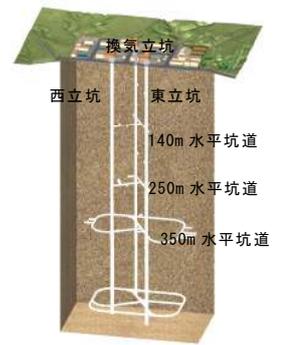


初期地圧の異方性を有する堆積軟岩における周回坑道の支保設計について

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, 矢吹 義生, 名合 牧人
 萩原 健司, 本島 貴之, 森本 勤
 (独) 日本原子力研究開発機構 工藤 元, 捻金 礎人, 橋本 祐太, 青柳 和平
 (公財) 深田地質研究所 亀村 勝美

1. はじめに

(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にに関する技術の信頼性向上のための研究開発を進めるため、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。地下研究施設建設箇所の対象地山は一軸圧縮強度5~25MPa程度の堆積軟岩で、地山の初期地圧は異方性を有している事が報告されている¹⁾。初期地圧の異方性を有する地山に地下施設を建設する際には、掘削方向と主応力方向の関係により内空変位やこれに伴う支保に発生する応力が異なることが想定されるため、事前に初期地圧の主応力方向を確認し、より経済的な掘削方向や掘削位置を決めることが重要となる。



注) 今後の調査研究結果によりレイアウト変更の可能性がある

図-1 立坑概要図

幌延地下研究施設では深度350mにおいて調査研究を目的としたステージが展開されており、3本の立坑を結ぶ周回坑道と連絡坑道の建設など、全方位に水平坑道の掘削を行っている。幌延地下研究施設においても掘削方向と主応力方向の関係により内空変位や支保に発生する応力が異なることが想定されたため、掘削方向と主応力方向の関係に応じて支保パターンを変更する経済的な支保設計を試みた。以下にその結果を報告する。

2. 支保パターンの設定

図-2に350m坑道平面図、図-3に掘削方向に応じて設定した支保パターン図を示す。幌延地下施設においては、初期地圧が異方性を有しており側圧係数は東西方向1.3、南北方向0.9であるため、東西方向の内空変位が大きくなる傾向にある。したがって、2次元FEM弾塑性解析を行い、支保部材に発現する応力を確認し、最小主応力方向である南北方向に掘削する場合には吹付厚が250mmで高規格支保工を使用した支保パターンA (HT590)、最大主応力方向である東西方向に掘削する場合には吹付厚が200mmで一般支保工を使用した支保パターンB (SS400)を採用することとした。

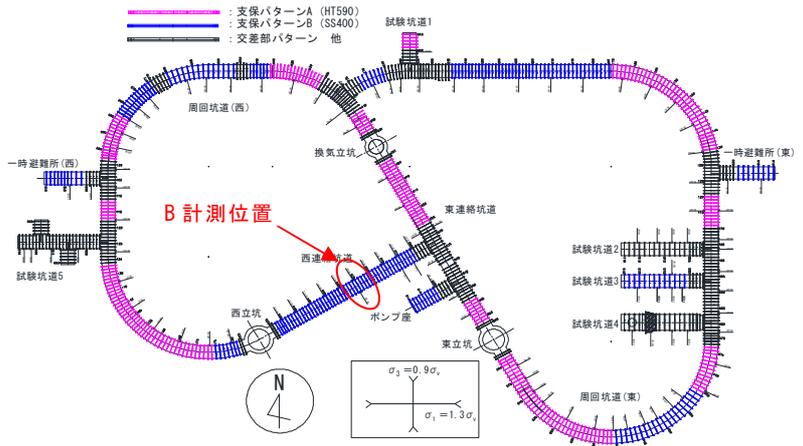


図-2 350m坑道平面図

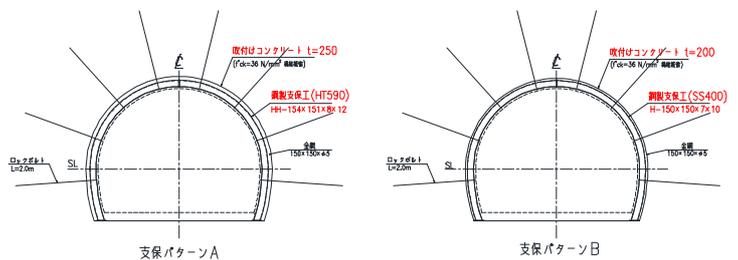


図-3 支保パターン図

吹付厚が250mmで高規格支保工を使用した支保パターンA (HT590)、最大主応力方向である東西方向に掘削する場合には吹付厚が200mmで一般支保工を使用した支保パターンB (SS400)を採用することとした。

3. 施工実績

幌延地下施設350m坑道において、図-2に示すように掘削方向に応じてA、Bそれぞれの支保パターンで

キーワード：地下施設, 支保設計, 堆積軟岩, 地層処分

連絡先：〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進432-2 (独) 日本原子力研究開発機構 TEL01632-5-2022

施工を行った。なお、350m 坑道掘削時にはコンバージェンスメジャーでの内空変位測定の外、吹付コンクリート応力計，鋼製支保工応力計等を用いた B 計測を実施している。以下にその結果を示す。

