

湧水を伴う断層破碎帯部におけるトンネル補助工法の検討と適用結果

(株)熊谷組 関西支店 フェロー会員 伊藤 省二
志水 政弘
正会員 ○國領 優

1. はじめに

八鹿日高道路は、高規格幹線道路である一般国道 483 号北近畿豊岡自動車道 (L=70km) の一部区間であり、八鹿氷ノ山 IC から (仮) 日高 IC に至る約 9.7km の自動車専用道路である。本工事は、八鹿日高道路における三谷トンネル (総延長 L=2,810m) のうち、北側工区 (L=1,295m) の施工を行う。

本トンネルは、口三谷地区の断層破碎帯部において設計段階で複数の低速度帯が確認されており、これら低速度帯付近では亀裂の発達した状態が予想され、切羽の崩落や岩盤の落石が指摘されている。また、この断層破碎帯で境となる北但層群と矢田川層群では平衡水位が異なるため、掘削時の突発湧水も予想されている。そこで、施工においてはトンネル掘削時の天端および鏡の崩落防止および施工の安全性を確保するため、補助工法を用いた掘削を行った。

本報文では、湧水を伴う断層破碎帯部において最適な補助工法を検討し現場に適用した結果について述べる。

2. 地形概要および地質分布

地質縦断図を図 1 に示す。地質調査報告書によると、工事起点側の No.35+88~No.41+00 付近には北但層群の安山岩や礫岩、No.41+10 付近~終点側には矢田川層群の凝灰角礫岩が分布する。これらの地層は断層が境となっており、断層破碎帯が No.41+11~No.41+22 付近に存在する。

本工事においては、断層破碎帯が存在する測点 No.41+22 より約 10m 後方からドリルジャンボによる切羽前方探査 (L=30m) を実施し、前方地山の地質分布の推定を行った。その結果、測点 No.41+20 付近より脆弱な地質および湧水が、

No.41+15 付近からは多量の湧水および粘土層と思われる非常に脆弱な地質が確認された。

3. 対策工の検討と施工

施工においては、脆弱な地質が現れた地点より支保パターンを D I-b に変更した。支保パターン変更後、切羽の核残しおよび鏡吹付けを実施のうえ機械掘削による施工を実施した。しかし、6m 掘進したところで多量の湧水および白色未固結粘土層が切羽に突如出現し、切羽状況が大きく変化した (写真 1 参照)。そのため、今後集中湧水およびそれに伴う土砂流出、切羽からの崩落などが懸念されるため、補助工法の検討を行った。

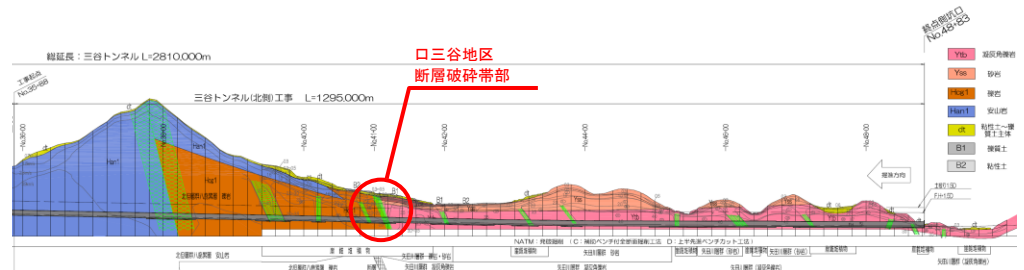


図 1 地質縦断図

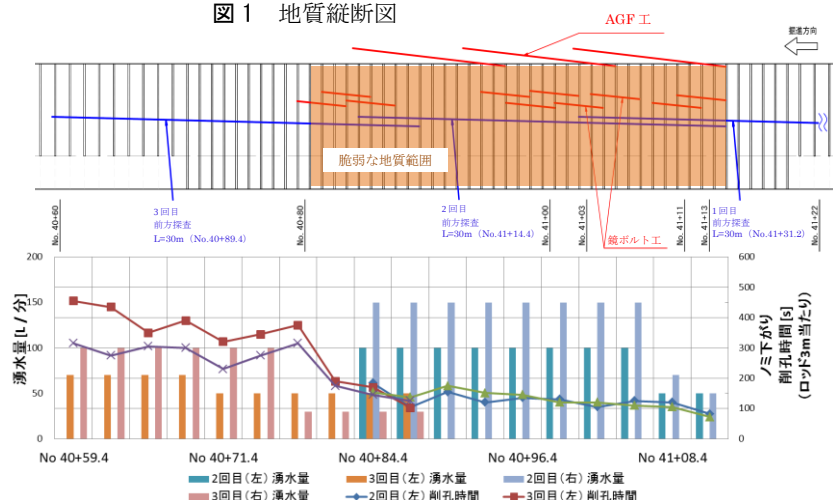


図 2 補助工法の施工位置ならびに切羽前方探査結果

キーワード トンネル, 断層破碎帯, 湧水, 長尺鋼管フォアパイリング, 短尺鏡ボルト
連絡先 〒550-0004 大阪府大阪市西区靱本町 1-11-7 信濃三井ビルディング 5 階 TEL 06-6225-2226

