

中・短尺ボーリング併用による前方地山予測と断層破碎帯の施工

(独) 鉄道・運輸機構 高原 英彰 鎌田 和孝 吉森 佑介
(株) 熊谷組 正会員 ○滝田 真哉 正会員 石濱 茂崇 正会員 青木 宏一

1. はじめに

トンネル工事では、掘削時における地質、湧水状況及び土かぶり等の地山状況が複雑に変化しており、経済的かつ安全で安定した掘削を行ううえで切羽前方の地山状況を把握することが重要である。特に、断層破碎帯等においては、地山状況の急変、突発湧水により切羽の崩壊が生じる可能性があり、前方地山の予測及び適切な施工方法の選定が重要となる。近年では、前方地山状況を把握するため各種探査技術が開発、実用化されており、ある程度予測することは可能であるが、地質状況が複雑なため詳細な地山状況や湧水状況を完全に把握することは困難である。

本工事（新北陸トンネル（大桐））では、トンネル全線においてドリルジャンボによる 30m の前方探査（以下、短尺ボーリング）を、地質縦断面図から予測される断層破碎帯及び層境付近では TSP 探査、電磁波探査を、また必要に応じて 100m 程度の中尺水抜きボーリング、切羽の発破を利用した弾性波トモグラフィ探査¹⁾（以下、弾性波トモグラフィ探査）を実施してきたが、探査結果からは予測できない突発湧水が発生した。

そこで、本工事では、上述の前方探査に加えて、詳細な前方地山状況の把握及び水位低下を目的に中尺コアボーリングを実施し、確認された情報を短尺ボーリング結果と照合することで探査精度の更なる向上を試みた。

2. 工事概要

本工事の工事位置図を図-1、地質縦断面図を図-2 に示す。

新北陸トンネルは、福井県を嶺北地方と嶺南地方に分ける「南条山地」及び「敦賀湾東縁山地」を貫く全長約 20km、掘削断面積約 70 m² のトンネルであり、北陸新幹線金沢・敦賀間（工事延長約 115km）のなかでは最長のトンネルとなる。本工事は、本坑延長 3,605m、斜坑延長 483m を施工するものである。背斜構造、柳ヶ瀬断層群、また貫入岩の挟在等が存在するため、地質の変化は著しいと予測される。また、地質は、美濃帯の堆積岩類（砂岩、粘板岩等）を主体とし、これらに貫入した白亜紀の花崗岩類や新第三紀のひん岩も出現する。



図-1 工事位置図

本工事の特徴として、北陸自動車道と最小で約 40m の離隔で交差することが挙げられる。なお、近接施工区間では、柳ヶ瀬断層群及び山中断層が存在し、北陸自動車道の施工実績より多量湧水が確認されており、脆弱な地山が予想される²⁾。

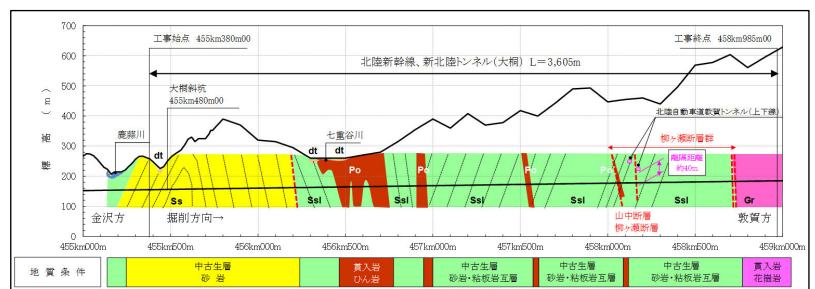


図-2 地質縦断面図

3. 中・短尺ボーリング概要

中尺コアボーリングは、高速削孔が可能な PS ワイヤライン工法を採用し、削孔径は 101mm、削孔長は 100～120m 程度を基本とした。施工位置は、事前調査から柳ヶ瀬断層群は掘削方向の右側から出現することが予想されたため、右側壁から水平角度 10°、上向き 3° とした（写真-1）。短尺ボーリングは、ドリルジャンボを用いて削孔径 65mm、削孔長 30m、削孔位置を切羽下半 2 箇所とし、切羽前方方向で実施した（写真-2）。なお、中尺コアボーリングでは、削孔方向が前方となりボーリング先端に近い位置ほど本線から離れた位置でのコア採取となるため、前方地山状況の把握精度が低下する。一方、短尺ボーリングでは、削孔位置が切羽直近であり、前方地山状況の把握精度は高いが、硬軟の判断が主に削孔エネルギーでの判定となるため、亀裂等の詳細な地山状況の把握が困難で

