

山岳トンネルの情報化施工における地山評価の現状と課題

公益財団法人 深田地質研究所 正会員 ○亀村 勝美

1. はじめに

我が国では、複雑でしかも風化・変質した地質に起因する必ずしも良いとは言えない施工条件にもかかわらず、多くの山岳トンネルが建設され供用されている。そして供用開始から長い時間を経るとともに山岳トンネルは、様々な状態変化を生じる。それらは、湧水の発生・増加、覆工コンクリートのひび割れの発生などのトンネル構造の安定性に直接影響を及ぼす心配のない軽微なものから、複数のクラックの発生、進展に伴うコンクリート片の剥離などのより深刻なものまで様々である。また供用開始後に、明らかに外力の作用の結果として生じるトンネル内空変位の増加、側壁の変状、路盤の隆起などトンネルの機能に重大な支障を来すものもあり、この場合には大規模な補修工事を余儀なくされる。しかし、すでに供用されているトンネルに対する大規模な対策工は、単に高額の工事費を要するだけでなく、工事期間中の交通・物流機能の低下など2次的に生じる社会的損失も大きく、トンネルの機能と安全を保つための合理的な設計・施工と維持管理は重要な課題である。

2. 情報化施工の現状と問題

機能上の問題を生じるような変状を回避するためには現在、標準工法となっている NATM の基本である情報化施工をその理念通りに行うこと、すなわち施工中に得られる様々な情報にもとづき、地山特性に適合した掘削法、支保パターンを選択する必要がある。しかし、実際に行われている事前の地質調査、施工中の観察・計測などによる情報だけでは、的確に地山特性を評価することは難しい。結果として事前の地山評価結果と実際の地山が一致せず、これによってトンネルの変状が引き起こされると考えられる。

土木学会トンネル工学委員会が、2007 年に出版したトンネルライブラリー第 18 号の中で、事前の評価結果と実際の合わない原因として表-1 の 5 つを示している。ここで(1)と(2)は、地質情報を得るためのハード的な問題であり、(3)と(4)は調査結果として得られるデータを設計や施工に反映させるための工学的判断上の、いわばソフト的な問題と考えることができる。そして(5)は、地質調査結果の解釈にかかわる問題点、知見などの情報が調査担当者から設計施工担当者に伝わらないこと、すなわち施工システム上の問題ということができる。

3. 先進ボーリングを実施したトンネルの施工結果

(1)、(2)に関連して十分な情報が得られるとどうなるかを検討した。北海道の道路トンネルでは施工要領でトンネル全線にわたる先進ボーリングが規定されており、事前調査段階と比較にならない多量の地山情報が得られている。表-2 は、16 トンネル、1245 データについて事前調査結果に基づき評価された地山等級と先進ボーリング結果に基づいて評価した地山等級を施工時に評価された地山等級との関係を示したものである。事前と施工とでは、76%が一致しているものの 19%が悪い評価となっている。これに対し先進と施工では 90%が一致し、悪い評価となったものは 9%に過ぎない。新たな地質調査法を開発することは容易ではないが、すでに確立している先進ボーリングを活用することによって、より多くの地質情報が得られ、地山評価の精度が向上していることが判る。

表-1 設計時と施工時の地山評価結果が一致しない原因

	原因(鈴木らによる)	分類
1	調査技術の限界	ハード的問題
2	不十分な調査	
3	事実と解釈の区別	ソフト的問題
4	解釈の個人差	
5	残された問題点の明記	システム上の問題

表-2 予測された地山等級と実際の一致度

	事前調査-施工		先進ボーリング-施工	
	施工数	割合	施工数	割合
+2段階以上	49	3.9%	5	0.6%
+1段階	184	14.8%	69	8.1%
一致	943	75.7%	769	89.7%
-1段階	62	5.0%	11	1.3%
-2段階以上	7	0.6%	3	0.4%
計	1245	100.0%	857	100.0%

キーワード 山岳トンネル, 情報化施工, 地山等級, 先進ボーリング

連絡先 〒113-0021 東京都文京区本駒込 2-13-12 (公財)深田地質研究所 TEL 03-3944-8010

4. 調査結果の評価における問題点

表-1 の(3), (4)に関連して, 現在用いられている地山分類表に基づく地山等級評価における問題点を示す.