検討を行うにあたり再度、切羽前方探査(L=30m)を行い前方地山の地質状況を確認した。その結果、図2に示すように、広範囲にわたる脆弱な地質分布が確認され、湧水量も150~200L/分となった。そこで、トンネル掘削時の切羽の崩落防止および施工の安全性を確保するために天端および鏡面の双方に最適な補助工法の選定を行った。



写真1 切羽状況 (No.41+15)

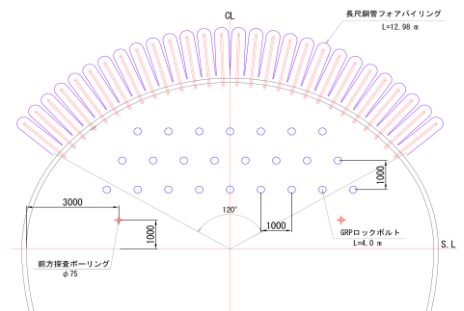


図3 補助工法図

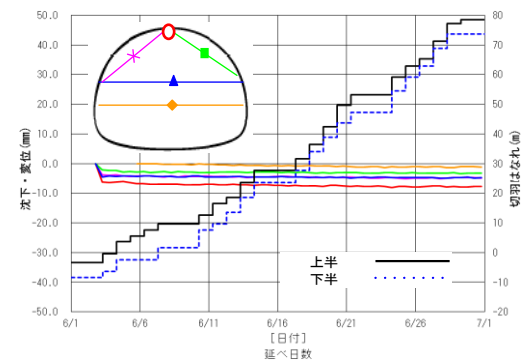


図4 A計測結果 (No.41+02)

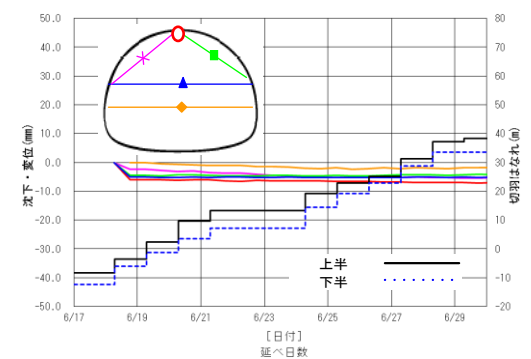


図5 A計測結果 (No.40+62)

天端安定対策としては、一般に採用される工法として、①充填式フォアポーリング、②注入式フォアポーリング、③長尺鋼管フォアパイリング (AGF工) の3工法を比較検討した。

3工法のうち、以下の理由により③長尺鋼管フォアパイリング (AGF工) の採用が最適と判断した。

- ・強破碎帯部では切羽前方からの長い区間での崩落が懸念される。
- ・AGF工は、鋼管の高い剛性とシリカレジンを注入材による地山改良効果によってトンネル掘削に伴う地山の緩み防止効果が高く、周辺地山の変位を抑制する効果が期待できる。
- ・集中湧水が出た場合には、注入材料を止水用に変更することで他の工法に比べ容易に対処可能である。

鏡の安定対策としては、一般に採用される工法として①短尺鏡ボルト: GRPロックボルト (挿入型) L=4m, ②短尺鏡ボルト: GRPロックボルト (自穿孔型) L=4m, ③長尺鏡ボルト: 二重管式長尺フェイスボルト L=12.5m の3工法を比較検討した。

3工法のうち、以下の理由により①GRPロックボルト (挿入型) L=4m の採用が最適と判断した。

- ・注入材であるシリカレジンは中空ボルトの先端部より注入されるため、確実な充填が可能となり、定着効果・付着効果および地山改良効果が期待できる。
- ・比較案のなかで最も経済的であり、過去の施工実績からもAGF工との組み合わせパターンが最も多い。

長尺鋼管フォアパイリングおよびGRPボルトの施工概略図を図3に示す。3回目の切羽前方探査結果から補助工法の施工範囲を決定し、長尺鋼管フォアパイリングは計3シフト、GRPボルトは各断面の切羽状況も観察しながら計9回行った (図2参照)。

また、掘進時には10m毎にA計測を実施し、変化量を確認しながら掘削を進めた。補助工法としてAGF工とGRPボルトを採用した区間 (No.41+02) と切羽前方探査結果より補助工法なしと判断した区間 (No.40+62) の計測結果を図4、図5に示す。これらの図より、内空変位、天端沈下いずれも安定しており最適な補助工法の選定をすることができたものとする。

4. おわりに

本工事では、切羽前方探査を実施し、最適な補助工法の選定を行った。実施工では、切羽の崩落を防止し安定性を確保しながら掘削を進めることができ、補助工法の有用性が確認できた。また、切羽前方探査結果に基づき補助工法の有無を判断したことで、地山状況に応じた合理的な対策工が実施できた。