

Ⅲ-B53

き裂観察による坑道周辺の掘削損傷領域の評価

核燃料サイクル開発機構 正○前田信行, 石原輝行
佐藤稔紀, 杉原弘造

1. はじめに: 岩盤中に坑道などを掘削すると, その周辺の岩盤は掘削損傷や応力再配分などに伴ない, 力学的性状が変化する。このような周辺岩盤への影響を把握することは, 坑道周辺岩盤の性状を理解し, 地下構造物の力学的な安定性を評価する上で非常に重要である。そこで, 坑道掘削に伴う周辺岩盤への影響を把握し, その影響を受けた領域(以下, 掘削影響領域)の拡がりや物性を評価するために, 様々な試験(以下, 掘削影響試験)を実施した。

本研究では, 掘削影響試験の一環として, 掘削損傷に着目した調査を実施した。発破掘削工法と機械(ブームハンマー)掘削工法によって掘削された坑道において, 坑壁から岩盤の一部をくさび状に除去し, その表面のき裂観察を行い, き裂の分布状況などから掘削により損傷を受けた領域(掘削損傷領域)の拡がりについて検討した。

2. 地質概要: 掘削影響試験は, 岐阜県土岐市にある核燃料サイクル開発機構の東濃鉱山の北延 NATM 坑道と呼ばれる地下約 130m の水平坑道で実施した。試験を実施した地点の地質は, 瑞浪層群と呼ばれる第三紀の堆積岩であり, 主な物性値は表 1 の通りである。

表 1 岩盤物性値

	物性値
単位体積重量	18.0 kN/m ³
一軸圧縮強度	6.6 MPa
弾性波(P波)速度	2.2 km/s

3. 掘削影響試験の概要: 掘削影響試験では, 発破掘削工法および機械掘削工法による坑道掘削の前後や坑道掘削中に, 各種試験・計測を実施し, 掘削工法の違いによる掘削影響領域の違いについて評価した。その結果, 掘削損傷の影響と考えられる物性変化を伴う領域の拡がり, は, 発破掘削では坑壁から 0.8m 程度で, 機械掘削では坑壁から 0.3m 程度であった¹⁾。これらの試験・計測は, いずれも間接的な方法であり, 精度的な問題是否定できない。このため, 直接的な方法によって信頼性の高い情報を得るために, 目視によるき裂観察を行い, 掘削損傷領域の拡がりについて評価した。

4. き裂観察方法: 発破掘削工法および機械掘削工法によって掘削された坑道の壁面の一部を, くさび状(W:1m×D:1m×H:0.7m)に除去し, その岩盤表面において目視によるき裂観察を行った。周辺の岩盤の状態をできるだけ保つことができるように, くさび状の除去部分の外周はポータブルボーリングマシンを用いたラインドリリングによって掘削し, 残りの岩塊は小型の削岩機で小割りしながら除去した。き裂観察は, その岩盤面の 2 つの鉛直面(直角面: 坑道軸に対して直角の面, 傾斜面: 坑道軸に対して 45 度傾いた面)および底面において実施した。き裂観察箇所の概要を図 1 に示す。それぞれの岩盤面において, 岩種やき裂の分布およびき裂の変質等の観察とスケッチを行った。なお, き裂観察は, 発破掘削の 10 年後に, 機械掘削の 3 年後に行われており, 坑道を掘削してから経過時間が異なる。

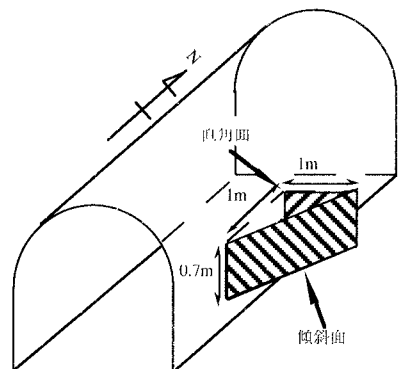


図 1 き裂観察箇所の概要

5. き裂観察結果: き裂観察結果のうち鉛直面のスケッチを図 2 に示す。観察面には細粒砂岩と粗粒砂岩が分布しており, 粗粒砂岩では固結度が低いためき裂は確認できなかった。

発破掘削の場合は, 観察面全体に細粒砂岩が分布していた。観察されたき裂の数は 15 本程度であり, 卓越する走向は概ね N5~30° W で坑道軸(南北方向)にはほぼ平行であり, 傾斜は 70~90° であった。観察されたき裂, トンネル, 掘削影響, 損傷, き裂観察

〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺 959-31, TEL 0572-53-0211, FAX 0572-54-8940

裂の約70%は茶褐色に変質し、その変質幅は3~50mmであった。それらは坑壁近傍に分布し、坑壁にはほぼ平行なものが多く見られた。また、変質したき裂のうち、開口き裂が6本観察され、その開口幅は2~15mm程度であり、坑壁に近いき裂の開口幅が大きい傾向にあった。

