

花崗岩分布域におけるトンネル路盤下の地山特性

東日本旅客鉄道 正会員 ○小瀬 喜巳 正会員 水野光一朗
正会員 神山 真樹 阿部 光三

1. はじめに

鉄道における山岳トンネル(以下、トンネル)の路盤部の安定性は、列車の安全な運行に対して重要である。路盤部の変状が軌道変状に直結するため、予防保全の観点も含め、路盤下の地山特性を把握することが望ましい。そこで本稿では、花崗岩分布域におけるトンネル路盤下の地山特性の把握に向けたボーリング調査および室内試験を実施したので以下に報告する。

2. 調査・試験概要

(1) 調査目的

調査箇所周辺は中生代の花崗閃緑岩で基盤が構成されていた。トンネル上部の地山表層部ではマサ化した部分が多く、マサ化の進行している箇所と新鮮な花崗岩類が遷移して分布していた。

参考文献 1) より、花崗岩や花崗閃緑岩など花崗岩類は、石英・長石・雲母などの鉱物結晶がほぼ等粒かつ密接で、それぞれの熱膨張率が異なるため、温度差の大きいところでは粒子間の結合が弱まり、風化しやすい性質を有する。また、膨張などの物理変化や加水分解などの化学変化が進行すると、細粒化や長石、雲母の一部が粘土鉱物に変化するなどマサ化する特徴を有する。

これら花崗岩類の性質や特徴が、実際に軌道変状の発生に影響を及ぼしているかどうかを把握するため、軌道整備履歴の有無による路盤下の地山特性の違いを比較調査した。

(2) 調査対象

調査したトンネルは、矢板工法で建設された供用開始から 36 年以上経過した全長約 11km のトンネルである。調査対象の路盤は、いずれも路盤コンクリートとりょう盤コンクリートで構成されている(図-1 参照)。表-1 に今回対象とする調査位置と軌道整備履歴の有無、ならびに路盤下の地山に関する地層、岩質区分について示す。

(3) 調査・試験方法

1) ボーリング調査ならびに岩石の一軸圧縮試験

ボーリング調査は、コアドリルを用いてダブルコアチューブを使用し、コアリングを行った。削孔角度は鉛直下方向で、削孔径は φ66mm とした。そして、トンネル路盤下の岩石強度を求めるため、JGS2521 に従って試験を行った。なお、試料は路盤コンクリート表面から深さ 3m 程度を対象として採取した。

2) 原位置透水試験

トンネル路盤下の地山の透水特性を求めるため、試験を行った。試験方法は JGS1314 に従い、孔内の湧水状況に応じて非定常法の投入と定常法を用いて地盤透水係数を求めた。

3) 流向流速測定

トンネル路盤下の水の流動経路を確認するため、流向流速を測定した。測定方法は、ボーリング孔を用いてヒーターによって加熱された地下水をトレーサーとして温度センサーを用いてその移動を検出し、熱量法によって水流の速さと向きを求めた。

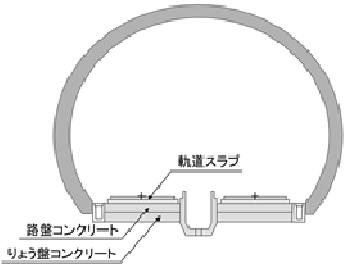


図-1 対象トンネルのイメージ

表-1 対象箇所の選定

調査箇所	起点方坑口からの距離 (m)	線別	軌道整備履歴	地質時代	地層区分	岩質区分
測点①	430	上	あり	中生代	阿武隈花崗岩類	花崗閃緑岩
測点②	430	下	あり	中生代	阿武隈花崗岩類	花崗閃緑岩
測点③	440	下	あり	中生代	阿武隈花崗岩類	花崗閃緑岩
測点④	7410	上	なし	中生代	阿武隈花崗岩類	花崗閃緑岩
測点⑤	7410	下	なし	中生代	阿武隈花崗岩類	花崗閃緑岩
測点⑥	9630	上	なし	中生代	阿武隈花崗岩類	花崗閃緑岩
測点⑦	9630	下	なし	中生代	阿武隈花崗岩類	花崗閃緑岩
測点⑧	9640	下	なし	中生代	阿武隈花崗岩類	花崗閃緑岩

キーワード 山岳トンネル, 花崗岩, マサ土, 原位置試験

連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル 31 階 東日本旅客鉄道㈱ TEL 03-6851-0086

3. 調査・試験結果

(1) ボーリング調査（コア観察）

表－2 に深さ方向 1mまでを目安としたコアの特徴を示す。8 孔のうち 7 孔で RQD が 50 以下を示し、参考文献 2)によると岩盤良好度が悪いという評価になった。ただし、岩片状のコアは、いずれも新鮮硬質であり、測点①と測点②の試料のみ砂礫状のコアが採取され、その中に等粒の砂分が確認された。

(2) 岩石の一軸圧縮試験

路盤表面から深さ方向 3m までの範囲で、供試体としてコアが採取できる箇所、試験を実施した。図－2 に一軸圧縮強さと採取深さの関係を示す。参考文献 3)によると測点①～③において一軸圧縮強さは、5 試料が中硬岩相当に該当する強度（15MN/m²～50MN/m²）で、8 試料が硬岩相当に該当する強度（50MN/m²以上）であった。それに対して、測点④～⑧において一軸圧縮強さは、23 試料全てが硬岩相当に該当する強度（50MN/m²以上）であった。

