

堆積軟岩における大深度立坑掘削時の崩落対策工の効果

大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体 正会員 ○南出 賢司, 萩原 健司, 名合 牧人
小川 弘之, 宇山 幹紀, 傳馬 啓輔, 木須 芳男, 森本 勤
(独) 日本原子力研究開発機構 工藤 元, 正会員 津坂 仁和

1. 概要および目的

(独) 日本原子力研究開発機構は、北海道幌延町において、堆積岩を対象とした高レベル放射性廃棄物の地層処分技術の研究開発を進めるため、深度 500m 程度の 3 本の立坑ならびに複数深度での水平坑道からなる地下研究施設の建設を行っている(図-1)。平成 17 年 11 月に着手した地下研究施設の建設は、平成 24 年 3 月末現在で換気立坑、東立坑とも約 350m の掘削を完了している。

筆者らは、先行して施工する換気立坑において、立坑掘削時に発生する崩落形態について調査し、報告した¹⁾。また、これらの崩落は断層破砕帯やブレイクアウトに起因し「高抜け」と呼ばれる、既設覆工コンクリート(以下、覆工)の背面地山の崩落を誘発する可能性があり、覆工の健全性に影響を与えることを報告した²⁾。本稿では、これらの崩落に対して実施した対策工の効果について報告する。

2. 地質概要と崩落状況

今回対象としている深度 250m~350m の地山は一軸圧縮強さが 5~25MPa 程度の珪質泥岩であり、対象深度内には複数の断層破砕帯も確認されている。また、地山強度比は概ね 2~5 程度で側圧係数は東西方向 1.3、南北方向 0.9 であり、異方性を有している。図-2 に地質観察結果と 3 次元レーザースキャナで測定した立坑掘削完了時の壁面の凹凸状況を合わせて示す。また、図-2 の右図には、坑壁面の最大崩落深さをグラフ化して示している。図-2 より、崩落の深い箇所は断層に沿う箇所の他に、断層が存在しない箇所においても(特に南北方向)確認されている。断層が存在しない箇所の崩落についてはブレイクアウトに起因しているものである。ここで、ブレイクアウトとは図-3 の模式図に示したような地山の初期地圧の異方性により、掘削面が東西方向に押し出され南北の坑壁において円周方向の応力集中が発生した結果、南北の坑壁面で崩落を発生させる現象である。

3. 崩落対策工の効果の確認

断層破砕帯やブレイクアウトに起因する坑壁面崩落の影響により、覆工コンクリートのクラック発生が確認されたため、対策工を検討し実施した。以下に崩落対策工の概要と効果を示す。

3.1 ステップ長の変更 (GL-286m ~GL-298m 区間)

これまでの立坑施工においては、掘削 1m を 2 回繰り返した後に 2m の覆工コンクリートを打設する 2m のショートステップ工法を採用していたが、GL-286m 掘削時に断層および

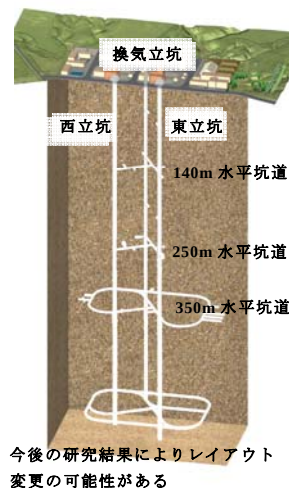


図-1 地下研究施設イメージ図

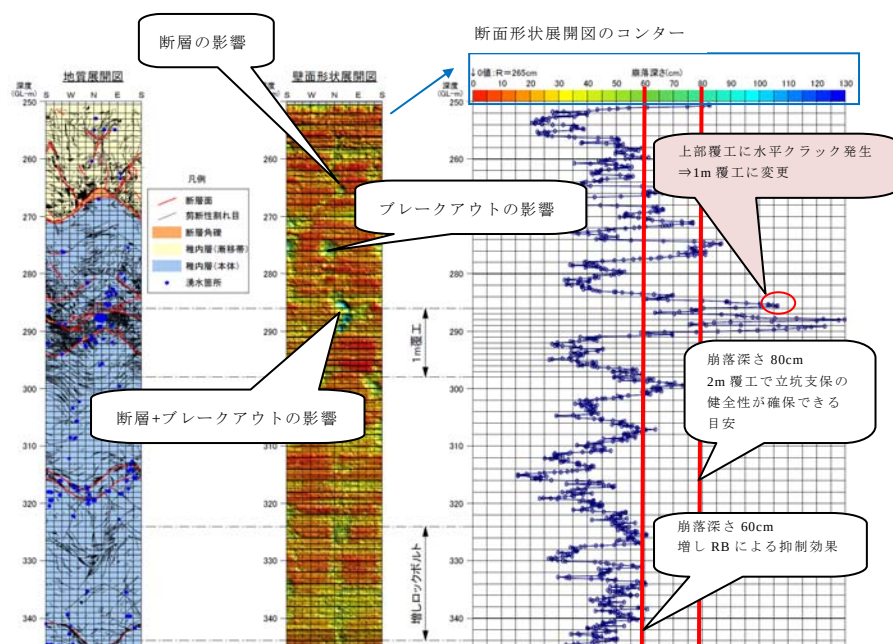


図-2 地質観察結果と立坑壁面凹凸状況

キーワード 堆積軟岩, 大深度立坑, 地層処分, 断層破砕帯, ブレイクアウト現象

連絡先 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2 大成・大林・三井住友 JV TEL01632-5-2022