機械掘削の場合は、観察面の約半分で粗粒砂岩が分布していた。細粒砂岩で観察されたき裂の数は5本程度であり、それらの卓越する走向・傾斜は認められず、き裂の変質および開口き裂は確認されなかった。

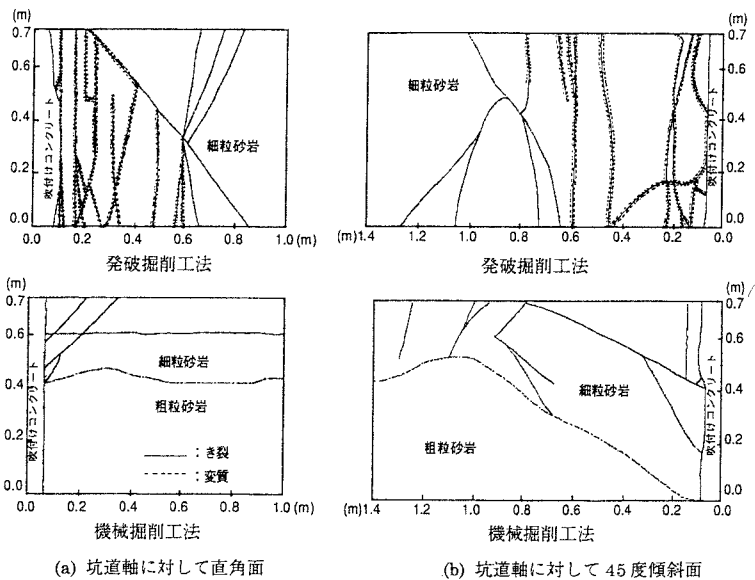


図2 き裂観察結果

6. 掘削損傷領域の評価：坑道掘削時の切羽観察で見られた天然き裂では、き裂面は滑らかであり、卓越する走向・傾斜や変質は確認されていない。今回観察された変質していないき裂は、滑らかなき裂面を有し卓越した方向性を持たないことから天然き裂であると推定される。一方、変質したき裂は、き裂面は滑らかでなく、卓越した方向性を持っており、掘削損傷と密接な関係があると考えられる。このことから、き裂の変質は、坑道掘削によるき裂の発生あるいは連続性の発達によって、新たに発生したき裂内の地下水の流れによって、生じたものと考えられる。そこで、坑壁からの距離で0.1m毎の区間に分け、その区間内に存在するき裂の総数と変質したき裂の本数をまとめた。その結果を図3、4に示す。図3によると、発破掘削では0.3mと0.6m付近でき裂の数が多く、機械掘削ではどの深度においてもき裂の数は少ない。図4によると、発破掘削では坑壁から0.6m以内にのみ坑壁にはほぼ平行な方向性を持つ変質したき裂が存在しており、機械掘削ではそれらは確認されていない。

以上のことから、掘削損傷領域の拡がりは、発破掘削で0.6m（0.2D）であり、機械掘削では確認されなかったと評価することができる。このことは、一連の掘削影響試験の結果と概ね一致しており、その結果の信頼性を示すデータのひとつであるといえる。

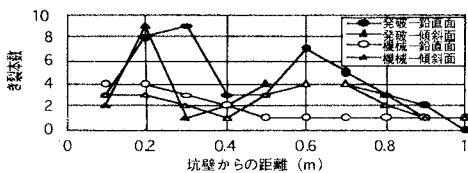


図3 き裂密度分布

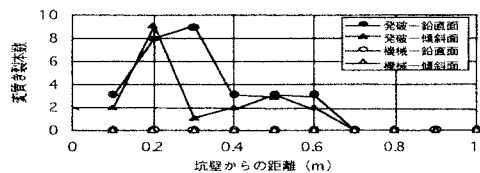


図4 変質き裂密度分布

7. まとめ：掘削影響試験の一環として、発破掘削工法と機械掘削工法によって掘削された坑道においてき裂観察を行い、き裂の分布状況などから掘削損傷領域の拡がりについて検討した。坑道を掘削してから経過年数は異なるものの、発破掘削部分と機械掘削部分ではき裂の分布状況や変質状況などに明瞭な違いが認められた。発破掘削の場合にのみ観察された坑壁にはほぼ平行な方向性を持つ変質したき裂は、坑壁近傍のみに分布しており、開口しているものもあった。これらから推定された掘削損傷領域の拡がり、一連の掘削影響試験の結果と概ね一致しており、その結果の信頼性を示すひとつのデータが得られたといえる。

参考文献：1)杉原弘造他：堆積軟岩での発破による掘削影響の現場計測に基づく検討，土木学会論文集 No.589, III-42, pp.239-251, 1998

2)山本卓也他：工法の違いによる掘削影響の現場測定，第22回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.791-796, 1998