

時間依存性を考慮した岩盤条件の違いによる掘削解析

西松建設株式会社 正会員 ○松本 優花
 福島工業高等専門学校 正会員 金澤 伸一
 西松建設株式会社 正会員 石山 宏二

1. はじめに

現在、原子力発電の過程で発生する高レベル放射性廃棄物の処分方法として、地層処分が検討されている。地層処分研究開発第2次とりまとめ¹⁾における地層処分の基本的考え方として、核燃料サイクルの過程で発生する廃液をガラス固化し、それをオーバーパックや緩衝材で覆い地下深部に処分する多重バリアシステムが示されている。

現在までに高レベル放射性廃棄物の地層処分を実施する場所は未定であるが、2017年7月28日、経済産業省資源エネルギー庁により、科学的特性マップが示された。これにより、処分地の選定に当たり考慮すべき科学的特性が明らかになったが、今後どのような条件の地形・地質に施設を建設・操業するのかは未定である。また、施設を建設・操業する際、緩い岩盤に坑道掘削を行った場合、その岩盤条件により周辺に及ぼす影響が十分に明らかになっていないのが現状である。また、地層処分施設は大深度で複数の処分坑道を掘削するため、力学的に不安定になる可能性があることから、坑道断面や周辺の岩盤を施工段階から供用期間にわたるまで安定を保つ必要がある。そこで、処分地の岩盤条件の違いによる坑道掘削に関する長期的な力学挙動を把握することが課題であると考えた。通常、岩盤は強固なものから、軟弱な条件まで様々な特徴を有しているため、その特性による坑道掘削時の挙動を明らかにする必要がある。

そこで、本研究では幅広い岩盤特性を有する条件の下、坑道掘削による影響を数値解析的に評価することを目的として、岩盤強度や支保の有無に着目した数値解析を行った。

2. 研究方法

本研究では、軟岩系地山を対象にしたクリープによる長期的な変状を考慮した坑道掘削解析を実施するため、大久保らによって示された「コンプライアンス可変型構成式」を組み込んだ有限要素法 DACSAR-MP を用いて数値解析を行う。

「コンプライアンス可変型構成式」とは、応力-ひずみ関係において強度破壊点以降の挙動を再現することができるため、クリープなどの微小な変状を考慮した解析を行うことができ

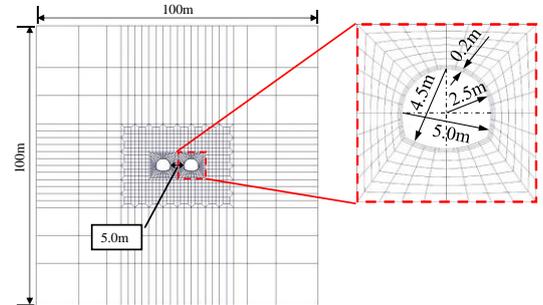


図-1 解析モデル図

表-1 解析入力物性値¹⁾

岩種区分	SR-A	SR-B	SR-C	SR-D
一軸圧縮強度 q_u (MPa)	25	20	15	10
引張強度 σ_t (MPa)	3.5	2.8	2.1	1.4
弾性係数 E (MPa)	5000	4000	3500	2500
粘着力 c (MPa)	5.0	4.0	3.0	2.0
内部摩擦角 ϕ (°)	30	29	28	27
ポアソン比 ν	0.3	0.3	0.3	0.3
飽和密度 ρ (Mg/m ³)	2.45	2.35	2.20	1.95
吹付けコンクリート				
設計基準強度 f_{ck} (MPa)	36			
弾性係数 E (MPa)	6000			
ポアソン比 ν	0.2			

