

350m 試験坑道 6 における
止水プラグの原位置施工試験の計画検討（令和 6 年度）

仕様書

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目次

1. 一般仕様	1
1.1. 件名	1
1.2. 目的及び概要	1
1.3. 作業実施施設	1
1.4. 納期	1
1.5. 作業実施内容	1
1.6. 支給品及び貸与品.....	1
1.7. 提出図書及び提出場所.....	2
1.8. 検収条件	2
1.9. 適用法規・規定等.....	2
1.10. 検査員及び監督員.....	2
1.11. グリーン購入法の推進.....	2
1.12. 特記事項	3
2. 技術仕様	3
2.1. 実施計画の作成.....	3
2.2. 施工試験計画の検討.....	4
2.3. 打合せ及び報告会.....	7
2.4. 報告書の作成	7

1. 一般仕様

1.1. 件名

350m 試験坑道 6 における止水プラグの原位置施工試験の計画検討（令和 6 年度）

1.2. 目的及び概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）が、経済産業省資源エネルギー庁から受託した「令和 6 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地層処分施設施工・操業技術確証試験）」（以下、受託業務）では、坑道シーリング技術（止水プラグや埋戻し材等）について、要求性能や詳細設計を具体化して坑道シーリングが処分場全体の閉じ込め性能に与える影響を評価するとともに、実際の地質環境条件や作業環境を考慮して、地下研究施設やモックアップ施設を活用した、坑道規模での実証的な研究を通して、施工技術の成立性を確認するとともに、技術オプションとしての整備を進める。

本作業は、受託業務において幌延深地層研究センター地下施設の 350m 試験坑道 6 において実施を検討している止水プラグの原位置施工試験について、坑道の埋戻しから止水プラグの設計から設置までの一連の作業の具体的な実施方法や手順などについて、作業工程や要求仕様を検討するものである。

1.3. 作業実施施設

受注者側実施施設

1.4. 納期

令和 7 年 2 月 28 日

1.5. 作業実施内容

- (1) 実施計画の作成
- (2) 施工試験計画の検討
- (3) 報告書の作成
- (4) 打合せ及び報告会

1.6. 支給品及び貸与品

1.6.1. 支給品

計画検討の際に必要な地下施設の寸法などの情報

1.6.2. 貸与品

特になし

1.7. 提出図書及び提出場所

1.7.1. 提出図書

表 1 に記載の図書を提出すること。なお、報告書には本作業で実施した検討内容や解析結果などを取りまとめた内容を記載すること。更に、報告書の本文及び結果の根拠となる電子データファイルを記録した記録メディア（CD-ROM 等）を提出すること。

表 1 提出図書

番号	提出書類	提出期限	部数
(1)	委任又は下請負届 (原子力機構指定様式)	作業開始 2 週間前まで (該当する場合のみ)	1 部
(2)	実施計画書	契約締結後速やかに	1 部
(3)	打合せ議事録	打合せ後速やかに	1 部
(4)	報告書	納期まで	1 部
(5)	電子データファイル	納期まで	1 部
(6)	その他原子力機構の指示によるもの	その都度	1 部

1.7.2. 提出場所

原子力機構 幌延深地層研究センター 堆積岩工学技術開発グループ

1.8. 検収条件

「1.7.1 提出図書」に示す「報告書」及び「電子データファイル」の員数・使用に関する検査の合格、原子力機構が仕様書の定める業務が実施されたと認めた時をもって検収する。

1.9. 適用法規・規定等

特になし

1.10. 検査員及び監督員

1.10.1. 検査員

一般検査 管財担当課長

1.10.2. 監督員

原子力機構 幌延深地層研究センター 堆積岩工学技術開発グループリーダー

1.11. グリーン購入法の推進

(1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達法の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA 機器等）が発生する場合は、これを採用する

ものとする。

- (2) 本仕様に定める提出書類（印刷納入物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.12. 特記事項

- (1) 受注者は原子力機構が原子力の研究・開発を行う機関であるため、高い技術力及び高い信頼性を社会的にもとめられていることを認識し、原子力機構の規程等を遵守し安全性に配慮し業務を遂行しうる能力を有する者を従事させること。
- (2) 受注者は業務を実施することにより取得した当該業務及び作業に関する各データ、技術情報、成果その他のすべての資料及び情報を原子力機構の施設外に持ち出して発表もしくは公開し、または特定の第三者に対価をうけ、もしくは無償で提供することはできない。ただし、あらかじめ書面により原子力機構の承認を受けた場合はこの限りではない。
- (3) 受注者は異常事態等が発生した場合、原子力機構の指示に従い行動するものとする。また、契約に基づく作業等を起因として異常事態等が発生した場合、受注者がその原因分析や対策検討を行い、主体的に改善するとともに、結果について機構の確認を受けること。
- (4) 納入物件の所有権、著作権およびその他技術情報に関わるものの権利は原子力機構に帰属するものとする。
- (5) 本契約で使用材料、設備および備品（リース物件を含む）については、すべて受注者側で用意する。
- (6) 必要に応じて打合せを行い、打合せ結果は議事録に記録すること。
- (7) 本仕様書に記載されている事項および記載されていない事項について、疑義が生じた場合は、原子力機構と協議の上、その決定に従うこと。
- (8) 本作業で検討対象とする幌延深地層研究センターの地下施設は、「幌延深地層研究計画地下研究施設整備（第Ⅲ期）等事業」（PFI）の実施範囲であるため、「2.2.施工試験計画の検討」を行う際には、受注者は、PFI 事業者及び原子力機構と密接な連絡を取り、実施可能な工程を検討すること。なお、PFI 事業者は、本作業のような PFI 事業の範囲外の作業の実施者との責任分担を明確にするとともに、実施可能な場所と期間、ユーティリティーの取り合い、仮設備利用、実施にあたっての諸手続き等についての情報提供及び調整を行い、その円滑な遂行に協力することになっている。