ブレイクアウトの影響で崩落が増大していることが確認された。その崩落の影響により覆工コンクリートに水平クラックが発生し、さらには、既設覆工背面の地山が崩落する、高抜けを誘発する可能性があった。そこで掘削影響範囲（EDZ）を縮小し、地山の安定を図ることを目的として、1m 掘削した後に即座に1m 覆工コンクリートを打設する1mのショートステップ工法を採用することとした。なお、ステップ長の変更による対策は、ブレイクアウトの他に断層破碎帯や多亀裂帯などロックボルトの効果を発揮しにくい地山の脆弱さの影響を受けた崩落箇所主に適用することとした。

1m 覆工を採用した結果、図-2 に示す通り、1m 覆工初期段階においてまだ崩落が大きいものの、徐々に崩落深さは縮小し、最終的には崩落深さ 50cm 程度に収まっている。また、覆工長を1mとした覆工コンクリートでは発生応力も小さく、クラックの発生もないことが確認できた。すなわち、1m 覆工にすることにより2m 覆工の箇所比へ南北方向の崩落を小さくすることができ、その結果、覆工コンクリートの健全性も向上することが確認された。以上の様に崩落深さが80cm程度においては覆工が健全であること、崩落深さが1.1mとなった時点で覆工上部にクラックが発生したことを踏まえると現時点においては崩落深さが80cmとなった時にはステップ長を変更することとしている。

3.2 増しロックボルト（GL-324m～GL-344m 区間）

次にロックボルトの効果が期待できる破碎されていない岩盤区間のうち50cm以上の崩落が認められる箇所を対象に、崩落対策工として写真-1に示すようにブレイクアウト発生箇所に増しロックボルトを配置した。なお、増しロックボルト区間の施工ステップ長は2mとし、覆工コンクリートは2m毎に打設している。

図-2に示す通り、増しロックボルトによる対策工によって、ブレイクアウトが発生している南北方向の崩落が60cm程度と小さくなり、ブレイクアウトの進行による崩落を抑制することができた。今回は覆工コンクリート打設前の崩落深さを80cm以内に抑制することを目的として、増しロックボルトの実施基準を事前に50cmと設定して実施してきた。その結果、前述の通り崩落を抑制し、崩落深さを最大60cm程度にすることができた。このため、現時点においては崩落深さ50～60cmを増しロックボルトによる対策工の実施基準としている。

4. まとめ及び今後の課題

堆積軟岩における大深度立坑掘削時の崩落対策工についてまとめると以下の通りとなる。

- ・断層、ブレイクアウト等の複合的な要因に対する坑壁崩落に対してはステップ長を短くすることが有効であり、覆工の健全性も確保されることが分かった。また、その適用基準としては崩落深さ80cm程度が妥当であると考えられる。
- ・破碎されていない岩盤においては増しロックボルトもブレイクアウトの進行抑制に有効であり、その適用基準は崩落深さが50～60cm程度が妥当であると考えられる。

今回は換気立坑（φ4.5m：機械掘削）での実績であることから、後続して施工する東立坑、西立坑（φ6.5m：発破・機械併用掘削）において、径の違いや掘削方法の違いによる崩落現象、崩落対策工の効果を比較して、崩落発生箇所の推定方法（地山強度比と側圧係数との関係）や崩落を抑制するために必要な対策工の適用基準を検討する必要がある。

参考文献 1) 津坂ほか (2012)：堆積軟岩における大深度立坑掘削に伴う壁面崩落現象，地下空間シンポジウム論文・報告集，第17回，pp.155-162， 2) Tsusaka, K., et al. (2012)：An observational construction management in the Horonobe Underground Research Laboratory Project, Proceedings of the WTC 2012（受理）。

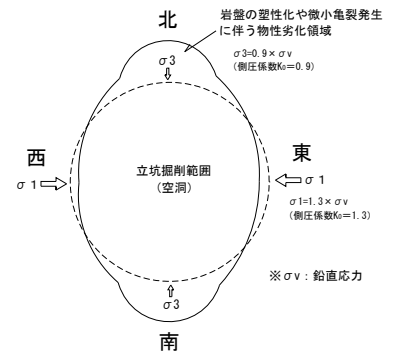


図-3 ブレイクアウト模式図



写真-1 崩落対策工（増しRB）