(3) 原位置透水試験と流向流速測定

表－3 に路盤下の透水特性を示す。原位置透水試験の結果は 1.03E-02cm/s～9.33E-04cm/s であった。その一方で、流向は 16.2°～336.8°、流速は 0.01cm/min～0.05cm/min であり、路盤下の水にほぼ動きはなかった。そして、路盤下水位の観測結果より、トンネル路盤下の水位は、全ての箇所において路盤・りょう盤コンクリート内、あるいはりょう盤コンクリート直下にあることが確認された。

(4) まとめ

今回の調査対象箇所において、いずれの調査箇所においても路盤下の水位にほぼ変動はなく、りょう盤コンクリート付近に位置していることが確認された。このような環境下において、軌道整備履歴のある箇所（測点①～③）では路盤下の地山表層の一部に細粒化が確認されたが、軌道整備履歴のない箇所（測点④～⑧）においては路盤下の地山性状に変化はみられなかった。なお、軌道整備履歴のある箇所においても強度を十分に有し、地山の性状変化も表層の一部のみという結果から軌道を安全に支持し、安定した列車走行を確保する性能があることは確認されたが、今後も軌道変位測定などの経過観察を行っていく必要はある。

4. おわりに

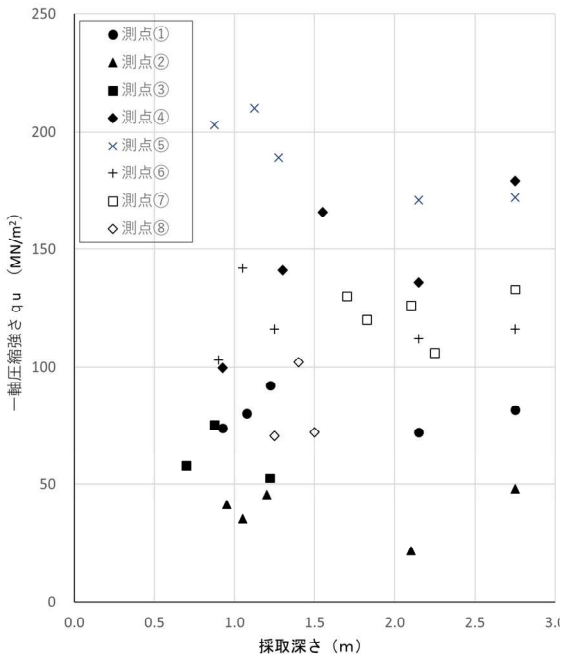
本稿では、トンネルにおける路盤下の地山特性について評価を行うことを目的に、ボーリング調査および室内試験の結果を報告した。今後は、地質年代や地層区分の異なるトンネルに対して、ボーリング調査および室内試験を計画し、トンネルにおける路盤下の地山特性の評価について、引き続き比較検討する所存である。

参考文献

1) 西田一彦：マサ土の工学的性質とその利用に関する基礎的研究 京都大学学位論文 1971。
2) 一般財団法人 日本建設情報総合センター：ボーリング柱状図作成要領（案）解説書（改訂版）1999。
3) 土木学会：トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説 2016。

表－2 路盤下のコアの特徴

調査箇所	コアの形状	RQD	記事
測点①	Ⅳ～Ⅵ	16	砂礫状主体、一部岩片状（厚さ約30cm）
測点②	Ⅳ～Ⅵ	11	砂礫状主体、一部岩片状（厚さ約20cm）
測点③	Ⅳ～Ⅴ	18	礫～岩片状（厚さ約20cm）、砂分は流出の可能性
測点④	Ⅲ	15	10～15cm短柱状（厚さ約65cm）
測点⑤	Ⅳ	45	岩片状（厚さ約10cm）
測点⑥	Ⅲ～Ⅴ	13	礫～岩片状（厚さ約5cm）、5～10cm短柱状（厚さ約40cm）
測点⑦	Ⅳ～Ⅴ	29	岩片状主体、一部礫状（厚さ10cm）
測点⑧	Ⅱ～Ⅲ	76	5～20cm短柱～長柱状



図－2 一軸圧縮強さと採取深さ

表－3 路盤下の透水特性

調査箇所	路盤下水位 ^{※1} (m)	現場透水係数k		流向流速			コンクリート厚さ ^{※2} (m)
		測定方法	測定値 (cm/s)	測定深さ (m)	流向 (°)	流速 (cm/min)	
測点①	-0.45	非定常法(投入)	9.33E-04	0.58	336.8	0.04	0.46
測点②	-0.37	非定常法(投入)	9.78E-03	0.55	336.8	0.03	0.44
測点③	-0.36	定常法	1.89E-02	孔壁崩壊	—	—	0.33
測点④	-0.30	非定常法(投入)	8.76E-03	0.70	283.4	0.04	0.60
測点⑤	-0.31	非定常法(投入)	6.82E-03	0.57	276.3	0.01	0.47
測点⑥	-0.72	非定常法(投入)	1.39E-03	0.80	16.2	0.05	0.70
測点⑦	-0.88	非定常法(投入)	2.79E-03	1.25	23.2	0.05	1.15
測点⑧	-0.73	非定常法(投入)	1.03E-02	0.70	283.4	0.04	1.04

※1：路盤下水位は、2019年12月～2020年1月に測定した値で、路盤コンクリート表面からの深さである。
※2：コンクリート厚は、路盤コンクリートとりょう盤コンクリートの厚さを合計したものである。