3.1 内空変位

図-4 に内空変位測定結果と掘削方向の関係を示す。図より，内空変位はそれぞれの位置において設定した管理基準値 I（予測解析結果）程度であり管理基準値 II（支保の降伏応力発現相当の変位）以下で，どちらの支保パターンとも支保の健全性が確保されている事がわかる。また，断層部のデータを除けば南北方向に掘削した場合に比べ，東西方向に掘削した場合の方が内空変位は小さくなる傾向も確認できる。これは初期地圧の異方性に起因するものであり，事前解析でも同様の傾向である事が確認されている。以上のように解析結果は測定結果と整合している事から，地上より実施した初期地圧の事前調査が妥当であり，その結果を支保設計の予測解析に採用可能である事が確認された。

3.2 B 計測

図-5 に B 計測結果の一例として，図-2 に示す位置における支保パターン B（SS400）の鋼製支保工応力の測定結果を示す。図より，発生応力は管理基準値 I

（予測解析結果：降伏応力の 40%）以下となっており，鋼製支保工は健全である事がわかる。また，管理基準値 I と同程度となっており，過大な設計となっていない事から掘削方向に応じて支保パターンを変更した事は適切であったと考えられる。この事は，地下施設建設の際に主応力方向に応じて支保パターンを変更する事により，経済的な支保設計を行える可能性を示唆している。

4. まとめ

初期地圧の異方性を有する岩盤における周回坑道の施工結果及び支保設計についてまとめると以下の通りとなる。

- ・幌延地下施設においては，初期地圧の異方性により東西方向の掘削時より南北方向の掘削時の方が内空変位が大きく，その傾向は初期地圧の主応力方向の関係と合致している。また，予測解析でも同様の結果が得られおり，解析結果と計測結果は良い整合を示しており，事前調査結果の妥当性が確認された。
- ・主応力方向に応じて支保パターンを設定することで，内空変位およびそれに伴い支保に発生する応力は管理基準値 I 程度となりトンネル支保の健全性を保つことができた。また，設定した支保パターンは過大な設計ではなく適切である事が確認できた。このことから主応力方向に応じて支保パターンを設定する事により経済的な支保設計が可能であると考えられる。

地層処分事業においては，広域な地下空間に地下施設（敷地面積 3km×2km，坑道延長 250km）を構築する事が検討されており，経済的な支保設計の確立が求められる。今後も地下施設の一つの設計条件となる初期地圧の異方性について精査していく所存である。また，支保設計を行う上で断層部の岩盤物性を事前調査から評価する手法の確立が今後の課題である。

参考文献：1) 山崎雅直，山口雄大，舟木泰智，藤川大輔，津坂仁和：幌延深地層研究計画における水平坑道掘削時計測計画および情報化施工プログラム，JAEA-Research 2008-068，2008

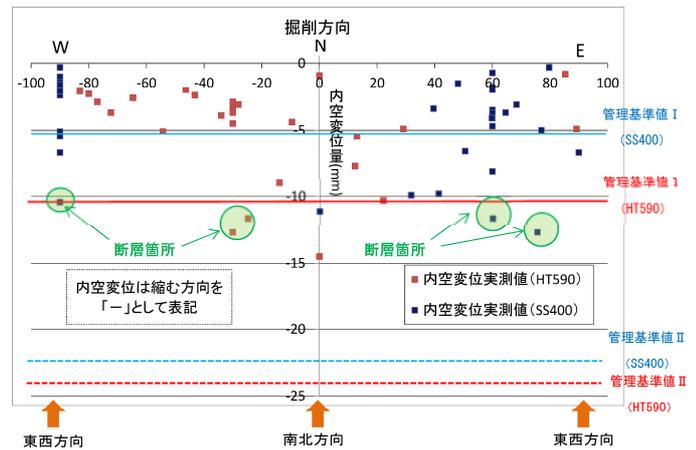


図-4 内空変位測定結果と掘削方向の関係

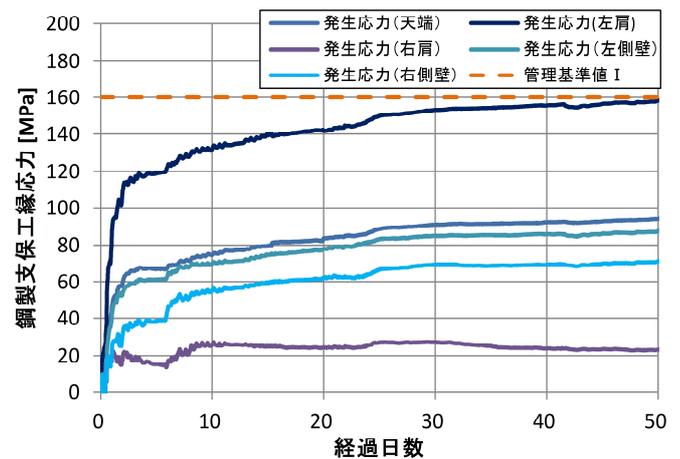


図-5 B 計測結果の一例（鋼製支保工応力）