キーワード 山岳トンネル、前方探査、断層破碎帯、北陸自動車道近接施工

連絡先 〒920-8721 石川県金沢市広岡 2 丁目 13 番 5 号 MHM 金沢ビル 2 階 TEL: 076-208-3195

ある。そこで、中・短尺ボーリングの併用により、双方の短所を補完しながら切羽前方地山状況の詳細な把握を図ることとした。

4. 断層破碎帯の予測及び施工

弾性波トモグラフィ探査結果を図-3 に示す。457km100m 付近において速度域の低下が見られたため、断層破碎帯の存在が懸念された。そこで、中尺コアボーリングにより詳細なコア状況の確認を行った結果、457km093m 以降において亀裂質で粘土を介在するコアが採取されたこと、さらにコアが採取できなかった箇所が確認されたため断層破碎帯と判断した(写真-3)。また、断層破碎帯以奥では550L/min 程度の湧水が増加したため、その周辺に帯水層が存在すること、断層破碎帯との関連性が大きいことが推察された。そのため、前方地山状況の確認、探査精度及び水抜き効果の向上を目的とし、457km093m から短尺ボーリングを実施した。その結果、15m 程度削孔した位置において断層粘土及びその背面からの被圧水が確認されたため、以下の対策を実施した。まず、被圧水の水量及び水圧の低下を目的として、ドリルジャンボによる水抜きを側壁から実施した。水抜きは、鋼管を使用することで断層破碎帯に起因する孔壁崩壊を防ぐこと、また鋼管を継ぎ足し帯水状態に応じて長さを変化させることで確実に水位の低下を図った。次に、補助工法として先受け工を実施し、切羽の安定を図った。先受け工は、管径 76.3mm、長さ 12.5m の小口径長尺フォアパイリングとし、注入材は水中でも硬化性の高いシリカレジンを用いた。施工時には、写真-4 に示す様な切羽状況であったが、断層破碎帯の中を切羽の崩落、支保の変状による縫返し等なく施工することができた。

5. まとめ

本工事では、弾性波トモグラフィ探査にて断層位置を予測し、中尺コアボーリングにて詳細なコア状況を確認し断層破碎帯の有無や地山状況等を判断した。また、短尺ボーリングは、中尺ボーリング等との結果と照合することで前方の地山状況をより詳細に把握できること、切羽直近の帯水層から水抜きが可能となることで突発的な湧水を防ぐことができた。以上のように、中・短尺ボーリングを併用し、得られる結果を相互に補完することにより、前方地山状況を精度よく把握することで、適切な施工を行うことができた。今後も柳ヶ瀬断層群内の施工や北陸自動車道と交差する箇所今回の結果をフィードバックし、安全に施工を進めていきたい。

参考文献

- 1) 中本大吾：掘削時の発破を起振とした地山弾性波速度モデルの構築と施工との対比—新北陸トンネル（大桐）での試行—，土木学会第 72 回年次講演発表会講演集，2017。
- 2) 磯谷勇輔：敦賀地区のトンネル群，北陸自動車道，トンネルと地下，Vol.6, No.10, pp.43-49, 1975.10。



写真-1 中尺コアボーリング施工位置



写真-2 短尺ボーリング施工位置

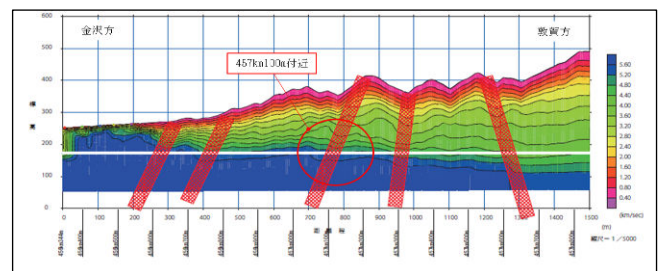


図-3 弾性波トモグラフィ探査結果



写真-3 コア状況

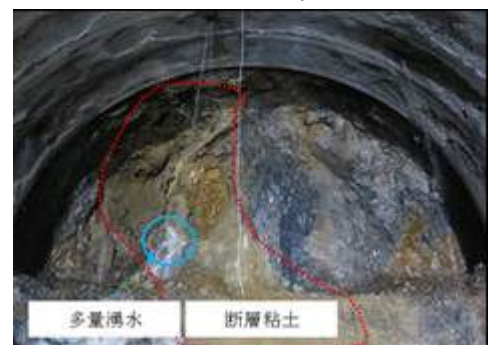


写真-4 断層粘土が出現した切羽状況