

トンネル事前調査の地山評価に関する一考察

飛島建設 正会員 ○兼松 亮、正会員 小林 真人、金子 伸
 東北大学 佐貫 智行、正会員 京谷 孝史、吉岡 正和

1. はじめに

トンネルの事前調査では全線の地山状況を詳細に把握するのは困難であるため、坑口部や小土被り区間を除く一般部では、弾性波探査で得られた地山弾性波速度の値を利用し地山等級の判定、支保パターンの設定を行う例が多い。そのため、想定と実際の地山状況に顕著な差異が生じた場合は、その原因として弾性波探査の信頼性が問題視されることがある。そこで我々は、想定と実際の地山状況に差異が生じたトンネル工事において、岩盤の特徴と岩盤の弾性波速度に着目して事前調査を再検証したのでその結果を報告する。

2. 事前調査、掘削時に確認した岩盤の特徴

対象の現場は延長 L=1,022m の道路トンネルで、花崗岩類を基盤として上部に凝灰岩類が分布していた。事前調査では全線で弾性波探査が実施され、坑口周辺では複数の調査ボーリングが行われてる。図1に地質縦断面図と設計及び実際の支保パターン区分を示す。事前調査ではトンネル中央部 (L=325m) は非常に良好な岩盤が期待されていたが、実際の岩盤は想定していたほど良好ではなかった。掘削時に確認した岩盤は、亀裂に富んだ風化岩盤と硬岩レベルの新鮮な岩盤が混在し、連続性の高い平滑な割れ目が 20~60cm 間隔にあり、それが開口して岩塊が抜け落ちる現象が発生した。このような割れ目は調査ボーリングのコアでも確認でき、その多くは割れ目面の変色 (褐色) や細粒分の付着が認められた。

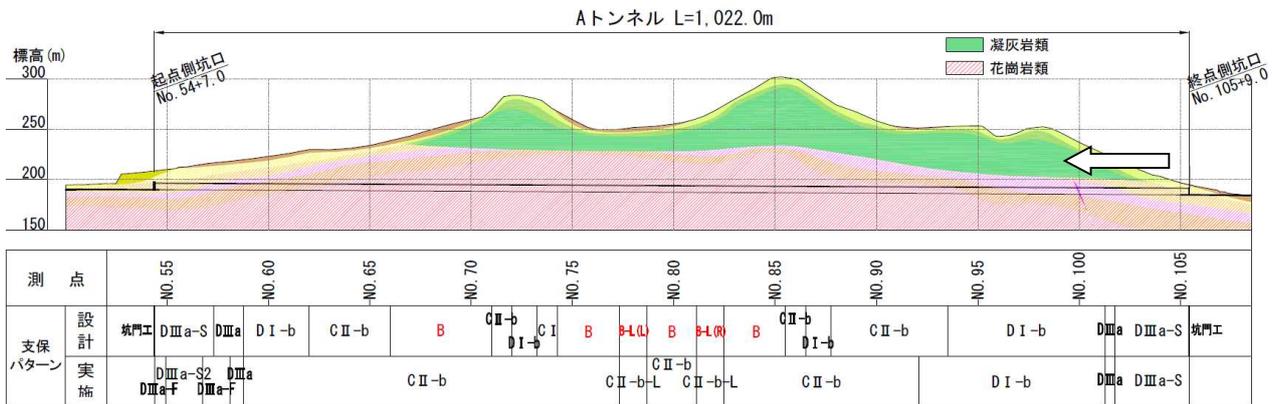


図1 地質縦断面図と支保パターンの設計と実績



写真1 平滑割れ目のコア写真



写真2 切羽の写真 No.69+10

3. 弾性波探査結果の検証

事前調査の弾性波探査では、従来から使用されているはざとり法の解析手法で地山弾性波速度を求め、地山等級を設定している。また参考値の扱いとして、トモグラフィ的解析法でも地山弾性波速度を算出している。トンネル位置の地山弾性波速度を図2に示す。トンネル中央部では、はざとり法が 5.2km/s、

表1 弾性波速度と地山等級の関係¹⁾

地山等級	代表岩石名	弾性波速度 Vp(km/s)				
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
B	花崗岩, 花崗閃緑岩, 石英斑岩 ホルンフェルス					■
CⅠ	花崗岩, 花崗閃緑岩, 石英斑岩 ホルンフェルス				■	
CⅡ	花崗岩, 花崗閃緑岩, 石英斑岩 ホルンフェルス			■		
DⅠ	花崗岩, 花崗閃緑岩, 石英斑岩 ホルンフェルス	■				

キーワード 弾性波探査、地山弾性波速度、割れ目、開口

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 1-8-15 Wビル 4F 飛島建設 (株) 土木技術部 TEL:03-6455-8327

