

# 炭坑跡地のトンネルの施工における穿孔探査法の活用

石井 洋司\* 小倉 仁志\*  
 Yoji Ishii Hitoshi Ogura  
 岩瀬 匡博\* 梅田 克史\*  
 Tadahiro Iwase Katsushi Umeda

## § 1. はじめに

歌志内トンネルは炭坑跡地に位置するため、旧坑道が近接・交差し、また、脆弱な石炭層を通過する計画となっている。施工時には、これらの近接物や脆弱地山に起因する問題が発生する可能性があり、その位置と状況を把握することが必要である。そこで、調査ボーリングの補助手法として、穿孔探査法を活用している。

以下に穿孔探査法の活用状況を報告する。

## § 2. 穿孔探査法概要

穿孔探査法は、山岳トンネルで行われる探り削孔時に削岩機から得られるフィード圧、打撃圧、回転圧、ダンピング圧などの油圧データや穿孔速度などの機械挙動情報および、湧水やくり粉の性状などの目視情報を総合して穿孔区間の地山性状を定量的に評価するものである。

本探査法では、①穿孔速度、②穿孔エネルギー、③ダンピング圧を定量的な地山評価の可能なパラメータとしており、当トンネルにおいては穿孔エネルギーに着目した穿孔探査を行った。各パラメータの変動傾向と地山状況の関係の概念を図-1に示す。

## § 3. 坑道調査への利用

切羽が坑道に近接する前に、図-2に示すように想定されていた坑道直上から鉛直コアボーリングを数本実施して位置を確認するとともに、ボーリング孔間の情報を補間するために切羽から3方向に穿孔探査を実施した<sup>1)</sup>。

図-3にH-3(L=31m)を穿孔した際の穿孔エネルギーの挙動を示す。穿孔エネルギーが120J/cm<sup>3</sup>程度の区間は、穿孔中のくり粉の性状および回転圧の変動等から判断して平均地山強度の低い頁岩優勢層であると推定された。深度6~8m区間において60J/cm<sup>3</sup>程度まで穿孔エネルギーが低下する区間は、くり粉から判断するとさらに強度が低い石炭層であると推定された。また、深度26.7~30.2mの区間では石炭層の穿孔時よりも穿孔エネルギー

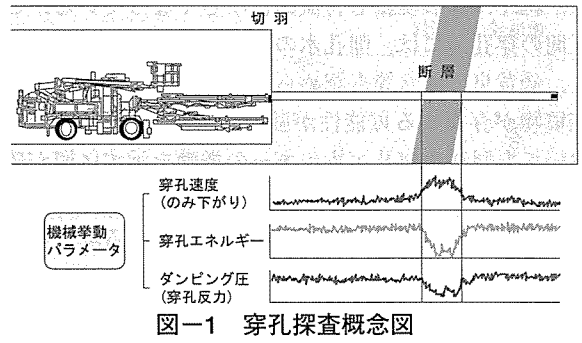
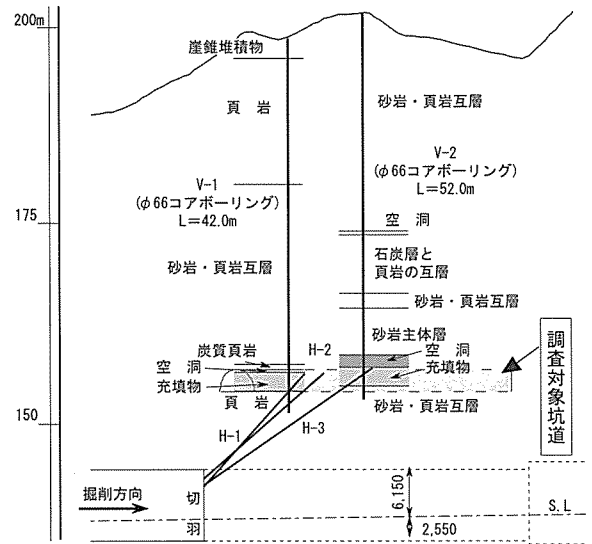
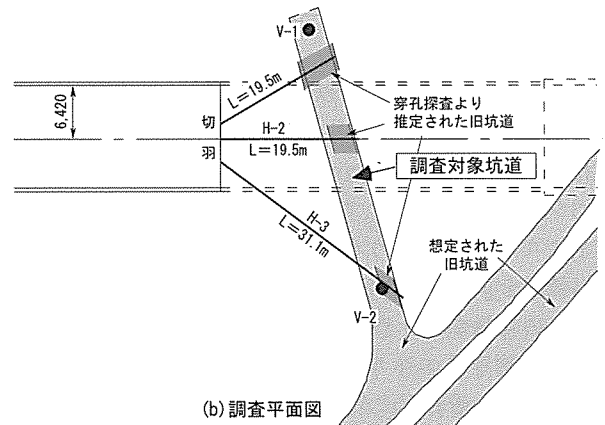


図-1 穿孔探査概念図



(a) 調査縦断面図



(b) 調査平面図

図-2 坑道探査概要図

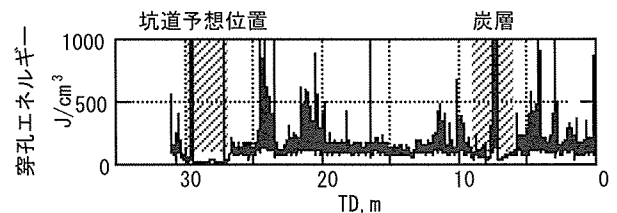


図-3 坑道調査 (H-3) で得られた穿孔エネルギー

\*札幌 (支) 歌志内 (出)