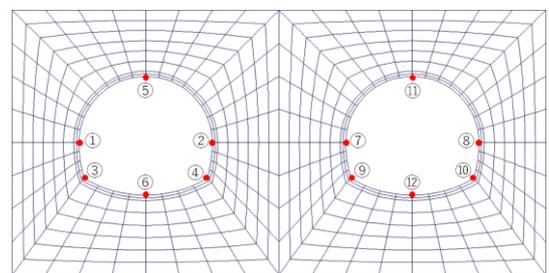


図-2 着目点

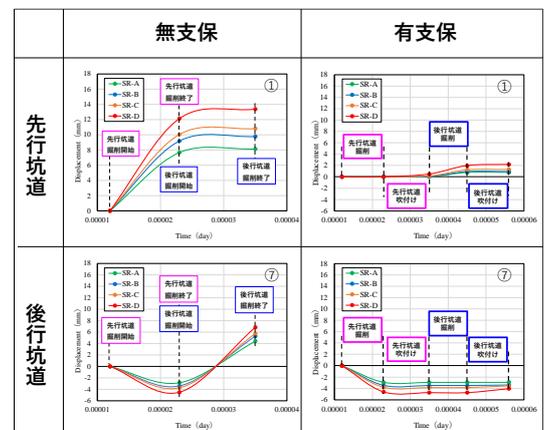


図-3 坑道左側壁部の変位-時間関係

キーワード 地層処分, 高レベル放射性廃棄物, 数値解析, コンプライアンス可変型構成方程式

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 TEL 0246-46-0821

る。

本研究では坑道全体の影響を把握するため、100m×100mの地盤領域の中に、直径5mの坑道が2本併設施工されることを想定し、坑道離隔をトンネル直径と同等の1Dとして解析モデルを設定した(図-1)。坑道は無支保のパターンと吹付けコンクリートを設置する有支保パターンの2パターンで掘削されるよう設定した。地盤領域内には土盛り500mを想定した初期地圧を設定し、解析入力物性値(表-1)は既往研究²⁾を参考に軟弱系岩盤から4種類を設定した。応力解放率は無支保・有支保同様に100%を採用した。処分坑道の支保(吹付けコンクリート)の設置は、先行坑道掘削後、 1.157×10^{-5} 日後(1秒後)に設定した。その 1.157×10^{-5} 日後(1秒後)、後行坑道を掘削し、先行坑道と同様に 1.157×10^{-5} 日後(1秒後)に吹付けコンクリートを設置するよう解析を設定した。

3. 解析結果および考察

本研究では、坑道離隔と岩盤物性の違いが坑道掘削時に坑道へ及ぼす影響を把握するために、図-2に示す12地点での坑道変位データを取得した。

まず、図-3に坑道左側壁に着目した変位履歴曲線を示す。また、ここで示す変位の結果は全て坑道内空方向を正としている。本解析で最も軟らかい岩種であるSR-Dに着目すると先行坑道①地点では無支保の場合最大変位が13mmであるのに対し、有支保の場合最大変位は2.2mmとなった。さらに後行坑道⑦地点でも無支保の場合最大変位は6.8mmであるのに対し、有支保の場合最大変位は-4.7mmとなった。着目点を変化させた図-4、図-5、図-6に対しても同様の傾向を確認することができた。これは、支保(吹付けコンクリート)を設置することで坑道掘削によって生じたゆるみ領域の影響を受けにくくしているものと考えられる。

4. まとめ

本研究ではコンプライアンス可変型構成方程式を用い、軟岩系岩盤を対象とした支保部材の有無による坑道周辺岩盤の安定性について示すことができた。今後は、先行・後行坑道掘削後に供用期間を与え、解析期間を増やし長期的な数値解析を行うことでより明確な力学的挙動を把握する。

参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構:わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-.pp.i-ix,1999.
- 2) 西内瑞生,金澤伸一,林久資,真田昌慶:岩盤の時間依存性挙動を考慮した地層処分施設坑道の掘削解析,令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会講演概要集,2019.

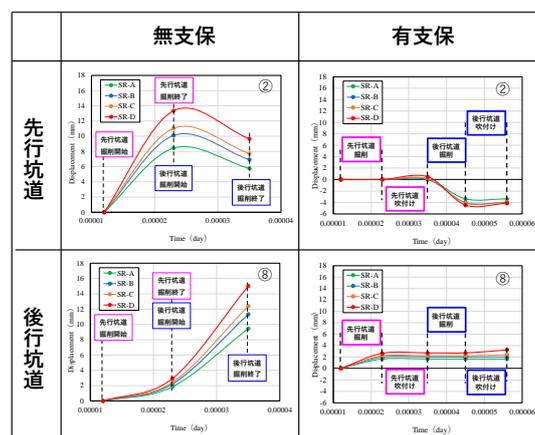


図-4 坑道右側壁部の変位-時間関係

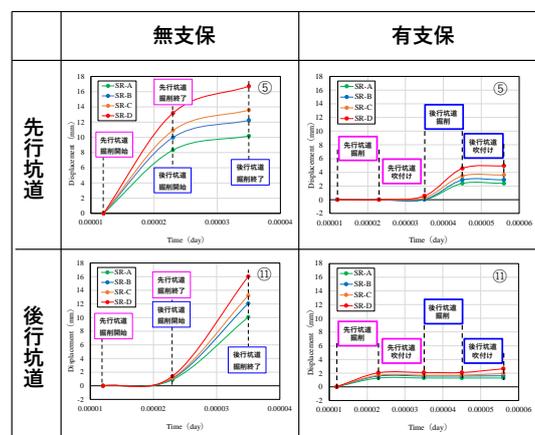


図-5 坑道天端部の変位-時間関係

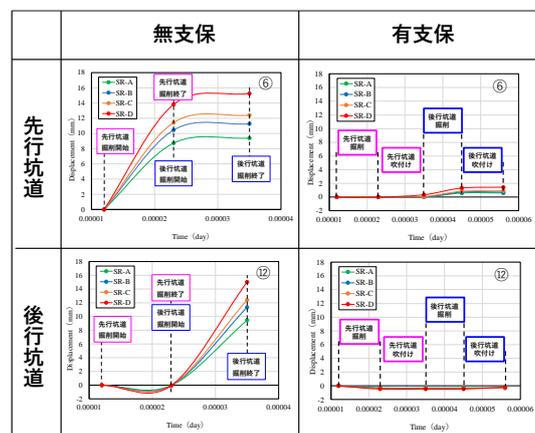


図-6 坑道中央インバート部の変位-時間関係