2. 技術仕様

2.1. 実施計画の作成

作業を実施するにあたり、その方法や手順をまとめて書面等にて提出し、事前に原子力機構の確認を受けること。

2.2. 施工試験計画の検討

図1に示す幌延深地層研究センター地下施設の350m試験坑道6は、新第三紀堆積岩である稚内層中に掘削された三心円馬蹄形の断面を有する坑道であり、坑道幅が4.0m、坑道高さが3.3m、坑道長さが25mである。

350m試験坑道6において、坑道の埋戻しから止水プラグの設置までの一連の施工手順を確認するための原位置施工試験と止水プラグ設置後の各種データ計測を行うことを計画している。本業務においては、坑道の埋戻しや止水プラグの設置、計測器等の設置などの各種作業の作業手順及び工程を検討し、具体的な試験計画を作成する。試験概要は以下に示すとおりである。

- 原位置施工試験では、坑道の棲面から6m程度の区間を埋戻す。
- 埋戻しを行った区間よりも坑口側の1-2mの区間で坑道の全周を拡幅掘削して止水プラグの切欠き部を設ける。
- 埋戻し部には注水ができるようにするとともに、埋戻し部および止水プラグには計測器を設置してデータ取得を行う。
- 止水プラグの設置完了後には、止水プラグの周辺の領域を対象にトモグラフィ測定及び水理試験を実施する。

2.2.1. 作業手順・工程の詳細化

原位置施工試験で計画している作業は以下の通りである。

- ① 事前準備工
- ② 坑道埋戻し
- ③ 止水プラグの切欠き部の掘削
- ④ 止水プラグの施工
- ⑤ 計測器・注水管等の設置及び施工後の注水、データ計測の実施

上記の各作業について、作業手順および工程の詳細化を実施する。各作業における留意事項は以下の通りである。

- ① 事前準備工
 - ・ 350m試験坑道6において、坑道の埋戻し及び止水プラグを施工する区間に設置してあるIビームや風管等の設備を撤去する。
 - ・ 350m試験坑道6では棲面の底盤に設けた釜場よりポンプを用いて排水を行っている。埋戻しに先立ってポンプでの排水を終了する予定であり、湧水が坑道埋戻しの作業に影響を及ぼさないような対策を講じること。
 - ・ 後述するように坑道の棲面から2m程度の区間では、ブロック工法を用いて坑道を埋

戻す計画である。定置した埋戻しブロックと棲面の間に隙間が生じないように棲面の処置を行うこと。

② 坑道埋戻し

- ・ 坑道埋戻しは、ブロック工法及び吹付け工法を組み合わせる実施する。棲面から 2m 程度の区間をブロック工法により施工し、残りの埋戻し区間は吹付け工法により施工することを基本とする。
- ・ ブロック工法における埋戻し材の材料は、ベントナイトとケイ砂もしくはベントナイトと砕石・砕砂等を混合した混合土を基本とする。材料の配合、乾燥密度、寸法及びブロックの設置方法などについては、原子力機構から提供する情報を基に協議の上決定する。
- ・ 吹付け工法における埋戻し材の材料は、ベントナイトと坑道掘削の際に発生した掘削ズリを混合した混合土を基本とする。材料の配合、乾燥密度、必要な資機材等については、原子力機構から提供する情報を基に協議の上決定する。

③ 止水プラグの切欠き部の掘削

- ・ 坑道全周を拡幅することにより切欠き部の掘削を行う。止水プラグの本体は後述するようにブロック工法を基本に施工するが、ブロックと岩盤の隙間に該当する切欠き部にはベントナイト系材料を充填することを基本とする。
- ・ 止水プラグの切欠き部の掘削及び切欠き部へのベントナイト系材料の充填は「幌延深地層研究計画 地下研究施設整備（第 III 期）等事業」（以下、PFI 事業）で実施する。PFI 事業で実施する研究支援の内容や工程などの原子力機構が提供する情報に基づいて、全体の作業内容や工程を検討すること。
- ・ 切欠き部の幅や深さなどの寸法及びその形状については後述する力学的安定性評価解析を実施して検討すること。