図-1 は, 粘板岩あるいは粘板岩砂岩互層と分類された 182 のコアの弾性波速度と地山等級を示したものである. 図中には北海道開発局の設計施工要領の地山分類表に示された地山区分「剥離性に富む古生層～深成岩」に対する地山弾性波速度の範囲を矢印で示した. 平均値で見ると弾性波速度と地山等級の関係は良好で, しかも他の火成岩などで見られる C1-C2 といった範囲をもった評価結果がない. しかし図に示したように各等級で V_{pc} は広く分布しており, V_{pc} が与えられたとしても等級を決定することは難しい. このように, 数少ない情報から地山等級を評価する場合には判断に困ることは少ないが, 多くの情報が得られた場合, その評価項目ごとに評価結果が異なり, 最終的な評価に迷うことが考えられる. 多くの情報に基づいた地山評価に当たっては, その情報の特性を反映した評価法を新たに設定する必要がある.

一方, (5)に関連する問題については, これまでにも様々な議論がなされ, 地質技術者と設計技術者の知見の集約と意思疎通の必要性がたびたび指摘されているものの, いまだに根本的な解決に至っていないのが現状である. これについては施工が完了した時点で, どのような地質情報でどの段階でどのような判断, 解釈が行われたのか, そしてその結果はどうであったのかを多くの事例について検証し, その中から具体的な問題点を抽出する必要がある.

以下, このような現状を念頭に地質担当者で行った意見交換の結果である.

以下は, このような現状を念頭に地質担当者で行った意見交換の結果である.

Q1:標準に示された地山分類表は判断に十分か? → A1:均質で風化を受けてなく, 断層もないような地山に対しては OK.. しかし, そうではない場合は, 判断に迷うことが多い.

Q2:では, 何を判断の拠り所とするのか? → A2:自分で見たコアの状況を大事にする. コアの状況を事前調査段階で想定されている地質状況と照らし合わせて判断する.

Q3:それはどうして? → A3: V_{pc} や一軸強度は点でのデータである. 参考にはなるが, トンネルの施工対象としての地山評価は, 地山の地質学的評価を反映させて判断する.

Q4:どんな事例がありますか? → A4:RQD を主体に判断すると, 評価結果は厳しくなる. また, 亀裂は多いが, V_{pc} と V_{ph} がほぼ等しく, 亀裂係数として反映されないこともある.

Q5:では RQD は信頼できないのか? → A5:RQD は単純に思えるかもしれないが, 実際は評価する担当者の個性が出てしまう. 実際, 評価に迷う場合が多々ある.

Q6:ではどうしたらいいのでしょうか? → A6:地質調査担当者が施工前に評価した結果が実際はどうだったのかという情報が, 担当者に還元されていない. もし還元されれば, 判断に迷った場合の対応などを具体的に議論することができる. その結果を指針などに反映できると思う.

5. おわりに

土木学会が NATM を山岳トンネルの標準工法としてすでに 28 年. 多くのトンネルが施工され, 供用されている. しかし, この間の調査, 設計, 施工そして維持管理に関わる情報が活用されているとは言い難い状況がある. こうした現状を認識した上で, より合理的なトンネルの設計施工を目指した努力を続けていきたい

参考文献

- ・土木学会: より良い山岳トンネルの事前調査・事前設計に向けて, トンネルライブラリー第 18 号, 2007
- ・北海道開発局: 道路設計要領第 4 集トンネル, 2012.4
- ・Kamemura, K., K. Okazaki, and Y. Ito. 2013. Effectiveness of advancing horizontal boring for the tunneling in the complex geological formation. 47th US Rock Mechanics Symposium, San Francisco, CA

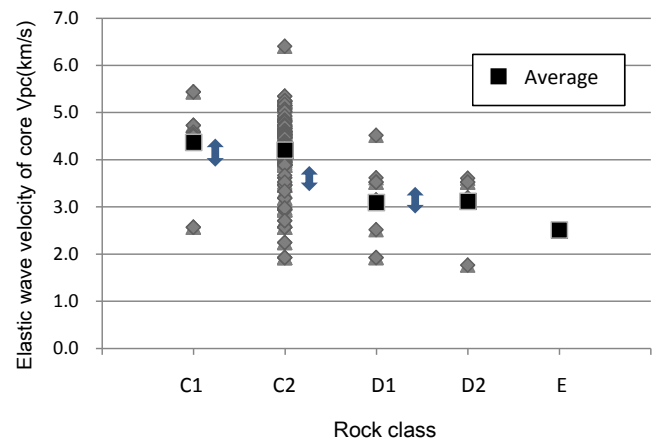


図-1 粘板岩コアの弾性波速度と地山等級の関係