値が低く、値の変動も特徴的に小さくなっている。この区間の穿孔時には、削孔水の逸散、くり粉への木片の混入、硫黄臭の湧水等も認められたことから、空隙の多い充填物が存在する可能性が強く示唆された。H-1, H-2においても同様な穿孔エネルギーの挙動を示す区間が確認され、最終的にこれらを結ぶ線上に坑道跡があるものと判断した。坑道跡近傍をトンネルが通過する場合の対策として、影響を与える範囲の坑道跡にシリカレジンによる流出止を設置した後、セメントミルク注入を実施した。

#### § 4. AGF工法の適用基準への利用

旧坑道が近接・交差する箇所や脆弱な石炭層を通過する部分では、施工時の切羽の安定や先行変位による坑道-トンネル間の地山のゆるみを低減する目的で、AGF工法を採用した。

本工法の採用の適否の判定については、穿孔探査を用いた定量的な地山評価に基づくものとした。判定方法については、表-1に示すAGF採用実績のうち、1~3シフトのAGF適用区間の探査データおよび地山性状を参考に策定した。1シフトにおける穿孔エネルギーの挙動を図-4で示す。ここで得られた所見をまとめると以下のようなようになる。

- ① 石炭層で60J/cm<sup>3</sup>程度、石炭層が狭在する頁岩で100J/cm<sup>3</sup>程度の穿孔エネルギーを示す。
- ② 施工時には石炭層と互層をなす頁岩でも切羽の崩壊が見られ、ファイバーボルトによる鏡ボルト工を併用して掘削を行った。

また、AGFの検討区間以前に実施した穿孔探査結果によると、DIIパターン相当の地山であっても平均的な穿孔エネルギーが200J/cm<sup>3</sup>を下回らない<sup>2)</sup>。したがって、1~3シフト区間において得られた100J/cm<sup>3</sup>程度の穿孔エネルギーを示すような地山では、一般的なNATMの適用範囲を下回り補助工法が必要となると予想された。

以上の結果から、当トンネルでは図-5に示すフローに従い平均穿孔エネルギーが100J/cm<sup>3</sup>以下の範囲が連続する場合、補助工法が必要と判断し、その結果をもとに最終的な適否を企業先と協議することにした。この後、4~21シフトのAGFをこのフローに基づき実施した。

AGFの開始位置の決定は、事前の地質調査や先行ボーリングで切羽の安定が懸念される区間における穿孔探査の結果に基づいて行い、その後、連続してAGFを施工する場合は次シフトとのラップ部分で探査を実施し、採用の適否を判断した。

#### § 5. おわりに

これまでの施工時の適用から穿孔探査の特性をまとめると次のようになる。

- ① トンネル近傍の坑道の位置推定に穿孔探査を使用

表-1 AGF採用実績

シフト	地山条件, 近接条件
1~3	石炭狭在層
4	坑道⑦直下
5~7	払い跡, 坑道⑩交差
8~10	脆弱頁岩層
11~21	坑道⑫直下

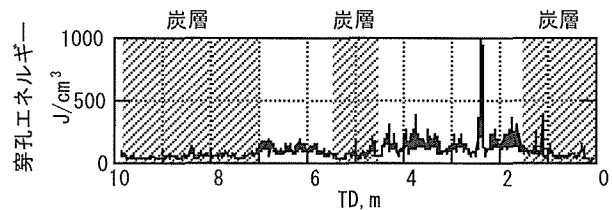


図-4 AGF 1シフトで得られた穿孔エネルギー

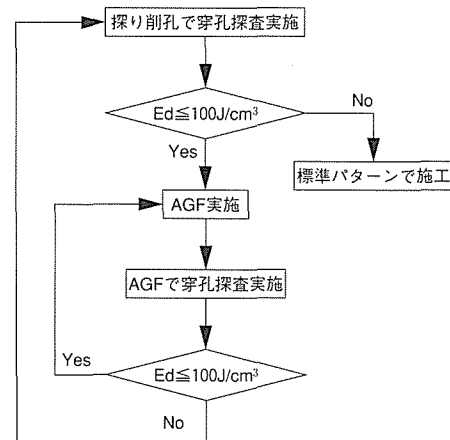


図-5 補助工法適用判定フロー

することにより、コアボーリング調査と比較して1/10の工期と1/3のコストで行なうことができた。

- ② 穿孔エネルギーという定量値を地山評価に使用することにより、補助工法適否の判定を迅速かつ客観的に行なうことができた。

穿孔エネルギーを利用した地山評価は、フィード圧やビット形状などの不確定要素を含んでいる。ただし、同一岩種のデータであれば、ある程度の定量的な評価は可能と考える。この不確定要素を小さくしていくためにも、今後更に多くのデータ収集を行うことが望まれる。

#### 参考文献

- 1) 石山, 引間, 石井: 油圧削岩機を利用した切羽前方の旧坑道調査, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集, pp.614-615, 2000.
- 2) 引間, 石山, 塚田, 石井: 堆積軟岩地山における油圧式削岩機を用いた切羽前方探査とボーリングコアとの比較, 第30回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.238-242, 2000.