トモグラフィ的解析法が 3.6~4.5km/s の速度値を示し、はぎとり法が 1km/s 程度高い結果となっている。本工事の設計では、地山等級 B 級相当の速度を示すはぎとり法の値を採用しているが、実際はそのような地山は確認できておらず、この数値の信頼性には疑問が残る。はぎとり法の解析は、地山が層状の速度構造を持ち、表層から下層に向かい速度が速くなる仮定で行うが、本トンネルの地質構成は、凝灰岩類の直下に速度が遅い花崗岩類の風化層が存在することから、はぎとり法では解析が困難な地山条件であったと想定される。一方、トモグラフィ的解析法は、複雑な地質構成にも対応できる有効な解析手法とされており、地質構成を考慮すると、C I~C II 級相当の弾性波速度を示すこちらの値を採用するのが妥当であったと考えられる。

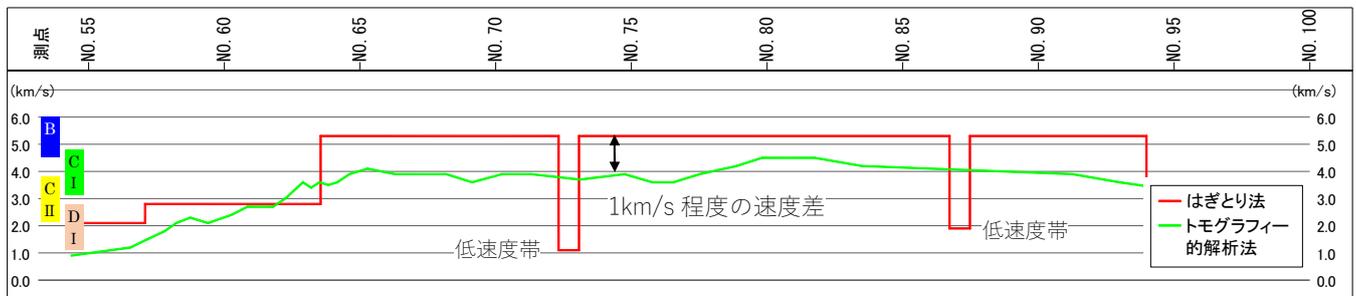


図2 弾性波探査の結果 (トンネル位置)

4. 発破振動による弾性波速度の測定と岩石試験結果

本現場では、発破振動調査を目的として振動速度センサを坑内 100m 間隔でトンネル壁面に設置していたので、この測定データ (振動到達時間) を利用して簡易的に各測点間 (100m 間隔: No.60~No.100) の弾性波速度を算出した (図3)。その結果、各測点間の弾性波速度は 4.8~5.4km/s の値を示した (51 回の発破振動データを利用)。

また、割れ目の影響を受けない岩石固有の弾性波速度を把握するため、掘削ずりの岩塊を整形した岩石試料 (5×5×10cm) を用いて超音波伝播速度試験を実施した。その結果、測点 No.72 から No.63 までは 4.6~6.1km/s の速度値を示し、発破振動測定による弾性波速度とほぼ同じ速度値であることを確認した。

発破振動測定による値は、測定・速度算出方法を考慮すると、掘削の影響を受けていないトンネル直下の岩盤の速度であると想定される。それらが、本地山の特徴である平滑な割れ目が存在していても、4.8~5.4km/s の弾性波速度が検出されたのは、地山が拘束状態で平滑割れ目が密着しているため、割れ目の影響を大きく受けずに弾性波が伝播したためと考えることができる。この結果は、割れ目が存在してもその条件によっては、割れ目の影響を受けずに速い弾性波速度が検出されることを示唆している。

5. 事前調査結果に基づく地山評価についての考察

事前調査の検証や施工時の測定結果及び岩盤の特徴を整理した結果、事前調査結果に基づく地山評価に対して、以下の考察を得た。

- ・弾性波探査は解析手法によって結果が異なる。特に従来から使用されているはぎとり法は、地質構造を考慮せずにその結果を採用すると、地山評価を見誤る危険性がある。
- ・平滑な割れ目が卓越する硬岩地山での弾性波探査は、割れ目による速度低下の影響が小さいと考えられる。信頼性の高い地山評価を行うためには、ボーリングコアによる割れ目状態の確認・評価が重要である。

謝辞

発破振動の測定にあたり、工事発注機関のご理解とご協力をいただきました。ここに深謝いたします。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路トンネル技術基準 (構造編)・同開設,p78,2003 一部加筆

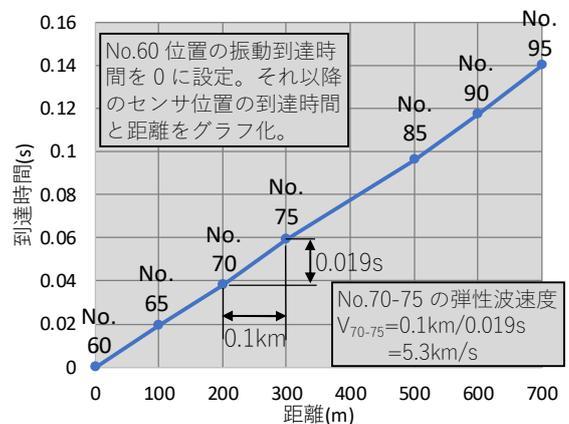


図3 発破振動の到達時間と測点間距離 (No.58+4.8 の発破振動測定)