価の手法や評価内容について検討する業務あるいは調査研究を行っている。

以下に、地山評価に関する業務および調査研究の概要を紹介するとともに、これまでの業務および調査研究から得られた知見を述べる。

2. 三重県における地山評価への取組み

三重県では、平成7年度から県発注のトンネルの施工時

に当研究所職員が現地へ赴き、地山評価および施工法の変更に伴う助言を行っている。その数は平成16年3月現在で25本、総延長12,741mである。

当研究所が地山評価を実施したトンネルは、主として伊勢志摩地方から熊野地方に向けた三重県中南部で施工されており、対象とした地質は、領家帯、三波川帯、秩父帯、四万十帯、熊野酸性岩類である。

当研究所が実施している地山評価は、まずトンネル施工前に地質調査および設計内容を把握することによって、各トンネルの施工時に発生しうる問題点の抽出を行い、その問題点（例えば、坑口部の補助工法、発破振動・発破音等）の検討および提案を行うとともに、各トンネルの切羽観察方法を提案している。

支保構造を変更する場合は、通常発注者と施工業者が切羽観察を行ったうえで決定されているが、三重県の場合は、県職員、施工業者と当研究所職員も一緒に切羽観察を実施して地山等級の判定を行い、計測結果等を併せて支保構造選定の助言を行っている。

地山評価を行うに際し、地山状況を点数化する岩盤評価点（平成16年度から新切羽評価点法に移行）を付けることにしており、地山評価を行う際の資料としている。

変更の判定基準は、切羽観察結果、岩盤評価点に加えて、それ以前の区間の地質の変化状況を把握し、地質構造を考慮した奥の地質状況の予測を行い、計測結果等を加味して判定している。また、施工時に発生した問題点（補助工法、発破振動・発破音等）についても、検討および提案を行っている。

三重県でも、多くのトンネルで地山評価の変更が行われ、しかもそのほとんどが変更増となっている。設計変更の原因としては、地質調査の段階におけるものと、設計時における地山に対する考え方の問題があり、主なものとしては以下の3項目が挙げられる。

- ① 地質調査結果と施工時に出現した地質との相違
- ② 設計時の地山等級の判定
- ③ 緩衝区間の未設定

このうち最も変更が多いパターンは②であり、トンネルの施工事例から設計を判断すると、特に弾性波速度に重きを置いて地山等級を判定している事例が多いように思われる。

トンネル掘進前の地山状態では、割れ目は概ね密着した状態にあるが、掘削に伴う応力解放によって開口する。塊状岩と層状岩では割れ目の間隔が異なるため、割れ目の間隔が狭い層状岩の方が緩み範囲が広がるものと推察され、弾性波速度は掘削後の地山状況を必ずしも適切に示していない場合があることに留意する必要がある。

そのため、設計時には弾性波速度だけに依存するのでは

なく、対象とする地質によって性質（特に割れ目の間隔と割れ目の状態）が異なることを理解し、これらの性質に対してトンネル掘削による影響がどのように生じるかということを理解しておく必要がある。

したがって、弾性波速度、ボーリング結果に加えて、同じ地質を対象とした近傍の施工事例を参考として設計すべきであるとする。施工事例は、地山評価の参考資料となるだけでなく、供用後の維持補修の際にも必要不可欠な資料であるため、施工事例をデータベース化するシステムの構築が必要であるとする。

3. 静岡県における地山評価への取組み

(1) 業務の概要

静岡県では、同県が発注するトンネルに対し、より合理的な設計・施工を行うことを目的として「トンネル技術検討委員会」を常設し、設計・施工技術に関する検討を行っている。当該委員会には施工技術総合研究所の職員が唯一外部からの委員として参画し、技術的な指導を行っている。また、同委員会への参画とあわせて、静岡県のトンネル施工実績の調査研究も行っている。

ここでは、施工実績の調査研究成果をもとに、静岡県における地山評価の特徴を紹介する。なお、本業務で実施した研究成果については、文献^{1)~3)}に示すように公表している。

(2) 静岡県の地質と地山評価の一例

静岡県の地質は、日本の地質の縮図と言われるほど多様な地質が分布している。施工実績の分析にあたっては、トンネルを地質ごとに分類し、それぞれの地質ごとに地山評価の特徴について考察を行った。ここでは、このうち四万十帯におけるトンネルの地山評価の特徴を述べる。

図-1は、静岡県の四万十帯のトンネルにおける設計時および施工時（実績）の支保構造の延長比率を表したものである。図中のCⅠ、CⅡ等の記号は、支保構造をパターン化したものであり、CⅠからDⅢに向かって支保剛性が高くなることを表している。

図-1に示すように、設計時に計画されていた支保構造は、施工中の地山評価によって剛性が高い支保構造へ変更

される傾向にあることが分かる。特に、設計時にはCⅠが全体20%程度の延長で計画されていたにもかかわらず、地山評価の結果、実績としてCⅠがほとんど採用されていないことが特徴として挙げられる。CⅠは、鋼アーチ支保工を用いない支保構造であり、CⅡ～DⅢは鋼アーチ支保工を用いる支保構造である。

以上のことから、静岡県の四万十帯におけるトンネルでは、鋼アーチ支保工が重要な支保部材として採用されていることが考察される。これは、四万十帯の地質が割れ目を多く含むことから、割れ目からの地山崩落を抑制するために鋼アーチ支保工が重要な支保部材として取扱われているものと考えられる。このことは、静岡県の四万十帯に限らず、同種の地質であれば同様の傾向があるものと考えられる。

4. おわりに

本報文では、山岳工法における地山評価に対する施工技術総合研究所の取組みを紹介した。

当研究所では、これまでのところ三重県・静岡県を中心に当該業務を実施している。これら両県は、中央構造線を挟み種々の地質が分布し、トンネル施工には難渋するところである。当研究所は、このような地質条件下での地山評価や技術指導を通じて、多様な地質に対するトンネルの実績を蓄積している。

今後は、これまでの業務や調査研究から得られた知見を広く反映できるように努めていきたいと考えている。

なお、本報文で使用したデータは、三重県および静岡県からの委託業務を通じて得たものである。

これらのデータの使用に快諾いただいた三重県および静岡県の関係各位に謝意を表します。

《参考文献》

- 1) 田辺ら：トンネルの地山評価に関する研究，施工技術総合研究所創立40周年記念論文集，2004.10.
- 2) 寺戸ら：合理的なトンネルの設計・施工に向けた取り組みとその効果，第23回西日本岩盤工学シンポジウム論文集，2004.12.
- 3) 寺戸ら：静岡県内の四万十帯におけるトンネルの支保ランクに関する分析と考察，土木学会第60回年次学術講演会（投稿中）.

【筆者紹介】

田辺 英夫（たなべ ひでお）
社団法人日本建設機械化協会
施工技術総合研究所研究第一部
専門課長

寺戸 秀和（てらと ひでかず）
社団法人日本建設機械化協会
施工技術総合研究所研究第三部
主任研究員

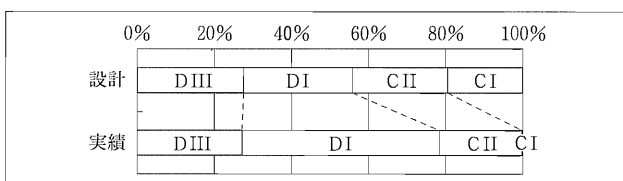


図-1 静岡県の四万十帯における支保構造の変更状況