④ 止水プラグの施工

- ・ 止水プラグの本体部分はブロック工法により実施することを基本に検討する。ただし、切欠き部の掘削作業と合わせて、安全性及び施工性の観点から他の工法を採用する場合には原子力機構と協議により決定すること。
- ・ 止水プラグの材料にはベントナイトとケイ砂を混合した混合土を用いることを基本として、材料の配合、乾燥密度、寸法などについては、原子力発電環境整備機構の包括的技術報告書に示されている設計要件等に従って、原子力機構との協議により決定すること。
- ・ 止水プラグの設置後には、坑口側に土留め壁等を設置することにより、止水プラグの膨潤や移動を防ぐ対策を講ずること。

⑤ 計測器・注水管等の設置及び施工後の注水、データ計測の実施

- ・ 埋戻し区間では、地下水を注入するための注水管を設置する。注水管のレイアウトを検討すること。
- ・ 埋戻し部及び止水プラグの本体には土圧計、水圧計、水分土壌計を設置する。ブロック工法の場合には計測器の設置位置およびケーブル類を通す場所に事前に加工を施す。また、吹付け工法の場合には材料の吹付け時の衝撃に対する養生を行うこと。
- ・ また、埋戻し区間には間隙水圧の測定やトモグラフィ調査、AE 計測用のボーリング孔の掘削を計画しており、それらのボーリング孔については埋戻し後も継続して計測する計画であるため、該当するボーリング孔及び計測器及びケーブル類等は埋戻しの際に適切に養生すること。透水試験、弾性波・比抵抗トモグラフィ及び切欠き部掘削中の AE 測定等を計画しており、詳細情報は、契約締結後に原子力機構より提供する。
- ・ さらに、埋戻しのブロック工法の部分では、抗壁に沿って加熱式光ファイバーとケーブル TDR (Time Domain Reflectometry) の敷設を計画している。
- ・ これらの計測器及び注水管については止水プラグを貫通させてケーブル類を敷設し、試験坑道 6 の周辺に設置した計測小屋にロガー等を配置して計測を実施する。

2.2.2. 切欠き部の拡張掘削の検討

止水プラグの切欠き部の力学的安定性を評価するための逐次掘削解析を実施する。逐次掘削解析では 350m 試験坑道 6 と同様に掘削時に吹付けコンクリートと鋼製支保工を施工する。坑道の掘削完了後に止水プラグを設置する部分の吹付けコンクリートと鋼製支保工を撤去し、岩盤を掘削して切欠き部を設けるものとする。

解析においても、上記と同様に、①掘削と吹付けコンクリート、鋼製支保工の設置を繰り返して試験坑道 6 の掘削完了までの解析（坑道の掘削解析）、②止水プラグ設置部の吹付けコンクリート等を撤去して切欠き部の岩盤を掘削したときの解析（切欠き部の掘削解析）、という手順で実施し、各時点における坑道周辺の塑性領域や吹付けコンクリート、鋼製支保工に作用する応力の変化を評価する。

解析を実施するにあたり、留意すべき事項を下記に示す。

- ・ 3次元弾塑性解析を実施する。解析モデルの作成も本作業の範囲に含む。
- ・ 解析対象とする坑道は 350m 試験坑道 6 と同様に稚内層の深度 350m の岩盤中に掘削されているものとして、その寸法を坑道幅が 4.0 m、坑道高さが 3.3 m、坑道長さが 25 m とする。解析モデルは 50 m×50 m×50 m 程度として、解析モデルの中央に吹付けコンクリートと鋼製支保工を含めた坑道をモデル化する。吹付けコンクリートの厚さや鋼製支保工の設置間隔、切欠き部の形状など解析モデルの作成に必要な情報およびメッシュの細かさ等は解析の実施前に原子力機構との協議により決定する。

- ・ 坑道の掘削解析では、1ステップごとに坑道を1m掘削することを基本とする。また、掘削部は掘削から数ステップの遅れで吹付けコンクリートと鋼製支保工を設置することとする。1ステップごとの掘削長および吹付けコンクリート等の施工までのステップの遅れについては、解析の実施前に原子力機構との協議により決定する。
- ・ 試験坑道6の掘削の再現解析を1ケース実施する。また、切欠き部の掘削解析では、切欠きの形状（幅や深さの寸法などを含む）を変更するパラメータとして5ケース実施する。切欠きの形状については、350m試験坑道6周辺の割れ目の分布状況や地下施設の設備の整備状況などを考慮して実際に実現可能な形状を解析の実施前に原子力機構との協議により決定する。
- ・ 試験坑道6周辺の初期地圧や岩盤、吹付けコンクリートの物性値など解析に必要な情報については、原子力機構が別途指定する。解析の出力は坑道周辺の塑性化領域と吹付けコンクリート及び鋼製支保工の応力とする。

解析結果を踏まえて、原子力機構との協議により切欠き部の形状を決定する。また、決定した切欠き部の形状に対して、実際の作業手順を検討するとともに工程を示すこと。

2.3. 打合せ及び報告会

本作業を実施するにあたっては、実施計画の確認（作業の着手前）、中間報告及び最終報告の3回の打合せ及び報告会を行う。その他、試験の進捗状況に応じて打合せ及び報告会を行う。

2.4. 報告書の作成

2.2の内容を取りまとめた報告書を作成する。